

Die Trespen-Halbtrockenrasen (*Mesobrometum erecti* Koch 1926) im mittleren Steirischen Ennstal (Steiermark, Österreich) – Ökologie, Soziologie und Naturschutz

– Andreas Bohner, Franz Grims, Monika Sobotik und Lisbeth Zechner –

Zusammenfassung

Die Trespen-Halbtrockenrasen kommen im Untersuchungsgebiet auf Kalklehm-Rendsinen, Pararendsinen und vereinzelt auf Kalk-Braunerden vor. Die meist flachgründigen, nährstoffarmen, basenreichen, carbonathaltigen Böden auf südlich exponierten Hanglagen befinden sich in der Regel im Carbonat-Pufferbereich. Sie weisen eine relativ hohe elektrische Leitfähigkeit sowie einen niedrigen Gehalt an lactat- und wasserlöslichem P_2O_5 auf. Sie sind oft mit Ca^{2+} übersättigt. Insbesondere die geringe P-Verfügbarkeit dürfte ein wesentlicher limitierender Faktor für das Pflanzenwachstum sein.

Die Trespen-Halbtrockenrasen werden im Untersuchungsgebiet regelmäßig ein- bis zweimal pro Jahr gemäht oder extensiv mit Rindern beweidet und nicht gedüngt. Sie sind im kühl-feuchten Untersuchungsgebiet auf die trockensten und wärmsten Standorte beschränkt; es sind dies flachgründige Böden und südlich exponierte Hanglagen der submontanen und untermontanen Stufe. Die pflanzensoziologische Untergliederung resultiert primär aus dem unterschiedlichen Tongehalt und somit auch differenzierten Wärme-, Wasser- und Nährstoffhaushalt des Bodens. Auf tonreicheren Kalklehm-Rendsinen kommt die Subassoziation von *Colchicum autumnale* vor. Diese Standorte sind halbtrocken-wechselfeucht veranlagt. Die Typische Subassoziation besiedelt tonärmere Pararendsinen und Kalk-Braunerden; diese Standorte sind halbtrocken. Die Variante von *Molinia caerulea* zeigt einen kühleren, feuchteren Standort vor allem in Waldrandlage an. Die Variante von *Festuca rupicola* kennzeichnet besonders wärmebegünstigte Standorte. Die Variante von *Agrostis capillaris* weist auf eine leichte Oberbodenversauerung hin. Die Variante von *Globularia cordifolia* kennzeichnet besonders flachgründige Böden. Die Variante von *Carex alba* charakterisiert brachgefallene Flächen; sie leitet die sekundäre progressive Sukzession zum Kalk-Buchenwald (*Carici albae-Fagetum*) ein. Extensiv mit Rindern beweidete und regelmäßig gemähte Pflanzenbestände unterscheiden sich floristisch kaum. Die Variante von *Plantago media* kennzeichnet allerdings etwas stärker beweidete Phytocoenosen.

Der Trespen-Halbtrockenrasen ist eine ausgeprägte Hemikryptophyten-Gesellschaft.

Das Wurzel-Spross-Verhältnis ist höher als in vergleichbaren frischen Frauenmantel-Glatthaferwiesen. In der Subassoziation von *Colchicum autumnale* ist vermutlich auf Grund der schlechteren Bodendurchlüftung die unterirdische Phytomasse geringer und wegen der besseren Wasserversorgung der Pflanzen insbesondere während Trockenperioden das Wurzel-Spross-Verhältnis niedriger als in der Typischen Subassoziation. Eines der wichtigsten anatomischen Anpassungsmerkmale der Poaceen und Cyperaceen an halbtrockene Standorte ist der breite Zentralzylinder und die relativ schmale Rinde sowie die unregelmäßige Anordnung der Rindenzellen mit den dreispitzigen Interzellularen. Die Wurzeln von *Bromus erectus* sind mit Vesiculärer-Arbuskulärer Mycorrhiza reichlich infiziert.

Die Trespen-Halbtrockenrasen sind dem regelmäßig gedüngten Wirtschaftsgrünland hinsichtlich Ertrag und Futterqualitätsparameter deutlich unterlegen. Die Futtermittelaufnahme der Milchkühe ist allerdings nicht schlechter. Die Pflanzen weisen eine relativ hohe Effizienz der Nährstoffausnutzung auf. Wegen des niedrigen Ertragspotentials, der relativ geringen Ertragssicherheit und der Bewirtschaftungserschwerung infolge steiler Hanglage dienen die Standorte weniger der landwirtschaftlichen Produktion, sondern es sind vielmehr Vorrangflächen für den Naturschutz.

Die Trespen-Halbtrockenrasen zählen im Untersuchungsgebiet hinsichtlich Gefäßpflanzen zu den artenreichsten Pflanzengesellschaften; es sind unersetzliche Lebensräume für viele seltene und geschützte Pflanzen- und Tierarten. Trespen-Halbtrockenrasen weisen eine sehr hohe floristische Artenvielfalt auf, weil auf Grund des halbtrockenen, nährstoffarmen Standortes viele verschiedene meso- und xerophile, lichtbedürftige Pflanzenarten koexistieren können. Die Pflege und Erhaltung der Trespen-Halbtrockenrasen ist eine wichtige Aufgabe der Landwirtschaft; sie wird nur durch eine späte Mahd oder

extensive Beweidung gewährleistet. Die Trespen-Halbtrockenrasen zählen im Untersuchungsgebiet zu den stark gefährdeten Kulturlandschaftselementen.

