

Der Landschaftsraum und seine Rahmenbedingungen für die Grünlandbewirtschaftung im Mittleren Steirischen Ennstal

A. BOHNER und M. SOBOTIK

Abstract

“Landscape as Spatial Framework for Grassland Management in Central Enns Valley”. The quality of any grassland location is shaped on the one side by fodder yields, fodder quality, and plant stock, on the other by lithological, geomorphological, climatic, and pedological conditions. Yield, quality, and plant stock are, in turn, to a large extent determined by the kind and intensity, point of time and kind of use. This contribution gives a detailed account of climatic and soil conditions in the study area. It maintains on the basis of results of analysis presented here that successful and sustainable grassland management

is possible only by taking into consideration natural conditions of locations. Kind and intensity of use as well as manuring ought to be oriented toward the quality of grassland location, if deterioration of production conditions should be avoided. Therefore, the interrelationships between factors of natural and economic state of conditions have to be understood more clearly.

Keywords

Temperaturen; Exposition; Höhenlage; Kühlzeiger; Bodentypen; Bodenmerkmale; Nährstoffzusammensetzung; Nährstoffhaushalt; Düngungsbedarf.

Einleitung

Die Vegetation, der Futterertrag und die Futterqualität hängen primär vom Wärme-, Wasser- und Stoffhaushalt eines Standortes ab. Die lithologischen, geomorphologischen, klimatischen und pedologischen Rahmenbedingungen bestimmen die Bonität eines Standortes. Die Standortbonität (Gunst- oder Ungunstlage) ist aber nicht allein eine Funktion der naturräumlichen Voraussetzungen, sondern auch eine Funktion der Grünlandbewirtschaftung. Der Futterertrag, die Futterqualität und der Pflanzenbestand werden sehr wesentlich von der Art und Intensität der Düngung und Nutzung sowie vom Nutzungszeitpunkt be-

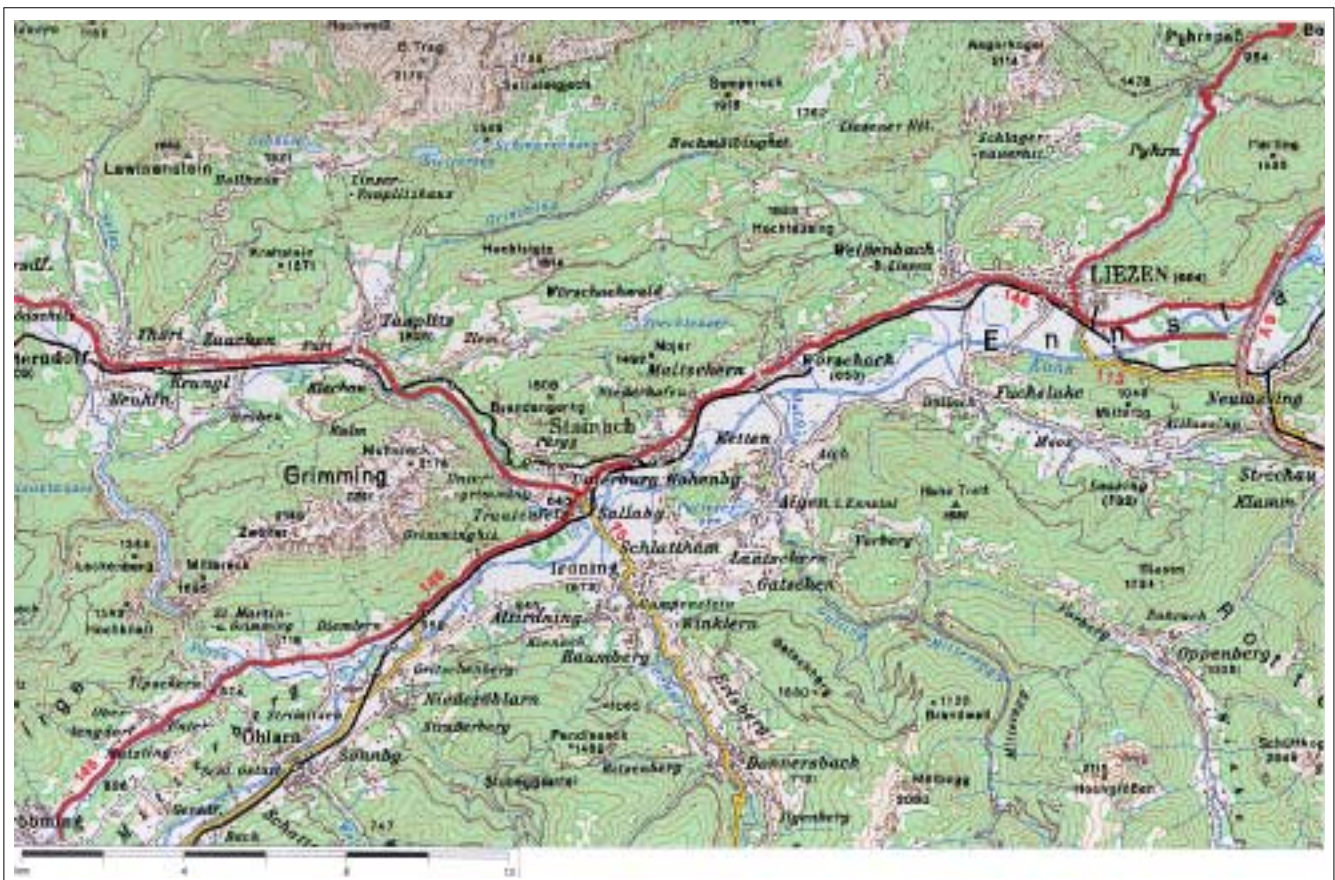


Abbildung 1: Das Untersuchungsgebiet

Autoren: Dr. Andreas BOHNER und Dr. Monika SOBOTIK, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 IRDNING

einflußt. Die Erfassung der Wechselbeziehungen zwischen den natürlichen und wirtschaftlichen Zustandsfaktoren unter wechselnden Rahmenbedingungen ist das eigentliche Anliegen dieser Arbeit.

Lage

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im mittleren steirischen Ennstal (*Abbildung 1*). Es umfaßt die Gemeinden Oppenberg, Aigen im Ennstal, Stainach, Pürgg-Trautenfels und Tauplitz (ÖK 1:50.000; Blatt 97, 98, 129).

Geologie und Geomorphologie

Das mittlere steirische Ennstal ist Teil der nördlichen ostalpinen Längstalfurche; es bildet die Grenze zwischen den Nördlichen Kalkalpen im Norden und der Grauwackenzone im Süden. Die Nördlichen Kalkalpen gehören tektonisch zur oberostalpinen Decke; sie sind aus mesozoischen Gesteinen aufgebaut. Die wichtigsten Gesteine im Untersuchungsgebiet sind Dachsteinkalk, Lias-Fleckenmergel und Gosau-Sedimente aus der Kreidezeit.

Die Grauwackenzone gehört tektonisch ebenfalls zum Oberostalpin; sie besteht vorwiegend aus paläozoischen Gesteinen. Im Untersuchungsgebiet kommen vor allem Phyllite (Ennstaler Phyllit), Schwarzschiefer und paläozoischer Bänderkalk vor. Im Südosten hat das Untersuchungsgebiet auch Anteil an den Zentralalpen; es überwiegen Gneise und Grüngesteine.

Die geomorphologische Oberflächenausformung ist sehr vielfältig. Sie reicht vom Talboden der Enns (640 m Seehöhe) bis zur Gipfflur des Grimmings (2351 m) und umfaßt schroffe Felswände, Block- und Schutthalden im Bereich der Nördlichen Kalkalpen und sanfte Bergformen mit Kerbtälern und Kerbtaltrichtern im Bereich der Grauwackenzone. Der Ennsgletscher erreichte am Südhang des Grimmings zumindest 1400 m Seehöhe (WISSMANN, 1927). Nach dem Eisrückzug wurde der übertiefte Talboden mit fluvioglacialen Sedimenten aufgefüllt; die Quartärlagerungen erreichen bei Irnding eine Mächtigkeit von 114 m. Postglaciale Schwemmkegel, Eisrandterrassen und Moränenablagerungen sind im Untersuchungsgebiet weit verbreitet.

Klima

Temperatur, Niederschlagsmenge und Niederschlagsverteilung sind für die Vegetation die entscheidenden klimatischen Umweltfaktoren. Diese Klimaparameter werden von der Seehöhe, vom Relief, von der Hangneigung und Exposition sowie von einem Luv-Lee-Effekt (Lage zu niederschlagsaktiven Wetterlagen) maßgeblich beeinflusst.