Abstract: The *Mesobrometum erecti* Koch 1926 in the middle of the Styrian Enns valley (Styria, Austria) – ecology, sociology and nature protection

The *Mesobrometum erecti* occurs in the semi-dry conditions of the research area (middle of the Styrian Enns valley, Austria). The soil is usually shallow and low in nutrients, with high base saturation, and is mainly in the carbonate buffer range. It also has a relatively high electrical conductivity and low contents of lactate and water-soluble P_2O_5 . It is often supersaturated with Ca^{2+} . The low availability of phosphorus seems to be the main limiting factor for plant growth.

Syntaxonomical classification closely follows the different amounts of clay in the soil, which lead to different temperature, water and nutrient conditions. The subassociation of *Colchicum autumnale* is typical in the clay-rich rendzic leptosols. These sites are characterised by semi-dry conditions with periodic moistening. The typical subassociation occurs on calcareous cambisols with low clay content. These sites are semi-dry. The *Bromus erectus* semi-dry grassland is characterised by many hemicryptophytes. The root-shoot ratio is higher than in the *Alchemillo monticolae-Arrhenatheretum*. One of the most important features of Poaceae and Cyperaceae root anatomy in semi-dry conditions is a wide stele and a narrow cortex, with an irregular arrangement of cortex cells with triangular intercellulars. The roots of *Bromus erectus* plants are highly infected by mycorrhiza.

The *Bromus erectus* semi-dry grassland has lower yield and fodder quality than manured grassland. The feed intake is almost similar. The plants of the *Bromus erectus* semi-dry grassland display a relatively efficient uptake of mineral nutrients (relatively high nutrient-use efficiency).

The *Mesobrometum erecti* is one of the most species-rich plant communities in the research area and an important biotope for many rare and protected plant and animal species. The high species richness occurs on semi-dry, nutrient-poor sites, where many mesophytes and xerophytes find good growth conditions. Care and protection of the semi-dry grassland is an important task for agriculture. Only late mowing or extensive grazing guarantees the protection of these plant communities.

Keywords: Austria, *Bromus erectus*, ecology, fodder quality, grasshoppers, mosses, plant sociology, roots and VA-mycorrhiza, semi-dry grassland, soil properties, species richness.

1. Einleitung

Die kleinbäuerlichen Betriebsstrukturen und vielfältigen Geländeverhältnisse begünstigen im österreichischen Alpenraum das räumliche Nebeneinander unterschiedlich intensiv bewirtschafteter Grünlandflächen. Dies gewährleistet ein Höchstmaß an Biodiversität und Landschaftsästhetik. Eine vielfältige, reich strukturierte, bäuerliche Kulturlandschaft hat einen hohen Erholungs- und Erlebniswert. Davon profitiert auch der Tourismus und somit die gesamte Volkswirtschaft.

Seit einiger Zeit werden in Österreich auf Grund geänderter sozioökonomischer Rahmenbedingungen Grünlandflächen immer häufiger nicht mehr bewirtschaftet. Im Zeitraum 1937 bis 1995 haben vor allem einmähdige Dauerwiesen flächenmäßig sehr stark abgenommen (Tabelle 1). Mit der Auflassung vieler kleiner Betriebe infolge des Strukturwandels in der Landwirtschaft und wegen der allmählichen Verdrängung des Grundfutters durch vermehrten Kraftfuttereinsatz, vor allem in den spezialisierten Milchviehbetrieben in Gunstlagen, werden in Zukunft noch mehr Grünlandflächen nicht mehr bewirtschaftet (BUCHGRABER 2001). Mit der daraus resultierenden allmählichen Verwaldung sinkt nicht nur die Arten- und Biotopvielfalt, sondern es geht auch die Attraktivität der Kulturlandschaft verloren. Grünlandflächen mit hohem Ertragspotential hingegen werden in Zukunft vor allem in Gunstlagen intensiver genutzt. Diese gegenläufigen Trends – Nutzungsintensivierung einerseits, Bewirtschaftungsaufgabe andererseits – sind weder aus ökologischer noch aus volkswirtschaftlicher Sicht wünschenswert. Es besteht daher die Forderung und Pflicht, die derzeitige bäuerliche Kulturlandschaft mit ihren vielfältigen Vegetationstypen und folglich hoher Biodiversität und Landschaftsästhetik zu erhalten. Dazu ist allerdings eine umfangreiche vegetationsökologische Zustandserhebung der einzelnen Pflanzengesellschaften des

Tab. 1: Änderungen in der Kulturartenverteilung 1937–1995; Flächenangabe in ha; Quelle: PFUSTERSCHMIDT et al., 1999

	1937	1960	1970	1980	1995
Dauerwiesen mehrmähdig	588.000	726.500	826.600	890.000	861.200
Dauerwiesen einmähdig	300.000	282.200	180.000	100.000	56.400
Streuwiesen	40.000	24.200	25.800	19.300	15.800
Kulturweiden	50.000	54.150	43.300	42.300	67.100
Hutweiden	300.000	289.800	246.100	182.900	81.100
Almen und Bergmähder	963.000	921.000	893.400	806.100	858.700
Ackerland	1,976.000	1,646.800	1,543.700	1,487.600	1,405.300
Waldflächen	3,134.500	3,141.700	3,205.900	3,281.800	3,290.550

Wirtschaftsgrünlandes notwendig (BASSLER et al. 2000, BOHNER & SOBOTIK 2000b, BOHNER & SOBOTIK 2001, BOHNER et al. 2001).

Über Trespen-Halbtrockenrasen gibt es bereits zahlreiche, vorwiegend pflanzensoziologische Untersuchungen (ZOLLER 1954, BORNKAMM 1960, GIGON 1968, OBERDORFER 1978, WILLEMS 1982, KUHN 1984, ELLENBERG 1986, HOLZNER 1989, MÖSELER 1989, WILMANN 1989, MUCINA et al. 1993, SPATZ 1994, POTT 1995, 1996, DIERSCHKE 1997). Das Ziel dieser Arbeit ist es, die noch vorhandenen Trespen-Halbtrockenrasen im mittleren Steirischen Ennstal

- vor allem ökologisch, aber auch pflanzensoziologisch und zoologisch zu charakterisieren,
- ihre Bedeutung für die Landwirtschaft, Kulturlandschaft und den Naturschutz zu dokumentieren und
- auf die Folgen einer Bewirtschaftungsaufgabe hinzuweisen.

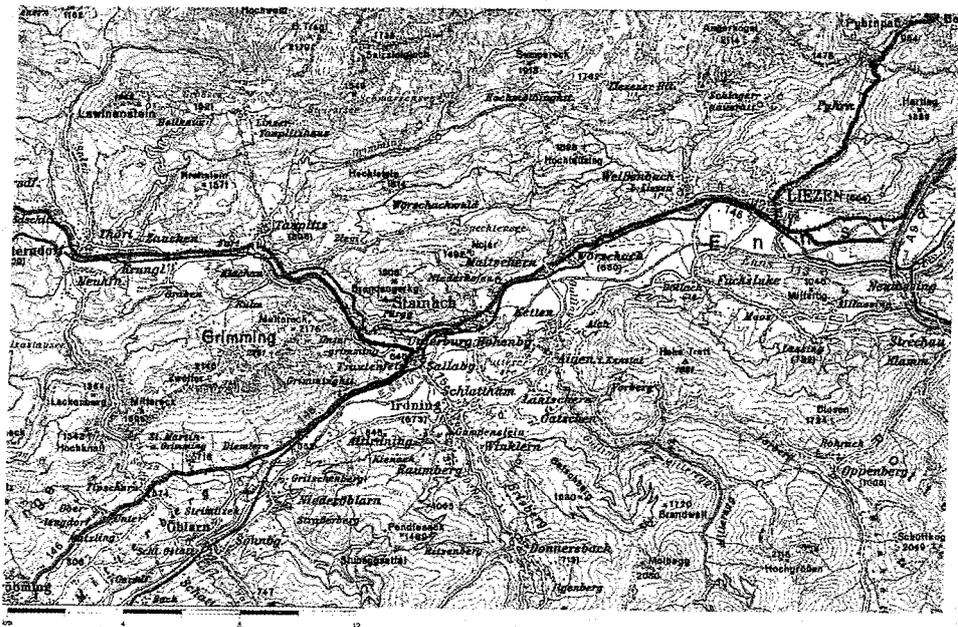


Abbildung 1: Das Untersuchungsgebiet

2. Das Untersuchungsgebiet: Lage, Geologie, Boden, Klima

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im mittleren Steirischen Ennstal (Steiermark, Österreich; Abbildung 1). Es erstreckt sich von Pürgg im Westen bis Liezen im Osten in der nördlichen ostalpinen Längstalfurche und bildet die Grenze zwischen den Nördlichen Kalkalpen im Norden und der Grauwackenzone im Süden. Die Trespen-Halbtrockenrasen wurden am Südrand der Nördlichen Kalkalpen und an der Südseite des Kulm beim Putterer See untersucht. Die Südseite des Kulm besteht aus altpaläozoischem Bänderkalk; sie gehört tektonisch noch zur Grauwackenzone. Am Südrand der Nördlichen Kalkalpen herrschen im Untersuchungsgebiet Allgäuschichten (Fleckenmergel) des Lias und Dogger vor; vereinzelt treten auch norisch/rhätische Dachsteinkalke auf (FLÜGEL & NEUBAUER 1984).

Die Bodentypen sind im Untersuchungsgebiet sehr vielfältig und vor allem lithologisch differenziert. An der Südseite des Kulm kommen Pararendsinen, verbrauchte Pararendsinen und Kalk-Braunerden vor. Am Südrand der Nördlichen Kalkalpen überwiegen Rendsinen, Kalklehm-Rendsinen und Braunlehme (BOHNER & SOBOTIK 2000a).

Das Untersuchungsgebiet weist im Durchschnitt eine Juli-Temperatur von etwa 17° C, eine Jänner-Temperatur von -3 bis -4° C und eine Jahresmittel-Temperatur von rund 7° C auf (Tabelle 2). Der Jahresniederschlag beträgt durchschnittlich 1000 bis 1200 mm (Tabelle 3); in der Vegetationsperiode (April bis September) fallen etwa 60 % des Jahresniederschlages. Langanhaltende Trockenperioden sind im Untersuchungsgebiet sehr rar; in der Vegetationsperiode treten selten mehr als vier bis fünf absolut regenfreie Tage hintereinander auf. Im Zeitraum 1981 bis 1990 wurden durchschnittlich 79 bis 101 Tage mit Schneebedeckung pro Jahr gezählt. Das Untersuchungsgebiet kann klimatisch als relativ winter- und sommer-