Die *Tabelle 1* zeigt die Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur in den Jahren 1981 bis 1990 von ausgewählten Wetterstationen. Mit den Meßstationen Liezen und Aigen sind die klimatischen Bedingungen des Talbodens, mit Irnding (Gumpenstein) die Nord- und mit Pürgg die Südexposition dargelegt. Die Wetterstation in Bad Mitterndorf repräsentiert die höhere Lage im Nordwesten des Untersuchungsgebietes; die Meßstationen in Oppenberg und Donnersbachwald charakterisieren die höheren Lagen im Süden bzw. Südosten des Gebietes. Das Untersuchungsgebiet weist in den tieferen Lagen eine Juli-Temperatur von 16 bis 17° C und eine Jahresmitteltemperatur von 6 bis 7° C auf. Südexponierte Hanglagen sind wärmebegünstigt (vgl. Wetterstation Pürgg). Die Temperaturabnahme mit der Seehöhe wird durch die Wetterstationen Donnersbachwald und Oppenberg angezeigt; in rund 1000 m Seehöhe beträgt die Juli-Temperatur 14 bis 15° C und die Jahresmitteltemperatur 5 bis 6° C. Die Jänner-Temperatur beträgt in den tieferen Lagen -3 bis -5° C; die höchstgelegene Station in Oppenberg weist mit -2,8° C die wärmste Jänner-Temperatur auf. Die Tal- und Beckenlagen sind im Winter Kaltluftseen; die Lagen oberhalb von etwa 1000 m Seehöhe sind durch die winterliche Temperaturinversion wärmebegünstigt.

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
Liezen	670	-3,3	-1,7	3,1	7,4	12,3	14,5	17,2	16,4	13,3	8,8	2,2	-1,4	7,4	13,5
Irnding	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
Pürgg	790	-3,1	-1,8	2,9	7,1	12,0	14,4	17,3	16,3	13,0	8,5	2,0	-1,2	7,3	13,4
Bad Mitterndorf	804	-5,2	-3,9	1,0	5,5	10,8	13,3	16,1	15,1	11,7	7,1	0,5	-2,9	5,8	12,1
Donnersbachwald	985	-4,7	-3,9	0,3	4,4	9,1	11,6	14,3	13,5	10,4	6,2	0,0	-2,9	4,9	10,6
Oppenberg	1060	-2,8	-3,0	0,9	4,8	9,3	11,8	14,6	14,0	11,2	7,1	0,7	-1,8	5,6	11,0
St. Pölten	272	-1,4	-0,5	4,5	9,3	14,6	16,9	19,4	18,9	14,9	9,9	3,4	0,6	9,2	15,7
Lustenau	410	-0,9	0,0	5,0	8,8	13,6	16,5	19,6	18,3	14,8	10,3	3,4	2,0	9,3	15,3
Ried im Innkreis	434	-2,1	-1,3	3,9	8,1	13,3	15,7	18,4	17,6	13,9	9,0	2,6	0,1	8,3	14,5
Klagenfurt	448	-5,2	-2,3	3,0	8,4	13,4	16,4	18,9	17,8	14,1	8,6	0,9	-2,7	7,6	14,8
Lienz	659	-5,8	-2,6	2,7	7,7	12,5	15,7	18,2	17,0	13,3	7,9	0,0	-3,8	6,9	14,1
Bad Aussee	670	-3,4	-2,1	2,5	7,0	12,2	14,5	17,1	16,3	12,8	8,7	2,1	-1,2	7,2	13,3
Imst	860	-2,6	-1,3	3,2	7,4	12,0	14,6	17,3	16,1	13,1	8,7	2,0	-1,1	7,5	13,4

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
Liezen	670	106	65	67	52	82	104	133	125	86	61	61	86	1028	582	100
Irnding	710	89	58	56	49	87	113	145	140	98	65	57	73	1030	632	101
Pürgg	790	112	75	66	55	90	135	156	173	103	72	67	94	1198	712	79
Bad Mitterndorf	804	126	73	69	53	93	134	149	154	99	74	62	97	1183	682	127
Donnersbachwald	985	100	70	68	59	101	140	161	158	115	78	70	89	1209	734	125
Oppenberg	1060	135	84	85	72	106	139	160	135	107	75	75	108	1281	719	119
St. Pölten	272	30	33	42	44	78	77	84	79	63	37	40	40	647	425	48
Lustenau	410	72	49	61	81	125	140	160	150	120	71	68	69	1166	776	40
Ried im Innkreis	434	86	59	66	66	81	103	106	104	84	64	61	82	962	544	52
Klagenfurt	448	29	36	54	52	87	107	101	107	91	65	66	44	839	545	74
Lienz	659	33	49	53	59	98	80	111	95	84	70	68	49	849	527	93
Bad Aussee	670	134	86	81	65	110	167	190	186	127	77	84	113	1420	845	115
Imst	860	64	51	41	32	67	94	108	118	71	40	46	56	788	490	85

Die *Tabelle 2* zeigt die mittleren Monats- und Jahressummen der Niederschläge in den Jahren 1981 bis 1990. Das Untersuchungsgebiet weist in den tieferen Lagen eine jährliche Niederschlagsmenge von 1000 bis 1200 mm auf. Die Niederschlagszunahme mit der Seehöhe wird durch die Wetterstationen Donnersbachwald und Oppenberg angezeigt; in rund 1000 m Seehöhe beträgt der jährliche Niederschlag 1200 bis 1300 mm. Für das Niederschlagsgeschehen haben im Untersuchungsgebiet die W-, NW- und N-

Strömungen die größte Bedeutung (WAKONIGG, 1978). Die Nördlichen Kalkalpen sind die Hauptstaugebiete für diese Frontensysteme. Das regenreichste Nordstaugebiet ist das steirische Salzkammergut mit dem Zentrum in Altaussee (850 m Seehöhe); hier beträgt der jährliche Niederschlag (1981-1990) 2150 mm (HYDROGRAPHISCHER DIENST, 1994). Im Untersuchungsgebiet hat dieser Luv-Lee-Effekt ebenfalls eine große Bedeutung für die geographische Niederschlagsverteilung; dies wird durch den Vergleich der beiden Wetterstationen Greith bei Tauplitz (945 m Seehöhe; Nördliche Kalkalpen; Nordstaugebiet) und Oppenberg (1060 m Seehöhe; Grauwackenzone) ersichtlich. In Greith bei Tauplitz fiel im Untersuchungsjahr 1997 ein Jahresniederschlag von 1357 mm (Tabelle 4); im höhergelegenen Oppenberg hingegen nur einer von 1060 mm. S- und SW-Strömungen haben für das Niederschlagsgeschehen nur eine geringe Bedeutung, weil das Untersuchungsgebiet gegen Süden durch den Tauernkamm abgegrenzt wird (WAKONIGG, 1978).

Die Monate Juni, Juli und August sind im langjährigen Mittel (1981-1990) die niederschlagsreichsten Monate; in der Vegetationsperiode (April bis September) fallen 55 bis 60 % des Jahresniederschlags. Ein sekundäres Niederschlagsmaximum tritt im langjährigen Mittel (1981-1990) im Jänner auf (Tabelle 2). Vor allem das Gebiet um Tau-

plitz ist relativ schneereich; in Greith bei Tauplitz (945 m Seehöhe) wurden im Untersuchungsjahr 1997 147 Tage mit Schneebedeckung gezählt (Tabelle 4). Die südexponierten, wärmebegünstigten Hanglagen weisen eine deutlich kürzere Schneedeckendauer auf (vgl. Wetterstation Pürgg).

Die Tabellen 3 und 4 zeigen die Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse im Untersuchungsjahr 1997. Das Untersuchungsjahr 1997 war im Jahresmittel etwas wärmer und niederschlagsreicher als der langjährige Durchschnitt (1981-1990); die Vegetationsperiode (April bis September) war etwas kühler und niederschlagsreicher. Die Monate März, April und Juli waren im Vergleich zum langjährigen Mittel relativ niederschlagsreich, der August und September hingegen relativ niederschlagsarm. Bemerkenswert ist der geringe Niederschlag im Jänner 1997.

Das Untersuchungsgebiet kann klimatisch als relativ winter- und sommerkühl sowie mäßig niederschlags- und schneereich eingestuft werden; das Gebiet um Tauplitz ist auf Grund der Nordstaulage relativ niederschlags- und schneereich. Das vorherrschende Klima begünstigt die Grünlandwirtschaft; der Ackerbau findet dagegen weniger günstige Voraussetzungen.

Für das Pflanzenwachstum und das Ertragspotential des Grünlandes ist im Untersuchungsgebiet weniger der Nie-

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

Pflanzen, Tiere und Böden sind hervorragende Klimazeiger. Im Untersuchungsgebiet kommen in tieferen Lagen - in Übereinstimmung mit den Klimadaten - zahlreiche Kühlezeiger (insbesondere *Persicaria bistorta* und *Juncus filiformis*) vor. Nur an südexponierten, besonders wärmebegünstigten Standorten können sich trockenheitsertagende und wärmebedürftige Pflanzen halten; "echte" Trockenheits- und Wärmezeiger fehlen weitgehend. Halbtrockenrasen sind auf südexponierte, wärmebegünstigte Hanglagen beschränkt. Auf Grund des sommerkühlen Klimas kommen in Frischwiesen vereinzelt Feuchtezeiger und in Wirtschaftswiesen (vor allem auf Braunlehm) Wald- und Saumpflanzen vor (BOHNER & SOBOTIK, 2000); in den Halbtrockenrasen sind Frischezeiger reichlich vorhanden. Die wärmere Laubwaldstufe (Eichen-Hainbuchenwald) fehlt im Untersuchungsgebiet. Die Stieleiche (*Quercus robur*) kommt an den Unterhängen öfters, teilweise zusammen mit der Esche (*Fraxinus excelsior*), vor (KUTSCHERA, 1997). Die Rotbuche (*Fagus sylvatica*) hat ihren Verbreitungsschwerpunkt auf südexponierten Berghängen; sie zeigt noch einen subozeanischen Klimaeinfluß im Untersuchungsgebiet an.

Der Alpine Pseudogley kennzeichnet schneereiche Lagen; für seine Bildung ist eine Schneedeckendauer von mehr als 120 Tagen erforderlich (SOLAR, 1986). Bei Zell am See (SOLAR, 1972) oder Radstadt kommt dieser Gebirgsboden auf Grund der schneereichen Lage sogar am Talboden vor. Im Untersuchungsgebiet wurde dieser Bodentyp am Talboden nicht angetroffen. Im schneereichen Gebiet um Tauplitz herrschen - lithologisch bedingt - Braunlehme vor (s.u.).

Tabelle 3: Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur (in °C) im Jahr 1997, Quelle: HYDROGRAPHISCHER DIENST, 1999

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	-4,7	-0,3	3,7	4,4	12,3	15,7	15,5	16,4	12,4	6,3		
Irdning	710	-3,9	-0,1	3,8	4,0	12,4	15,7	15,3	16,6	12,8	6,3	2,6	-0,1	7,1	12,8
Pürgg	790	-1,4	1,2	3,9	3,7	12,7	15,9	15,7	17,4	14,5	6,8	3,3	0,6	7,9	13,3
Bad Mitterndorf	804	-3,7	-0,9	2,5	2,7	11,5	15,2	14,6	16,0	12,2	5,5	2,5	-0,5	6,5	12,0
Greith	945	-2,6	-0,3	2,3	1,9	10,2	13,7	13,4	15,0	12,0	5,1	1,9	-0,9	6,0	11,0
Oppenberg	1060	-1,1	0,1	2,1	1,1	9,6	13,0	12,7	14,5	11,4	4,6	1,6	-0,9	5,7	10,4

Tabelle 4: Monats- und Jahressummen der Niederschläge (in mm) im Jahr 1997, Quelle: HYDROGRAPHISCHER DIENST, 1999

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	4	47	151	95	77	117	218	85	30	113			
Irdning	710	4	46	203	106	73	175	289	99	71	183	52	53	1354	813	95
Pürgg	790	5	66	215	148	103	158	282	90	36	134	62	75	1374	817	56
Bad Mitterndorf	804	7	76	215	144	89	130	343	141	84	165	68	80	1542	931	137
Greith	945	5	112	363	207	131	145	457	127	44	200	76	114	1980	1111	147
Oppenberg	1060	9	64	180	167	112	195	196	85	72	110	75	92	1357	827	106

Boden

Die Bodentypen sind im Untersuchungsgebiet sehr vielfältig und vor allem lithologisch differenziert. Am Talboden der Enns herrschen schluffreiche Au-Gleye und vergleyte Graue Auböden vor. Im Zuge der Ennsregulierung (1860-1960) erfolgte eine Flächenentwässerung, was stellenweise zu einer leichten Verbraunung vor allem der Au-Gleye geführt hat. Im Bereich der Nördlichen Kalkalpen sind Braunlehme und Pseudorendsinen (= verbrauchte Rendsinen; insbesondere auf Schwemmkegeln) vorherrschend. In der Grauwackenzone dominieren leichte Braunerden und verbrauchte Rankerkolluvien. Im Verlandungsbereich stehender Gewässer kommen Nieder- und Übergangsmoore vor. Aus Gosau-Konglomerat haben sich stellenweise Rotlehme und aus Schwarzschiefer Farbortsböden entwickelt. In Mulden, an Hangfüßen und Hangverebnungen sind Gleye und Anmoore weit verbreitet. Weitere wichtige Bodentypen des Untersuchungsgebietes sind Kalk-Braunerde, verbrauchte Pararendsina, Rendsina, Ranker und Alpiner Pseudogley.

Für die floristische Zusammensetzung des Pflanzenbestandes, den Futterertrag, die Futterqualität und die Effizienz der Düngung hat die Stoffzusammensetzung im Boden eine große Bedeutung.

Die untersuchten Grünlandböden¹ befinden sich zum Großteil im ökologisch günstigen Silikat-Pufferbereich (Abbildung 2). In diesem pH-Bereich (6,2-5,0) ist die Stoffzusammensetzung in der Bodenlösung und am Sorptionskomplex im allgemeinen sehr ausgewogen (BOHNER, 1998; i. Vorb.). Die Kalk-Böden im Karbonat-Pufferbereich (pH >6,2) weisen demgegenüber meist einen absoluten und relativen Ca-Überschuß auf; dies führt zu einer starken individuellen Stoffdiskriminierung bei der Stoffaufnahme der Pflanzen (Ionen-Antagonismus). Die Böden im Austauscher-Pufferbereich (pH 5,0-4,2) sind im allgemei-

¹ Anmerkung: Die Bodenansprache und die Probenahme (0-10 cm; Herbst) erfolgten durch die BAL Gumpenstein, die Bodenanalytik durch das BFL Wien. Die Analysemethoden richten sich nach der jeweiligen ÖNORM. Die Zuordnung der Böden zu den Pufferbereichen erfolgt nach ULRICH, 1981.

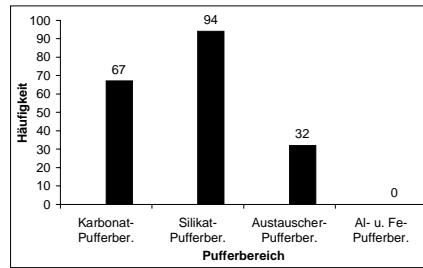


Abbildung 2: pH-Werte (CaCl_2) der untersuchten Grünlandböden (n=193). Karbonat-Pufferbereich: >6.2; Silikat-Pufferbereich: 6.2-5.0; Austauscher-Pufferbereich: 5.0-4.2; Al- und Fe-Pufferbereich: <4.2

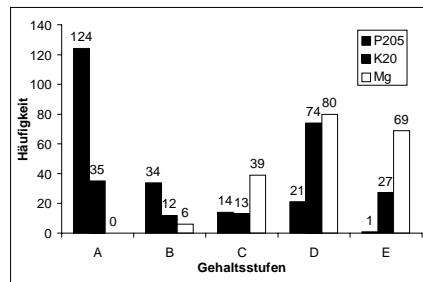


Abbildung 3: P-, K- und Mg-Versorgung der untersuchten Grünlandböden (n=194). P₂O₅ und K₂O = CAL- oder DL-Methode; Mg = Methode „Schachtschabel“. Gehaltsstufen: A = sehr niedrig, B = niedrig, C = ausreichend, D = hoch, E = sehr hoch.

nen durch eine befriedigende Stoffzusammensetzung in der Bodenlösung und am Sorptionskomplex charakterisiert. Mit Annäherung an den Al-Pufferbereich treten allerdings verstärkt potentiell phytotoxische Elemente, wie beispielsweise Al, auf und Solodierungsmerkmale (s.u.) machen sich bemerkbar. Böden im ökologisch ungünstigen Al- und Fe-Pufferbereich (pH <4,2), die sich durch einen relativen Alkali- und Sesquioxid-Überschuß (Sesquioxide = Kationensäuren Al, Fe, Mn) sowie durch einen komplementären relativen Erdalkali-Mangel auszeichnen (BOHNER, 1998; i. Vorb.), wurden nicht angetroffen, weil sich die Untersuchungen auf das regelmäßig bewirtschaftete und gedüngte Grünland konzentrierten. Vor allem durch Düngung mit gut verrottetem Stallmist und durch Kalk-Zufuhr wird die Stoffzusammensetzung der Al-gepufferten Böden deutlich verbessert; der relative Alkali- und Sesquioxid-Überschuß sowie potentielle Azidität werden abgebaut (BOHNER, 1998; i. Vorb.). Die Böden gelangen durch diese Bewirtschaftungsmaß-

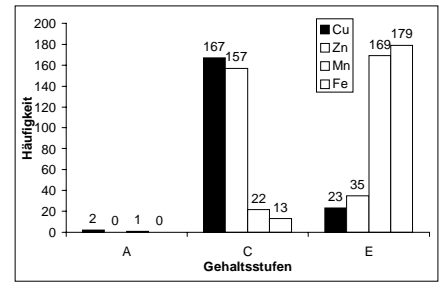


Abbildung 4: Cu-, Zn-, Mn- und Fe-Versorgung (EDTA-Auszug) der untersuchten Grünlandböden (n=192). Gehaltsstufen: A = sehr niedrig, C = mittel, E = sehr hoch

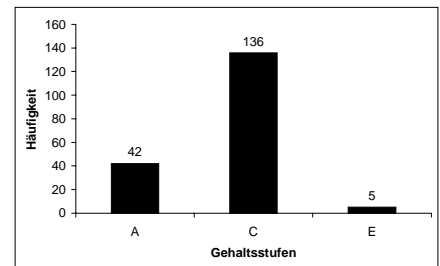


Abbildung 5: Bor-Versorgung (Baron-Auszug) der untersuchten Grünlandböden (n=183). Gehaltsstufen: A = sehr niedrig, C = mittel, E = sehr hoch

nahmen aus dem ökologisch ungünstigen Al- und Fe-Pufferbereich in den günstigeren Austauscher-Pufferbereich.