Tab. 2: Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur (in °C) in den Jahren 1981–1990, Quelle: HYDROGRAPHISCHER DIENST, 1994

Meßstation	See- höhe in m	Monate												Jahres- mittel	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		
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
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
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

Tab. 3: Mittlere Monats- und Jahressummen der Niederschläge (in mm) in den Jahren 1981–1990, Quelle: HYDROGRAPHISCHER DIENST, 1994

Meßstation	See- höhe in m	Monate												Jahres- mittel	Mittel IV-IX	Zahl d. Tage m. Schnee- bedeckung
		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			
Liezen	670	106	65	67	52	82	104	133	125	86	61	61	86	1028	582	100
Irdning	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

kühl sowie mäßig niederschlags- und schneereich eingestuft werden. Für die Vegetation ist weniger der Niederschlag und die Niederschlagsverteilung, sondern vielmehr die Temperatur (Wärme) der begrenzende klimatische Faktor. Im Untersuchungsgebiet kommen daher auch mehrere Kühlezeiger (insbesondere *Persicaria bistorta* und *Juncus filiformis*) am Talboden vor. Nur an südexponierten, besonders wärmebegünstigten Standorten können sich trockenheitsertragende und wärmebedürftige Pflanzen halten; *Salvia pratensis* beispielsweise kommt sehr selten und dann nur auf ausgesprochen wärmebegünstigten Standorten vor. „Echte“ Trockenheits- und Wärmezeiger fehlen im Untersuchungsgebiet weitgehend. Die wärmere Laubwaldstufe (Eichen-Hainbuchenwald) ist nicht vorhanden. *Fagus sylvatica* hat ihren Verbreitungsschwerpunkt auf südexponierten Berghängen; sie zeigt noch einen sub-

ozeanischen Klimaeinfluss an. Das vorherrschende Klima lässt keine echten Trockenrasen, sondern nur Halbtrockenrasen gedeihen; diese sind auf südlich exponierte Hanglagen der submontanen und untermontanen Stufe beschränkt.

3. Methoden

Die Vegetationsaufnahmen erfolgten nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (BRAUN-BLANQUET 1964, DIERSCHKE 1994). Die Artmächtigkeit wurde allerdings nach einer modifizierten Skala geschätzt. Die BRAUN-BLANQUET-Klassen 1-5 wurden jeweils in drei Subklassen unterteilt (z.B. 1a = 1.0-1.9 % Deckung; 1 = 2.0-3.9 % Deckung; 1b = 4.0-5.0 % Deckung). Die Größe der homogenen Aufnahmeffläche betrug 50 m² und überschritt immer das Minimumareal. Die Benennung der Gefäßpflanzen richtet sich nach ADLER et al. (1994) und diejenige der Moose nach DÜLL (1994).

Die Bodenansprache erfolgte aus dem Bohrstock. Die Bodenproben wurden im Herbst aus der Tiefenstufe 0-10 cm gezogen, da sich in dieser Tiefe der Großteil der unterirdischen Phytomasse befindet und hier mit der größten Stoffaufnahme durch die Pflanzenwurzeln zu rechnen ist. Die Analysemethoden richten sich nach der jeweiligen ÖNORM (pH-Wert in einer 0.01 M CaCl₂-Lösung; elektrische Leitfähigkeit konduktometrisch; Carbonatgehalt nach SCHEIBLER; organische Substanz durch Nassverbrennung; N_{tot} am CNS-Automaten; P₂O₅ und K₂O mit der CAL-Methode; P₂O₅ im Wasserextrakt 1:20; austauschbare mineralische Kationenbasen mit einer 0.1 M BaCl₂-Lösung; Fe, Mn, Zn und Cu im EDTA-Extrakt; Mg nach SCHACHTSCHABEL; Bor mit dem Acetatauszug nach BARON; Korngrößenverteilung des Feinbodens nach KÖHN).

Auf einigen Trespen-Halbtrockenrasen wurden der landwirtschaftlich nutzbare Ertrag, die Futterqualität und die unterirdische Phytomasse ermittelt. Zur Ertragsfeststellung wurden jeweils 3 m² geerntet. Die Mahd erfolgte zum ortsüblichen Termin. Rohfaser, Rohprotein, Rohfett und Rohasche wurden mit NIRS bestimmt. Die Mineralstoffe wurden mit Salpetersäure-Perchlorsäure aufgeschlossen und mit ICP gemessen. Die Verdaulichkeit der organischen Masse wurde *in vitro* nach TILLEY & TERRY (1963) bestimmt und daraus die Netto-Energielaktation berechnet. Die Bodenproben für die unterirdische Phytomassebestimmung wurden mit einem Probenbohrer (Ø 7,5 cm) entnommen. Die Probenahme erfolgte im Oktober in 5facher Wiederholung. Die Untersuchungstiefe betrug in den flachgründigen Böden 20 cm. Die unterirdische Phytomasse wurde mit Hilfe einer Wurzelwaschmaschine (SMUCKER et al. 1982) vom Boden getrennt, danach 12 Stunden bei 70° C im Trockenschrank getrocknet und anschließend gewogen.

Die morphologischen Wurzeluntersuchungen im Gelände erfolgten in Anlehnung an KUTSCHERA & LICHTENEGGER (1982). Für die anatomischen Wurzeluntersuchungen wurden Hand-schnitte von den jeweils dicksten Sprosswurzeln angefertigt. Die Wurzeln dazu wurden von frisch gesammeltem unfixiertem oder kurz aufgekochtem Herbarmaterial entnommen. Der Holznachweis erfolgte mit Phloroglucin und Salzsäure, der Suberin- und Cutinierungsnachweis mit Sudan 3. Der Nachweis von Vesikulär-Arbuskulärer Mycorrhiza (VAM) erfolgte nach der Methode von VIERHEILIG et al. (1998).

In den Tabellen sind – zusätzlich zum *Mesobrometum erecti* – aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit häufig auch noch andere wichtige Pflanzengesellschaften des Untersuchungsgebietes angeführt; eine detaillierte Interpretation folgt nach Abschluss der Geländearbeiten in einer späteren Publikation.

Durch die Angabe des Variabilitätskoeffizienten (* = > 30 %; ohne * = < 30 %) soll die zum Teil beträchtliche natürliche Variabilität einzelner Messwerte und Kenngrößen hervorgehoben werden.

4. Standortsbedingungen der Trespen-Halbtrockenrasen

Die Trespen-Halbtrockenrasen wurden im Untersuchungsgebiet zwischen 530 und 920 m Seehöhe auf südlich exponierten Hanglagen angetroffen. Sie weisen eine relativ enge Bindung an bestimmte Bodentypen auf; es sind dies ausschließlich Pararendsinen, Kalklehmrendsinen und vereinzelt Kalk-Braunerden. Die Böden sind meist flachgründig (Tabelle 4 im Anhang) und in der Regel carbonathaltig. Die Bodenart reicht von lehmigem Sand, schluffigem Sand, lehmigem Schluff, sandigem Lehm, schluffigem Lehm bis zu Lehm. Die tonärmeren A-Horizonte weisen ein krümeliges und die tonreicheren ein körniges Gefüge auf. Die Humusform ist überwiegend Mull. Die Trespen-Halbtrockenrasen besiedeln im Untersuchungsgebiet halbtrockene und halbtrocken-wechselfeucht veranlagte Standorte.

Tab. 5: Bodenkennwerte (0–10 cm Bodentiefe) ausgewählter Pflanzengesellschaften des Wirtschaftsgrünlandes

	n	CaCl ₂ pH	µS/cm eL	% C _{org}	% N _{tot}	C _{org} /N _{tot}	mg/100 g				mg/100 g		mval/100g KAK _{eff}
							CAL P ₂ O ₅	H ₂ O P ₂ O ₅	CAL K ₂ O	CaCl ₂ Mg			
Mesobrometum erecti	22	6,9	181	5,8	0,6	10,5	3	0,5*	13*	14*	32,7*		
<i>Festuco commutatae-Cynosuretum cristati</i>	13	5,5	97*	4,4	0,5	9,4	5*	0,5*	9*	10*	10,9*		
<i>Iridetum sibiricae</i>	27	6,0	209*	9,7*	0,8*	11,8	4	0,3*	14*	32*	33,9*		
<i>Agrostis capillaris-Festuca rubra agg.-Ges.</i>	9	4,8	88	6,5	0,6	10,5	5*	0,6*	11	9*	7,9*		
<i>Geranio sylvatici-Trisetum flavescens</i>	46	6,0	147*	7,9*	0,8*	9,8	9*	1,7*	12*	25*	38,8*		
<i>Cirsium oleraceum-Persicaria bistorta-Ges.</i>	19	5,8	164*	9,8*	1,1*	10,6	6*	1,2*	11*	28*	32,6*		
<i>Alchemillo monticolae-Arrhenatheretum elatioris</i>	44	6,5	190	6,7*	1,0*	9,5	8*	1,5*	11*	26*	28,9*		
<i>Cardaminopsido halleri-Trisetum flavescens</i>	30	5,2	119*	5,7	0,7	10,1	9*	2,2*	12*	17	11,3		
<i>Trifolium repens-Poa trivialis-Ges.</i>	51	6,0	150*	6,5*	0,7	9,3	10*	1,0*	17*	28*	30,0*		
<i>Alchemillo monticolae-Cynosuretum cristati</i>	23	6,0	156*	5,5*	0,6*	9,0	13*	1,8*	19*	19	24,1*		
Feldfutterbestände	13	6,3	-	3,3	0,3	-	8*	1,4*	6*	20*	17,5*		
<i>Caricetum gracilis</i>	10	6,2	197*	11,4*	1,0*	12,2	7*	0,7*	8*	37*	38,1*		

n = Anzahl der Bodenanalysen, eL = elektrische Leitfähigkeit, KAK_{eff} = effektive Kationenaustauschkapazität (BaCl₂-Extrakt), * = Variabilitätskoeffizient > 30 %; Stand: November 2001

Die bodenchemischen Kennwerte sind den Tabellen 5–7 zu entnehmen. Die Böden der Trespen-Halbtrockenrasen befinden sich in der Regel im Carbonat-Pufferbereich (pH CaCl₂: > 6.2). Die elektrische Leitfähigkeit ist wegen der hohen Ca- und Bicarbonat-Konzentration in der Bodenlösung im allgemeinen relativ hoch. Das C/N-Verhältnis ist ein Maß für die Humusqualität. Mit abnehmender natürlicher Standortbonität und verminderter Nutzungsintensität erweitert sich im allgemeinen das C/N-Verhältnis, wodurch die Humusqualität sinkt. Dementsprechend ist das C/N-Verhältnis in den Böden der Trespen-Halbtrockenrasen im Durchschnitt etwas höher (ungünstiger) als in den Böden des regelmäßig