Die untersuchten Grünlandböden sind zum überwiegenden Teil schlecht mit CAL/DL-löslichem P₂O₅ versorgt (Abbildung 3); der Großteil der untersuchten Grünlandböden fällt in die Gehaltsstufe A (sehr niedrige P₂O₅-Gehalte). Deutlich günstiger ist die Versorgung mit CAL/DL-löslichem K₂O; die Mehrheit der untersuchten Grünlandböden befindet sich in der Gehaltsstufe D (hoher K₂O-Gehalt). Mit Mg (Mg-Schachtschabel) sind die untersuchten Grünlandböden im allgemeinen gut versorgt; sie gehören meist der Gehaltsstufe D (hohe Mg-Gehalte) und E (sehr hohe Mg-Gehalte) an. Auch die Versorgung mit Mikronährelementen ist günstig (Abbildung 4 und 5); Cu und Zn (EDTA-Auszug) weisen ein Häufigkeitsmaximum in der Gehaltsstufe C (mittlere Gehalte), Mn und Fe (EDTA-Auszug) in der Gehaltsstufe E (sehr hohe Gehalte) und B (Baron-Auszug) in der Gehaltsstufe C (mittlere Gehalte) auf.

Aus den überwiegend niedrigen lactatlöslichen P-Gehalten kann nicht a priori ein hoher P-Düngungsbedarf und eine zu

erwartende Ertragssteigerung (latenter P-Mangel) abgeleitet werden; das Futter des untersuchten Wirtschaftsgrünlandes weist auch keine auffallend niedrigen P-Gehalte auf (BOHNER & SOBOTIK, i. Vorb.). Die P-Aufnahme der Pflanzen hängt nämlich nicht nur von der P-Aktivität in der Bodenlösung (Intensitätsgröße), von den mobilisierbaren P-Reserven im durchwurzelten Boden (Quantitätsgröße) und von der Rate der P-Nachlieferung im Boden (Transfer von der Bodenfestphase in die Lösungsphase, Massenfluß, Diffusion) ab; mindestens genauso wichtig sind Pflanzeigenschaften, wie Wachstum, Verteilung und Gestalt der Wurzeln sowie ihre physiologische Fähigkeit zur Nährstoffmobilisierung und -aufnahme (JUNGK & CLAASEN, 1989; MARSCHNER, 1998). Die P-Aufnahme der Pflanzen wird entscheidend von der P-Aktivität in der Bodenlösung, vom Wasserhaushalt des Standortes, von der aufnahmeaktiven Wurzellänge, von der Länge der aufnahmeaktiven Wurzelhaare und von der pflanzenspezifischen P-Aufnahme je Einheit Wurzellänge beeinflusst. Die Pflanzen können bei P-Mangel durch Versauerung der Rhizosphäre, durch Abgabe organischer Komplexbildner, durch erhöhtes Wurzelhaar-Wachstum, durch Erhöhung der Phosphataseaktivität und/oder mit Hilfe der VA-Mykorrhiza Phosphor mobilisieren.

In den humusreichen Grünlandböden (s.u.) wird die effektive Kationenaustauschkapazität (KAK_{eff}) sehr wesentlich vom Humusgehalt und vom pH-Wert bestimmt. Mit steigendem Humusgehalt nimmt die KAK_{eff} zu, weil die spezifische Oberfläche und die Menge an sorptionsaktiven Huminstoffen größer werden (Abbildung 6). Humusreiche Grünlandböden besitzen im Oberboden einen hohen Anteil an pH-abhängiger, variabler Oberflächenladung. Daher nimmt die effektive Kationenaustauschkapazität (KAK_{eff}) mit sinkendem pH-Wert ab, weil die variable Oberflächenladung zunehmend protoniert wird (Abbildung 7). Humusreiche, nicht zu stark versauerte Grünlandböden weisen somit eine relativ hohe Speicherkapazität für austauschbare Kationen (KAK_{eff}) auf; sie sind gegenüber Säureimpulse und Schadstoffbelastungen relativ gut gepuffert.

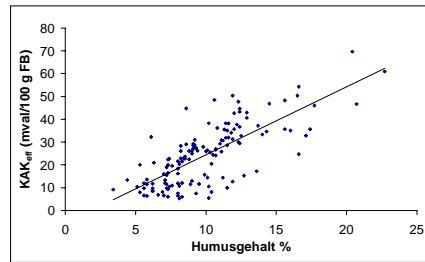


Abbildung 6: Beziehung zwischen Humusgehalt (%) und effektiver Kationenaustauschkapazität (Σ Ca, Mg, K, Na, Al, Fe, Mn; $BaCl_2$ -Auszug); $n=136$; $r^2=0,6$

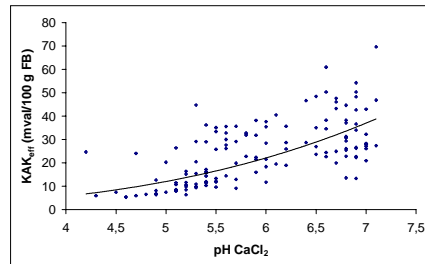


Abbildung 7: Beziehung zwischen pH-Wert ($CaCl_2$) und effektiver Kationenaustauschkapazität (Σ Ca, Mg, K, Na, Al, Fe, Mn; $BaCl_2$ -Auszug); $n=136$; $r^2=0,5$

Die Kationenbelegung des Sorptionskomplexes ist ausschlaggebend für die Nährstoffnachlieferung an die Bodenlösung bei der Nährstoffaufnahme durch die Pflanzen. Eine ungünstige Ionenkombination am Sorptionskomplex führt zu einer ungünstigen Ionenkombination in der Bodenlösung und beeinträchtigt damit die Nährstoffaufnahme der Pflanzen und die Bodenstruktur (Aggregatstabilität). Die Ca-Sättigung sollte 60-90%, die Mg-Sättigung 5-15%, die Alkali-Sättigung <5% und die Sesquioxid-Sättigung <10% (Al-Sättigung 0%) betragen, denn hohe Grünlanderträge und hohe Futterqualitäten sind nur auf ausreichend basenhaltigen und ausgewogen mit Nährstoffen versorgten Böden möglich. Die Abbildungen 8, 9 und 10 zeigen die Beziehung zwischen dem pH-Wert ($CaCl_2$) und den untersuchten mineralischen Alkali- und Erdalkalibasen sowie Sesquioxiden ($BaCl_2$ -Auszug). Mit sinkendem pH-Wert ($CaCl_2$) nimmt die Erdalkali-Sättigung (i. w. Ca-Sättigung) ab, die Alkali- und Sesquioxid-Sättigung (i.w. Al-Sättigung) nehmen hingegen zu. Für diese pH-abhängige Stoff-Komposition sind die beim Stoff-Metabolismus und bei der Boden-Atmung bodenintern

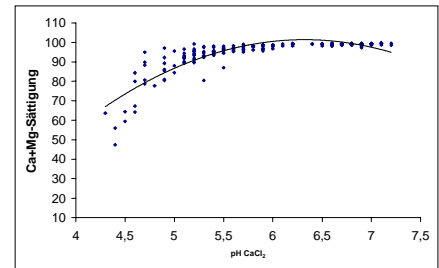


Abbildung 8: Beziehung zwischen pH-Wert ($CaCl_2$) und Erdalkali-Sättigung ($BaCl_2$ -Auszug); $n=106$; $r^2=0,7$

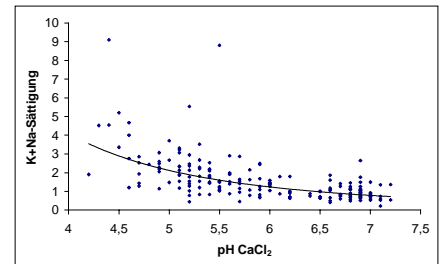


Abbildung 9: Beziehung zwischen pH-Wert ($CaCl_2$) und Alkali-Sättigung ($BaCl_2$ -Auszug); $n=106$; $r^2=0,5$

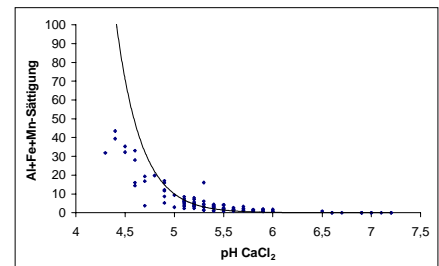


Abbildung 10: Beziehung zwischen pH-Wert ($CaCl_2$) und Sesquioxid-Sättigung ($BaCl_2$ -Auszug); $n=106$; $r^2=0,8$

produzierten und von außen eingetragenen Säuren sowie die verschiedenen Puffermechanismen des Bodens hauptverantwortlich (Details siehe BOHNER, 1998; 1999).