Tab. 6: Bodenkennwerte (0–10 cm Bodentiefe) ausgewählter Pflanzengesellschaften des Wirtschaftsgrünlandes

	n	% (BaCl ₂ -Extrakt)				
		Ca	Mg	K	Na	Σ
Mesobrometum erecti	22	93,94	5,12*	0,66*	0,28*	100
Festuco commutatae-Cynosuretum cristati	13	85,70	11,28*	2,19*	0,81*	100
Iridetum sibiricae	28	83,50	15,20*	0,94*	0,34*	100
Agrostis capillaris-Festuca rubra agg.-Ges.	9	81,41	13,31*	4,43*	0,84*	100
Geranio sylvatici-Trisetetum flavescens	45	88,27	10,64*	0,86*	0,22*	100
Cirsium oleraceum-Persicaria bistorta-Ges.	19	74,46*	23,48*	1,06*	0,99*	100
Alchemillo monticolae-Arrhenatheretum elatioris	44	86,11	12,66*	0,84*	0,37*	100
Cardaminopsido halleri-Trisetetum flavescens	30	82,68	15,14	1,60*	0,56*	100
Trifolium repens-Poa trivialis-Ges.	52	85,78	12,36*	1,47*	0,36*	100
Alchemillo monticolae-Cynosuretum cristati	23	86,90	10,41*	2,23*	0,35*	100
Feldfutterbestände	13	85,20	13,60*	0,78*	0,40*	100
Caricetum gracilis	10	84,39	14,86*	0,39*	0,33*	100

n = Anzahl der Bodenanalysen; * = Variabilitätskoeffizient > 30 %; Stand: November 2001

Tab. 7: Bodenkennwerte (0–10 cm Bodentiefe) ausgewählter Pflanzengesellschaften des Wirtschaftsgrünlandes

	n	mg/kg (EDTA-Extrakt)				mg/kg B
		Fe	Mn	Cu	Zn	
Mesobrometum erecti	22	311*	221*	5*	9*	1,5*
Festuco commutatae-Cynosuretum cristati	13	688	455*	9*	8*	0,7*
Iridetum sibiricae	27	1214*	494*	22*	15*	1,6*
Agrostis capillaris-Festuca rubra agg.-Ges.	9	948*	396	8*	13*	0,5*
Geranio sylvatici-Trisetetum flavescens	46	850*	637*	9*	19*	1,0*
Cirsium oleraceum-Persicaria bistorta-Ges.	19	1732*	431*	19*	17*	0,8*
Alchemillo monticolae-Arrhenatheretum elatioris	44	699*	616*	13*	17*	1,1*
Cardaminopsido halleri-Trisetetum flavescens	30	947*	519*	10*	17*	0,3*
Trifolium repens-Poa trivialis-Ges.	51	819*	521*	12*	17*	1,4*
Alchemillo monticolae-Cynosuretum cristati	23	1062*	558*	14*	12*	1,6*
Feldfutterbestände	13	435*	362*	13*	10*	0,8*
Caricetum gracilis	10	1098*	275*	24*	17*	1,0*

n = Anzahl der Bodenanalysen; * = Variabilitätskoeffizient > 30 %; Stand: November 2001

gedüngten Wirtschaftsgrünlandes. Der Gehalt an lactat- und wasserlöslichem P₂O₅ ist in den Böden der Trespen-Halbtrockenrasen im allgemeinen sehr niedrig. Die fehlende Düngung, der relativ hohe pH-Wert sowie die hohe Ca-Sättigung und Ca-Aktivität in der Bodenlösung sind hauptverantwortlich für die geringe Wasserlöslichkeit der Phosphate und den niedrigen Gehalt an lactatlöslichem P₂O₅. Mit lactatlöslichem K₂O und CaCl₂-extrahierbarem Mg sind die Böden der Trespen-Halbtrockenrasen im Durchschnitt ausreichend versorgt. Grünlandböden weisen im Oberboden wegen des meist hohen Humusgehaltes in der

Regel eine große pH-abhängige Oberflächenladung auf. Deswegen ist die effektive Kationenaustauschkapazität in den Carbonat-gepufferten Böden der Trespen-Halbtrockenrasen im Durchschnitt ziemlich hoch. Die effektive Kationenaustauschkapazität ist Ausdruck für die Speicher- und Nachlieferungskapazität des Bodens für kationische Nährstoffe. Auch die Ca-Sättigung weist sehr hohe Werte auf; sehr häufig sind die Böden der Trespen-Halbtrockenrasen mit Ca²⁺ übersättigt (Ca % > 90 %). Eine Ca-Übersättigung der Böden ist ungünstig, weil der absolute und relative Ca-Überschuss im Boden eine starke individuelle Stoffdiskriminierung bei der Stoffaufnahme der Pflanzen bewirkt (Ionenantagonismus). Mit EDTA-extrahierbarem Fe, Mn, Cu und Zn sind die Böden der Trespen-Halbtrockenrasen meist ausreichend versorgt. Der acetatlösliche B-Gehalt ist in erster Linie wegen der pH-bedingten relativ hohen B-Adsorption im Durchschnitt ziemlich hoch.

Mit dem unterschiedlichen Tongehalt der Böden sind ein differenzierter Wärme-, Wasser- und Nährstoffhaushalt des Standortes und somit auch zwei Subassoziationen der Phytocoenose verbunden (Tabelle 4 im Anhang, 8–10). Die tonärmeren Pararendsinen und Kalk-Braunerden (*Mesobrometum erecti*, Typische Subassoziation) weisen im Durchschnitt einen niedrigeren Humus- und N-Gehalt sowie ein engeres C/N-Verhältnis als die tonreicheren Kalklehm-Rendsinen (*Mesobrometum erecti*, Subassoziation von *Colchicum autumnale*).

Tab. 8: Bodenkennwerte (0–10 cm Bodentiefe) von Trespen-Halbtrockenrasen

	n	CaCl ₂ pH	µS/cm eL	%	%	%	mg/100 g			mg/100 g	
							CAL P ₂ O ₅	H ₂ O P ₂ O ₅	CAL K ₂ O	CaCl ₂ Mg	mval/100g KAK _{eff}
Mesobrometum erecti											
Typische Subassoziation	5	6,7	155	4,7	0,49*	9,8	3	0,3	4*	24*	23,2*
SASS von <i>Colchicum autumnale</i>	17	6,9	188	6,0	0,60	10,7	3	0,5*	15*	10	35,5

SASS = Subassoziation, n = Anzahl der Bodenanalysen, eL = elektrische Leitfähigkeit, KAK_{eff} = effektive Kationenaustauschkapazität (BaCl₂-Extrakt), * = Variabilitätskoeffizient > 30 %; Stand: November 2001

Tab. 9: Bodenkennwerte (0–10 cm Bodentiefe) von Trespen-Halbtrockenrasen

	n	% (BaCl ₂ -Extrakt)				mg/kg (EDTA-Extrakt)				mg/kg		%				
		Ca	Mg	K	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B	S	Z	T			
Mesobrometum erecti																
Typische Subassoziation	5	91,4	8,1*	0,3*	0,2*	518*	429	5*	10*	1,1*	46	46	8			
SASS von <i>Colchicum autumnale</i>	17	94,7	4,2*	0,8*	0,3*	250*	159*	5*	9	1,7	18*	52	30			

SASS = Subassoziation, n = Anzahl der Bodenanalysen, S = Sand, Z = Schluff, T = Ton, * = Variabilitätskoeffizient > 30 %; Stand: November 2001

Tab. 10: Boden-Wassergehalt von Trespen-Halbtrockenrasen in Abhängigkeit von der Korngröße des Feinbodens und vom Humusgehalt

	Nummer d. Aufnahme	%			%	Aktueller Wassergehalt Gewichts %	Wassergehalt FG Gewichts %
		S	Z	T			
Mesobrometum erecti							
Typische Subassoziation	1	43	48	9	5,7	70	
SASS von <i>Colchicum autumnale</i>	19	16	62	22	6,9	88	

SASS = Subassoziation, S = Sand; Z = Schluff; T = Ton; Wassergehalt FG = Wassergehalt an der Fließgrenze (Saugspannung = 0)

nale) auf. Tonreichere Böden sind auf Grund der intensiveren Ton-Humus-Koppelung (schützt den Humus vor mikrobiellem Abbau) und wegen der ungünstigeren bodenphysikalischen Eigenschaften (kühler, feuchter, schlechter durchlüftet, dadurch biologisch träger) im allgemeinen humus- und N-reicher, und sie weisen ein weiteres C/N-Verhältnis als tonärmere Böden bei sonst gleichen Umweltbedingungen auf. Mit einem höheren Ton- und Humusgehalt ist in der Regel auch eine größere effektive Kationenaustauschkapazität, ein höherer Gehalt an lactatlöslichem K₂O, ein höherer B-Gehalt, ein höherer Wassergehalt und eine höhere Wasserspeicherkapazität der Böden verbunden (Tabelle 8–10). Im hohen Saug-

spannungsbereich ist außerdem die Wasserleitfähigkeit in tonreichen Böden größer als in sandigen Böden; die Pflanzen entziehen daher bei gleichem Energieaufwand den tonreichen Böden in Trockenperioden relativ mehr Wasser (spezifische Wasserkapazität im Sinne von F. SOLAR). Außerdem steigt bei gleicher Saugspannung im Boden der volumetrische Wassergehalt mit dem Tongehalt an (MARSCHNER 1998); mit zunehmender Bodenaustrocknung sind daher tonreiche Böden hinsichtlich Nährstoffverfügbarkeit günstiger zu beurteilen als vergleichbare sandige Böden. Tonreiche Böden sind infolge höherer Wasserspeicherkapazität auch vergleichsweise kühler, feuchter und schlechter durchlüftet. Sie neigen wegen des niedrigen Grobporen-Anteils und wegen der im gequollenen Zustand geringen Wasserleitfähigkeit vor allem in niederschlagsreichen, kühlen Gebieten zur Wechselfeuchtigkeit. Diese Wechselfeuchtveranlagung wird bei den Böden der untersuchten Trespen-Halbtrockenrasen nicht immer am Bodentyp ersichtlich. Nur vereinzelt sind die Kalklehm-Rendsinen schwach pseudovergleyt (Tabelle 4 im Anhang). Auf Grund der südexponierten Hanglage ist die Dauer und Intensität der Nassphase deutlich reduziert; Stauässe tritt daher nur kurzfristig auf. Dennoch kommen auf den tonreicheren Kalklehm-Rendsinen verstärkt Wechselfeuchtigkeitszeiger vor. Vereinzelt treten auch Waldpflanzen wie beispielsweise *Carex sylvatica* oder *Primula elatior* auf; sie zeigen einen edaphisch bedingten kühleren, feuchteren Standort an (Tabelle 4 im Anhang).