Die pH-abhängige Solodierung (Zunahme der Alkali-Sättigung) und Sesquioxid-Mobilisierung haben weitreichende Konsequenzen für die floristische Zusammensetzung des Pflanzenbestandes, den Futterertrag, die Futterqualität und die Düngung. Die Wald-Storchschnabel-Goldhaferwiese (*Geranio sylvatici-Trisetum flavescens*) beispielsweise besiedelt fast ausschließlich karbonat- und Silikat-gepufferte Braunlehme und Pseudorensinen; der durchschnittliche pH-Wert ($CaCl_2$) beträgt 6,0, die durchschnittliche Alkali- und Sesquioxid-Sättigung machen jeweils lediglich 1 % aus und die durchschnittliche Ca-

Sättigung erreicht 91 %. Die Kriech-Schaumkresse-Goldhaferwiese (*Cardaminopsido halleri-Trisetetum flavescentis*) besiedelt vor allem Braunerden und verbrauchte Rankerkolluvien im Silikat- oder Austauscher-Pufferbereich; der durchschnittliche pH-Wert (CaCl_2) beträgt 5,3, die durchschnittliche Alkali-Sättigung macht 2 % aus, die durchschnittliche Sesquioxid-Sättigung erreicht bereits 8 % und die durchschnittliche Ca-Sättigung reduziert sich auf 77 %. Die Rotschwengel-Straußgraswiese (*Agrostis capillaris-Festuca rubra* agg. Gesellschaft) kommt vor allem auf Braunerden und verbrauchten Rankerkolluvien im Silikat- oder Austauscher-Pufferbereich vor; der durchschnittliche pH-Wert (CaCl_2) beträgt 4,8, die durchschnittliche Alkali-Sättigung macht 4 % aus, die durchschnittliche Sesquioxid-Sättigung erreicht 22 % und die durchschnittliche Ca-Sättigung beträgt nur mehr 63 % (BOHNER & SOBOTIK, 2000).

Das Futter der Kriech-Schaumkresse-Goldhaferwiese weist - in Übereinstimmung mit dem Bodenzustand - einen relativ hohen Gehalt an Mikro-Nährstoffen auf; vor allem die Gehalte der mobilen Elemente Fe, Mn, Zn und Ni sind relativ hoch. Das Futter der Wald-Storchschnabel-Goldhaferwiese weist demgegenüber einen relativ hohen Ca-Gehalt auf (BOHNER & SOBOTIK, i. Vorb.). Für die Rotschwengel-Straußgraswiese liegen derzeit leider noch keine Futteranalysen vor.

Auf solodierten, sesquioxidreichen, sauren Böden fehlen "wertvolle" Futterpflanzen wegen der ungünstigen Stoffzusammensetzung in der Bodenlösung weitgehend. Auf Standorten mit wenig pflanzenverfügbarem N beherrschen Silikat-Magerkeitszeiger (vor allem *Nardus stricta*) und auf Standorten mit höherem Gehalt an pflanzenverfügbarem N *Agrostis capillaris* und/oder *Festuca rubra* agg. den Pflanzenbestand. Eine K- und/oder NH_4 -betonte Düngung ist auf solchen Böden ohne Kalkung nicht ratsam, weil die Rhizosphäre bei hoher NH_4 -Aufnahme der Pflanzen weiter versauert, und Ionen-Antagonismen verstärkt werden. Außerdem bewirkt die Zufuhr von leicht löslichen Mineraldüngern (wasserlösliche Düngersalze) durch Austausch und Hydrolyse von Kationen-

säuren (i. w. potentiell phytotoxisches Al) einen weiteren Säureimpuls. Am günstigsten ist die Düngung mit gut verrottetem Stallmist oder Stallmist-Kompost, denn dadurch werden der relative Alkali- und Sesquioxid-Überschuß sowie potentielle Azidität abgebaut (BOHNER, 1998; 1999).

Die Böden der wirtschaftlich wertvollsten Pflanzengesellschaften sind in der Regel ausgewogen mit mineralischen Alkali- und Erdalkalibasen sowie Sesquioxiden versorgt (BOHNER & SOBOTIK, 2000); nur hier können "wertvolle" Futterpflanzen bestandesbildend vorkommen, sofern auch der Wärme- und Wasserhaushalt günstig ist.

Zwischen dem pH-Wert (CaCl_2) und dem B-Gehalt (Baron-Auszug) besteht eine schwache Beziehung (Abbildung 11). Vor allem die leichten, sauren Braunerden und verbrauchten Rankerkolluvien weisen im Durchschnitt niedrige B-Gehalte auf (s.u.). B-Mangel tritt im Grünland - wenn überhaupt - dann nur auf leichten, humusarmen, sauren Böden infolge geringer B-Absorbierbarkeit auf. Zwischen der K-Fixierung und dem lactatlöslichen K-Gehalt besteht ebenfalls eine schwache Beziehung (Abbildung 12). Berücksichtigt sind in dieser Abbildung nur ton- und schluffreiche Bodentypen mit einem potentiell hohen K-Fi-

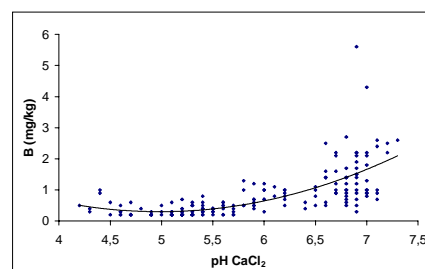


Abbildung 11: Beziehung zwischen pH-Wert (CaCl_2) und Bor-Gehalt (Baron-Auszug); $n=183$; $r^2=0,5$

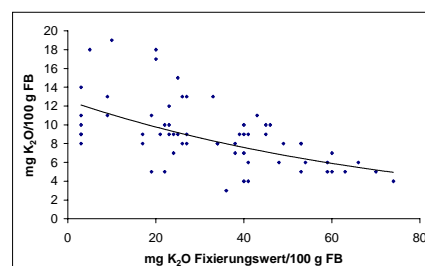


Abbildung 12: Beziehung zwischen K-Fixierung und K-Gehalt (CAL, DL); $n=63$; $r^2=0,4$

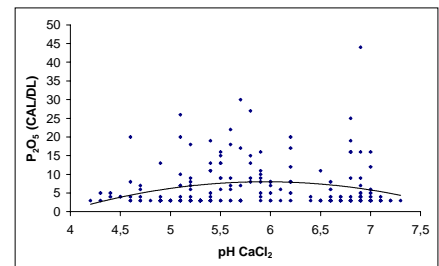


Abbildung 13: Beziehung zwischen pH-Wert (CaCl_2) und P_2O_5 -Gehalt (CAL/DL); $n=193$; $r^2=0,0$

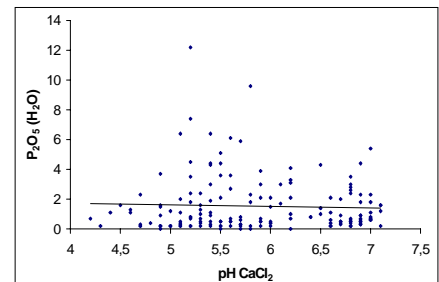


Abbildung 14: Beziehung zwischen pH-Wert (CaCl_2) und P_2O_5 -Gehalt (H_2O); $n=165$; $r^2=0,0$

xierungsvermögen (Pseudorendsinen, Braunlehme, Graue Auböden, Augleye). Ton- und schluffreiche Böden weisen eine umso höhere K-Fixierungskapazität auf, je niedriger ihr lactatlöslicher K-Gehalt ist.

Die Pflanzen sind in der Lage, nicht-austauschbares K - insbesondere fixiertes Zwischenschicht-K - aufzunehmen (MENGEL & WIECHENS, 1979; KONG & STEFFENS, 1981); daher läßt sich das pflanzenverfügbare K nicht mit dem austauschbaren K oder mit dem CAL/DL-löslichen K quantifizieren (vgl. SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 1998). Dies gilt besonders für ton- und glimmerreiche Böden. Stark K-fixierende Böden sollten dennoch ausreichend mit K gedüngt werden, weil die K-Nachlieferungsrate um so niedriger wird, je mehr die Zwischenschichten an K verarmt sind, und weil durch eine maßvolle Anhebung des Gehaltes an austauschbarem K (K-Sättigung: nicht über 5 % !) die Diffusionsbedingungen im Boden verbessert werden.

Sowohl zwischen dem lactatlöslichen P_2O_5 -Gehalt als auch zwischen dem wasserlöslichen P_2O_5 -Gehalt und dem pH-Wert (CaCl_2) konnte keine Beziehung festgestellt werden. Zwischen dem lactatlöslichen P_2O_5 -Gehalt und dem wasserlöslichen P_2O_5 -Gehalt besteht - wenn

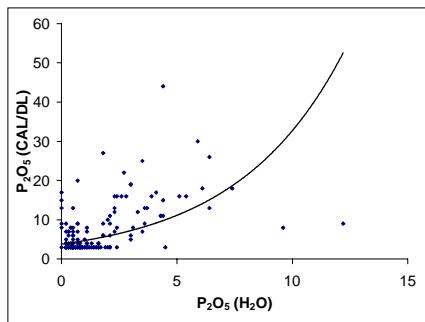


Abbildung 15: Beziehung zwischen P_2O_5 -Gehalt (H_2O) und P_2O_5 -Gehalt (CAL/DL); $n=166$; $r^2=0,3$

alle Bodentypen zusammen berücksichtigt werden – nur eine schwache Regression (Abbildungen 13-15); bei der Aufgliederung nach Bodentypen sind allerdings relativ gute Beziehungen festzustellen (keine Abbildungen).

In den Abbildungen 16 bis 26 sind die wichtigsten Boden-Kennwerte für ausgewählte Bodentypen zusammengestellt. Die untersuchten Grünlandböden weisen wegen der ständigen unterirdischen Bestandesabfälle und wegen der relativ geringen Bodenerwärmung sehr hohe Humusgehalte auf. Mit einem hohen Humusgehalt ist im allgemeinen ein hoher Gehalt an organisch gebundenem N und S und damit ein hohes N- und S-Nachlieferungspotential während der Vegetationsperiode, eine hohe Wasserspeicherkapazität, ein hohes potentielles Stoffspeichervermögen, eine hohe potentielle Säureneutralisationskapazität und ein hohes Porenvolumen verbunden (BOHNER, 1998). Die flachgründigen Pseudorendsinen (verbraunte Rendsinen) sind im Durchschnitt am humusreichsten. Die tonreicheren Braunlehme haben im Durchschnitt einen deutlich höheren Humusgehalt als die tonärmeren Braunerden, verbraunten Rankerkolluvien, Farbortsböden, verbraunten Pararendsinen und Kalk-Braunerden. Offensichtlich weisen die tonärmeren Böden eine vergleichsweise höhere Mineralisierungsintensität auf. Die effektive Kationenaustauschkapazität (KAK_{eff}) ist in den humusreichen, Karbonat-gepufferten Pseudorendsinen am höchsten; sie ist in den vergleichsweise ton- und humusarmen, Silikat-gepufferten Braunerden, verbraunten Rankerkolluvien und Farbortsböden am niedrigsten. Die verbraunten Rankerkolluvien, Braunerden und Farbortsböden weisen im Durch-

schnitt den niedrigsten pH-Wert, die geringste Erdalkali-Sättigung sowie die höchste Alkali- und Sesquioxid-Sättigung auf. Die Karbonat-gepufferten Pseudorendsinen und Braunlehme sind häufig Ca-übersättigt. Rohphosphate (Hyperphos) weisen auf diesen Böden wegen des hohen pH-Wertes, der hohen Säureneutralisationskapazität und der hohen Ca-Aktivität in der Bodenlösung eine relativ geringe Löslichkeit auf. Vor allem auf trockeneren Standorten ist daher die P-Düngung in Form von Hyperphos aus agrikulturchemischer Sicht nicht empfehlenswert. Für Biobetriebe ist allerdings Hyperphos die einzige erlaubte mineralische P-Düngerform. Die P_2O_5 - und K_2O -Gehalte (CAL, DL) sind in den Pseudorendsinen im Durchschnitt am höchsten; dies hängt möglicherweise mit den geringeren P- und K-Entzügen auf den flachgründigen, überaus humusreichen, meist halbtrockenen Böden zusammen. In den vergleyten Grauen Auböden und Au-Gleyen sind die P_2O_5 - und K_2O -Gehalte (CAL/DL; H_2O) im Durchschnitt am niedrigsten. Die Mg-Gehalte (Mg-Schachtschabel) sind im Durchschnitt in den vergleyten Grauen Auböden und Au-Gleyen am höchsten. Vor allem die Au-Gleye entlang der Enns sind zum Großteil Mg-übersättigt (hydromorphe Mg-Übersättigung; vgl. SOLAR, 1978). Eine Mg-Übersättigung führt zu einer Gefügeverschlechterung und Verdichtung des Bodens (SOLAR, 1978). Die leichten, sauren Braunerden, verbraunten Rankerkolluvien und Farbortsböden weisen im Durchschnitt den niedrigsten B-Gehalt auf. Generell sind tonarme, saure Bodentypen durch einen relativ niedrigen B-Gehalt charakterisiert (vgl. GOLDBERG & GLAUBIG, 1986). Die schluffreichen, vergleyten Grauen Auböden und Au-Gleye sowie die tonreichen Braunlehme und Pseudorendsinen weisen im Durchschnitt die höchste K-Fixierungskapazität auf. Ton- und schluffreiche Böden neigen vor allem bei niedrigem lactatlöslichen K-Gehalt und bei einem pH-Wert im Karbonat- oder Silikat-Pufferbereich zu hoher K-Fixierung (s. o.).

Die Standortsbonität ist nicht nur eine Funktion des Stoffhaushaltes, sondern auch eine Funktion des Wärme- und Wasserhaushaltes. Ungünstige Wärme- und/oder Wasserverhältnisse verhindern

hohe Grünlanderträge und gute Futterqualitäten. Ein hoher Nährstoffgehalt im Boden nützt wenig, wenn ungünstige Zustandsbedingungen (Wasserüberschuß, Sauerstoffmangel, Trockenheit etc.) herrschen.

Regelmäßig bewirtschaftetes Grünland wurde im Untersuchungsgebiet auf halbtrockenen bis nassen Standorten angetroffen. Das höchste Ertragspotential weisen frische, wärmebegünstigte, basenreiche Standorte auf. Diese Standorte können bei ausgewogener Düngung nachhaltig am intensivsten bewirtschaftet werden, weil intensiv nutzbare Futtergräser optimale Standortbedingungen vorfinden. Frische Standorte sind – genauso wie halbtrockene Standorte – jederzeit befahr- und beweidbar. Die gleichmäßige Wasserversorgung während der Vegetationsperiode gewährleistet eine hohe Anlieferungsgeschwindigkeit der Nährstoffe zu den Pflanzenwurzeln, bewirkt eine hohe Nährstoffaufnahme und ermöglicht dadurch hohe landwirtschaftlich nutzbare Erträge bei bester Futterqualität. Auf halbtrockenen Standorten sind wegen der zeitweise trockenheitsbedingten eingeschränkten Nährstoffanlieferung zur Pflanzenwurzel (gehemmter Massenfluß und kleinere effektive Diffusionskoeffizienten), wegen des relativ stärkeren Wurzelwachstums (höheres Wurzel-Sproß-Verhältnis), wegen der temporär verminderten Spaltöffnungsweite der Pflanzen infolge negativer pflanzeninterner Wasserbilanz und wegen der zeitweilig gehemmten Nährstoff-Mineralisation infolge trockenheitsbedingter geringerer mikrobieller Aktivität die landwirtschaftlich nutzbaren Erträge von Natur aus geringer. Der tägliche oberirdische Phytomassezuwachs ist vor allem im Sommer deutlich niedriger als auf Frischstandorten (BOHNER et al., i. Vorb.); die Ertragssicherheit ist vergleichsweise geringer. Eine extensivere Bewirtschaftung (Wiesen- oder Weidenutzung) ist notwendig, weil intensiv nutzbare Futtergräser keine optimalen Standortbedingungen vorfinden. Auf Feucht- und Naßstandorten setzt das Pflanzenwachstum wegen der feuchtebedingten langsameren Bodenerwärmung später ein. Die Pflanzenwurzeln leiden häufig unter Sauerstoffmangel. Die Wurzelatmung ist gehemmt, es kommt zur Unterversor-

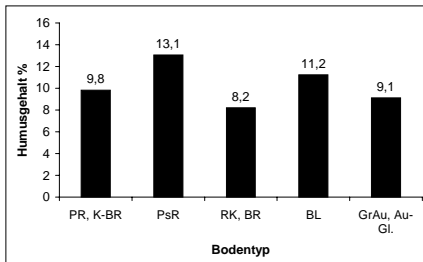


Abbildung 16: Humusgehalt (%) ausgewählter Bodentypen

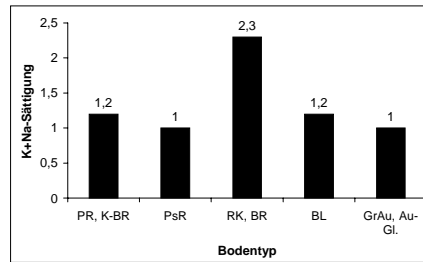


Abbildung 20: Alkali-Sättigung (BaCl₂-Auszug) ausgewählter Bodentypen

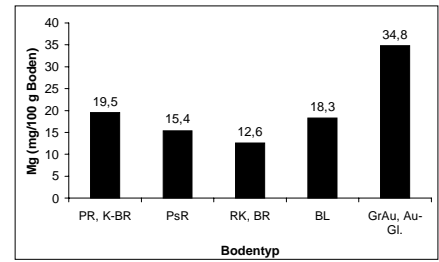


Abbildung 24: Mg-Gehalte (M. Schachtschabel) ausgewählter Bodentypen

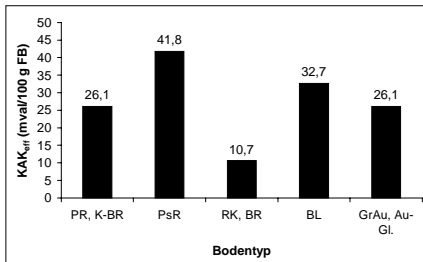


Abbildung 17: Effektive Kationenaustauschkapazität (Σ Ca, Mg, K, Na, Al, Fe, Mn; BaCl₂-Auszug) ausgew. Bodentypen

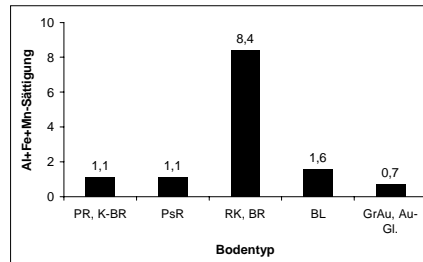


Abbildung 21: Sesquioxid-Sättigung (BaCl₂-Auszug) ausgewählter Bodentypen

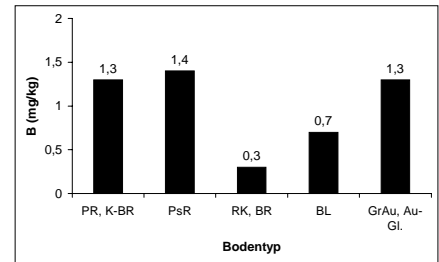


Abbildung 25: Bor-Gehalte (Baron-Auszug) ausgewählter Bodentypen

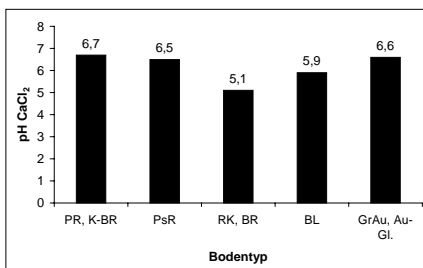


Abbildung 18: pH-Wert (CaCl₂) ausgewählter Bodentypen

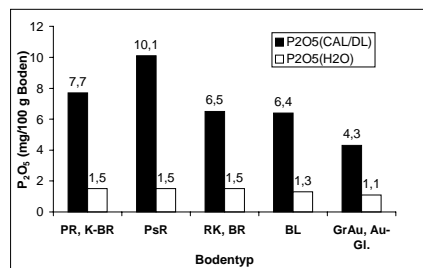


Abbildung 22: P₂O₅-Gehalte (CAL/DL; H₂O) ausgewählter Bodentypen

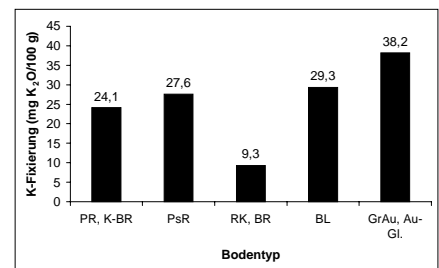


Abbildung 26: K-Fixierung ausgewählter Bodentypen

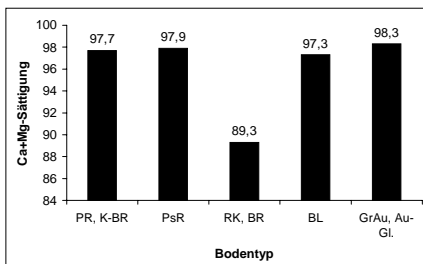


Abbildung 19: Erdalkali-Sättigung (BaCl₂-Auszug) ausgewählter Bodentypen

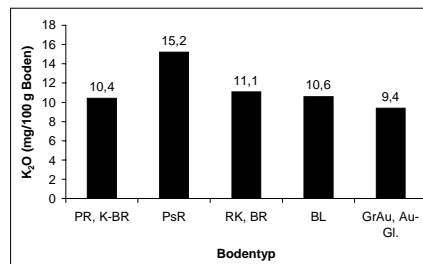


Abbildung 23: K₂O-Gehalte (CAL/DL) ausgewählter Bodentypen

Legende zu Abbildungen 16-26:

PR, K-BR = Verbraunte Pararendsina, Kalk-Braunerde (n = 20), PsR = Pseudorendsina (verbraunte Rendsina) (n = 10), RK, BR = Verbrautes Rankerkollivium, Braunerde, Farbortsboden (n = 57), BL = Braunlehm, Rotlehm (n = 31), GrAu, Au-Gl = Grauer Auboden, Au-Gley (n = 37)

gung der Wurzeln mit ATP, wodurch die Nährstoffaufnahme bei den meisten Pflanzenarten vermindert wird (MARSCHNER, 1998). In der Bodenluft können außerdem H₂S, CH₄, C₂H₄ und volatile Fettsäuren in phytotoxischen Konzentrationen auftreten. Die Nährstoff-Mineralisation im Boden ist wegen der reduzierten biologischen Aktivität gehemmt. Viele ertragreiche, raschwüchsige, wertvolle Futterpflanzen ertragen diese spezifischen Zustandsbedingungen nicht; sie werden bei ungün-

stiger werdendem Wasserhaushalt zunehmend durch langsamwüchsige, relativ nutzungsempfindliche, ertragsärmere, aber standortangepaßte Feucht- und Naßwiesen-Arten ersetzt. Daher weisen Feucht- und vor allem Naß-Standorte insbesondere in kühl-feuchten Gebieten von Natur aus ein niedrigeres Ertragspotential und eine höhere Nutzungsempfindlichkeit als Frisch-Standorte auf; eine extensivere Bewirtschaftung (Wiesen-Nutzung) ist notwendig. Hingegen kommen von Natur aus vermehrt Gift-

pflanzen und Arten mit geringem Futterwert vor; eine im Vergleich zu Frisch-Standorten schlechtere Futterqualität ist die Folge. Nur die Fuchsschwanzwiesen, die ökologisch und pflanzensoziologisch zwischen den Frisch- und Feuchtwiesen vermitteln, weisen ebenfalls ein hohes Ertragspotential und bei rechtzeitiger Nutzung auch eine gute Futterqualität auf. Ein weiterer Nachteil der Feucht- und Naßstandorte ist ihre zeitweise schlechte Befahr- und Beweidbarkeit. Außerdem treten - vor allem bei stark

schwankendem Grundwasserspiegel - N-Verluste durch Denitrifikation auf.

Die Wärmeverhältnisse und die Länge der Vegetationsperiode haben ebenfalls einen großen Einfluß auf das Ertragspotential eines Standortes. Die Frauenmantel-Glatthaferwiese (*Alchemillo monticola*-*Arrhenatheretum elatioris*) beispielsweise weist im Untersuchungsgebiet einen durchschnittlichen landwirtschaftlichen Trockenmasse-Ertrag (brutto) von rund 90 dt/ha auf. Die höhenzonal anschließenden Goldhaferwiesen (*Geranio sylvatici*-*Trisetetum flavescens*, *Cardaminopsido halleri*-*Trisetetum flavescens*) erreichen hingegen nur mehr einen durchschnittlichen landwirtschaftlichen Trockenmasse-Ertrag (brutto) von rund 67 dt/ha (BOHNER & SOBOTIK, 2000). Abnehmende Wärme während der Vegetationsperiode bewirkt mit zunehmender Seehöhe einen Ertragsabfall, der auch durch weitere Nährstoffzufuhr nicht zu verhindern ist. Daher ist mit zunehmender Seehöhe die Nährstoffzufuhr durch Düngung gemäß dem sinkenden Ertragspotential laufend zu verringern (LICHTENEGGER, 1982); ein niedrigeres Nährstoffniveau im Boden ist anzustreben.

Die Standortbonität ist auch eine Funktion der Bodenart und des Bodentyps. Die Bodenart ist von der Natur vorgegeben und anthropogen wenig zu beeinflussen. Tonreiche Böden neigen insbesondere bei kühl-feuchtem Klima wegen der ungünstigen Porenverteilung (wenige Grobporen, viele Feinporen) und wegen der hohen spezifischen Oberfläche zur (Krumen)wechselfeuchtigkeit. Sie können auf südexponierten Hanglagen im Oberboden stark austrocknen; während einer längeren Trockenperiode sind deutliche Schrumpfungsrissen vorhanden. Nach einer Regenperiode oder nach der Schneeschmelze sind sie aufgequollen, lange staunäß, relativ kühl und schlecht durchlüftet. Diese Zustandsbedingungen erlauben kein optimales Pflanzenwachstum. Außerdem neigen tonreiche Böden bei stärkerer Aufdüngung im hohen Maße zur Verunkrautung (BOHNER & SOBOTIK, 2000). Je kühler und niederschlagsreicher ein Gebiet während der Vegetationsperiode ist, um so weniger entscheidend wird eine hohe Wasserspeicherkapazität des Bodens für die Nähr-

stoffverfügbarkeit und für das Pflanzenwachstum und um so wichtiger wird eine gute Bodendurchlüftung und Bodenerwärmung. Daher weisen tonreiche Böden generell eine um so geringere Standortbonität auf, je kühler und niederschlagsreicher das Gebiet ist. In kühlfeuchten Gebieten sind bodenskelettreiche, sandige Böden von Vorteil. Sie sind besser durchlüftet, erwärmen sich rascher, verunkrauten weniger und sind für eine intensive Dauerweidenutzung besser geeignet (SPATZ & VOIGTLÄNDER, 1969; LICHTENEGGER, 1979; BOHNER, 1999). Tonreiche Böden sind infolge geringer Wasserleitfähigkeit und hoher Wasserspeicherkapazität vor allem in kühl-feuchten Gebieten relativ lange und häufig vernäßt und daher besonders trittempfindlich.

Schlußbemerkung

Eine nachhaltige, erfolgreiche Grünlandbewirtschaftung ist nur möglich, wenn die naturräumlichen Standortfaktoren gebührend berücksichtigt werden. Die Art und Intensität der Nutzung und Düngung sowie die Beurteilung des Nährstoffzustandes im Boden haben sich immer an der naturräumlichen Standortbonität zu orientieren; geschieht dies nicht, ist mit einer stärkeren Verunkrautung der Wiesen und Weiden zu rechnen (BOHNER & SOBOTIK, 2000). Bei geringerem naturräumlichen Standortpotential sollte daher die Düngungs- und Nutzungsintensität niedriger sein.

Die Erfassung der Wechselbeziehungen zwischen den natürlichen und wirtschaftlichen Zustandsfaktoren unter wechselnden Rahmenbedingungen ist für eine Nutzungsoptimierung im Grünland unbedingt notwendig; diese Untersuchungen sollten in Zukunft intensiviert werden.

Literatur

BÖGEL, H. und K. SCHMIDT, 1976: Kleine Geologie der Ostalpen. Thun-Verlag, 230 S.
 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, 18.-19. März 1999, BAL Gumpenstein, Zeitgerechte Weidewirtschaft, 31-39.
 BOHNER, A. in Vorb.: Ökochemische Kennwerte der Gebirgsböden und ihre Bedeutung für die Florenverteilung im Gebirge.

BOHNER, A. und M. SOBOTIK, 2000: Das Wirtschaftsrundland im mittleren steirischen Ennstal aus vegetationsökologischer Sicht (in diesem Band).
 BOHNER, A. und M. SOBOTIK, in Vorb.: Bodenkennwerte, Futterqualität und Wurzelökologie ausgewählter Grünlandgesellschaften im mittleren steirischen Ennstal und steirischen Salzkammergut.
 BOHNER, A., S. M. GERL und M. SOBOTIK, in Vorb.: Die Weiden und Mähweiden im mittleren steirischen Ennstal und im steirischen Salzkammergut.
 BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, 1996: Richtlinien für die sachgerechte Düngung, 4. Aufl., 42 S.
 FLÜGEL, H. W. und F. NEUBAUER, 1984: Steiermark. Erläuterungen zur Geologischen Karte der Steiermark 1:200000. Geologische Bundesanstalt, 127 S.
 GOLDBERG, S. und R. A. GLAUBIG, 1986: Boron adsorption on California soils. In: Soil Sci. Soc. Am. J. 50, 1173-1176.
 HYDROGRAPHISCHER DIENST in Österreich, 1994: Die Niederschläge, Schneeverhältnisse und Lufttemperaturen in Österreich im Zeitraum 1981-1990, 529 S.
 HYDROGRAPHISCHER DIENST Steiermark, 1999: Schriftliche Mitteilungen.
 JUNGK, A. und N. CLAASEN, 1989: Availability in soil and acquisition by plants as the basis for phosphor and potassium supply to plants. Zeitschr. für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Bd. 152, 151-157.
 KONG, T. und D. STEFFENS, 1989: Bedeutung der Kalium-Versorgung in der Rhizosphäre und der Tonminerale für die Freisetzung von nicht-austauschbarem Kalium und dessen Bestimmung mit HCl. Zeitschr. für Pflanzenernährung und Bodenkunde, 152, 337-343.
 KUTSCHERA, L., 1997: Bedeutung der Pflanzensoziologie für die Landnutzung. In: 2. Pflanzensoziologische Tagung "Pflanzengesellschaften im Alpenraum und ihre Bedeutung für die Bewirtschaftung", 2. - 3. September 1997, BAL Gumpenstein, 1-5.
 LICHTENEGGER, E., 1979: Bedeutung des Bodentyps und der Bodenart für die Zusammensetzung, Entwicklung und Bewirtschaftung von Grünlandbeständen. In: Bericht über die Internationale Fachtagung "Bedeutung der Pflanzensoziologie für eine standortgemäße und umweltgerechte Land- und Almwirtschaft", 12.-13. September 1978, BAL Gumpenstein, 15-32.
 LICHTENEGGER, E., 1982: Der Wärme- und Wasserhaushalt – ertragsbildende Faktoren in Abhängigkeit von der Seehöhe, dargestellt aus pflanzensoziologischer Sicht. In: Mitt. d. Österr. Bodenkundl. Ges., Heft 25, 75-91.
 MARSCHNER, H., 1998: Mineral nutrition of higher plants. Academic press. 889 S.
 MENGEL, K. und B. WIECHENS, 1979: Die Bedeutung der nichtaustauschbaren Kaliumfraktion des Bodens für die Ertragsbildung von Weidelgras. Zeitschr. für Pflanzenernährung und Bodenkunde, 147, 836-847.
 PÖTSCH, E. M., 1999: Bodenzustand und Nährstoffflüsse in den landwirtschaftlichen Betrieben im

- Ennstal. In: Entwicklung der Kulturlandschaft und der Landwirtschaft im Ennstal, 25-28.
- SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (Begr.); P. SCHACHTSCHABEL, H.P. BLUME, G. BRÜMMER, K.H. HARTGE und U. SCHWERTMANN, 1998: Lehrbuch der Bodenkunde. Enke Verlag, 494 S.
- SOLAR, F., 1972: Die Böden des Raumes Großglockner – Zell am See. Mitt. d. Österr. Bodenkundl. Ges. 16, 93-106.
- SOLAR, 1978: Die Talböden, ein allgemeiner Überblick. Mitt. Österr. Bodenkundl. Ges., Heft 20, 9-21.
- SOLAR, F., 1986: Soil and location in the east alpine zonality. Mitt. d. Deutsch. Bodenkundl. Ges., Band 48, 159-163.
- SPATZ, G. und G. VOIGTLÄNDER, 1969: Einfluß verschiedener Standortfaktoren auf den Ertrag von Schnittwiesen im bayerischen Grünlandgürtel. In: Das wirtschaftseigene Futter. Band 15, 143-160.
- ULRICH, B., 1981: Ökologische Gruppierung von Böden nach ihrem chemischen Bodenzustand. In: Zeitschrift Pflanzenernährung, Bodenkunde. Band 144, 289 - 305.
- WAKONIGG, H., 1978: Witterung und Klima in der Steiermark. Verlag für die Technische Universität Graz, 400 S.
- WISSMANN, H., 1927: Das Mitter Ennstal. Hirzel Verlag, 144 S.

Dank

Wir danken B. Marold, Ch. Poppelbaum und Ing. R. Resch besonders für die sorgfältige Ausführung sämtlicher EDV-Arbeiten. Für die kritische Durchsicht des Manuskriptes danken wir Herrn Univ.Prof. Dipl.Ing. Dr. Erwin Lichtenegger.