5. Pflanzensoziologische Gliederung der Trespen-Halbtrockenrasen

Die Trespen-Halbtrockenrasen werden im Untersuchungsgebiet regelmäßig ein- bis zweimal pro Jahr gemäht oder extensiv mit Rindern beweidet und nicht gedüngt.

Die untersuchten Pflanzenbestände sind dem Verband *Mesobromion erecti* zuzuordnen. Nach MUCINA et al. (1993) gehören sie zum *Onobrychido viciifoliae - Brometum* Th. Müller 1966. Da allerdings *Onobrychis viciifolia* in den Trespen-Halbtrockenrasen des Untersuchungsgebietes (und auch in anderen Regionen Österreichs, PILS 1994) nicht vorkommt, wurde stattdessen – wie bei OBERDORFER (1978) – die Bezeichnung *Mesobrometum erecti* Koch 1926 gewählt.

Die untersuchten Pflanzenbestände werden physiognomisch meist von *Bromus erectus* dominiert (Tabelle 4 im Anhang). Neben *Bromus erectus* verzeichnen auch noch *Leontodon hispidus*, *Plantago media*, *Ranunculus bulbosus*, *Carex montana* und *Rhytidium rugosum* mitunter eine relativ hohe Artmächtigkeit. Folgende Arten erreichen eine sehr hohe Stetigkeit: *Bromus erectus*, *Medicago falcata*, *Carex caryophyllea*, *Lotus corniculatus*, *Briza media*, *Avenula pubescens* ssp. *pubescens*, *Knautia arvensis* ssp. *arvensis*, *Leucanthemum vulgare* agg., *Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata* und *Plantago lanceolata*.

Die Trespen-Halbtrockenrasen des Untersuchungsgebietes können in zwei edaphisch bedingte Subassoziationen gegliedert werden (Tabelle 4 im Anhang). Die **Subassoziation von *Colchicum autumnale*** besiedelt tonreichere Kalklehm-Rendsinen. Die wichtigsten Differentialarten sind *Colchicum autumnale*, *Carex flacca*, *Betonica officinalis*, *Ononis spinosa* ssp. *austriaca* und *Carex tomentosa*. Nur auf besonders flachgründigen Böden in steiler Hanglage (Aufnahme 22), bei fehlender Nutzung (Aufnahme 15, 16) bzw. bei einem niedrigeren Tongehalt im Boden (Aufnahme 15, 16, 19) können diese Differentialarten auch weitgehend fehlen. Die Standorte sind halbtrocken-wechselfeucht veranlagt. Bei höherer Bodenfeuchte, vor allem aber auf tiefgründigeren Braunlehmen wird diese Phytocoenose im Untersuchungsgebiet sehr häufig von der Narzissenwiese (BOHNER et al. i. Vorber.) ersetzt. *Colchicum autumnale* bevorzugt im Untersuchungsgebiet wechselfeucht veranlagte, basen- und tonreichere Böden. Die Herbstzeitlose reagiert äußerst empfindlich auf Frührschnitt und intensive Beweidung. Sie ist eine Zeigerpflanze für extensive Nutzung, basen- und tonreichere, zur Wechselfeuchtigkeit neigende Böden und somit eine ideale Differentialart für die untersuchten Bestände. Die **Typische Subassoziation** ist auf tonärmere Pararendsinen und Kalk-Braunerden beschränkt. Die Standorte sind auf Grund der Südhanglage, der leichten Bodenart und wegen des meist flachgründigen Bodens halbtrocken. Wechselfeuchtigkeitszeiger fehlen oder kommen nur vereinzelt auf tiefgründiger Kalk-Braunerde

oder in Waldrandlage vor. Die Aufnahmen 15, 16 und 19 weisen den niedrigsten Tongehalt innerhalb der Subassoziation von *Colchicum autumnale* auf und bilden einen gleitenden Übergang zwischen beiden Subassoziationen.

Trespen-Halbtrockenrasen in Waldrandlage weisen auf Grund der kürzeren direkten Sonneneinstrahlung ein kühleres und ausgeglicheneres Bestandesklima als Trespen-Halbtrockenrasen ohne Waldrandeinfluss auf. Die Böden trocknen deswegen nicht so stark aus. Dies begünstigt Wechselfeuchtigkeitszeiger wie beispielsweise *Molinia caerulea*, *Carex panicea*, *Festuca arundinacea*, *Carex flacca* oder *Ononis spinosa* ssp. *austriaca*. Mit der Bezeichnung Variante von *Molinia caerulea* soll diese floristisch-ökologische Besonderheit der Waldrandlage hervorgehoben werden (Tabelle 4, Aufnahme 5, 6).

Die Variante von *Festuca rupicola* kennzeichnet besonders wärmebegünstigte Standorte; einzige Differentialart ist *Festuca rupicola* (Tabelle 4, Aufnahme 14–22).

Auf tiefgründigen Kalk-Braunerden ist die Variante von *Agrostis capillaris* ausgebildet (Tabelle 4, Aufnahme 3, 4); sie zeigt eine leichte Oberbodenversauerung an. Die wichtigsten Differentialarten sind *Agrostis capillaris*, *Potentilla erecta*, *Hypericum maculatum*, *Stellaria graminea*, *Danthonia decumbens* ssp. *decumbens*, *Polygala vulgaris* ssp. *vulgaris* und *Hypochaeris radicata*.

Auf tiefgründigen Kalk-Braunerden ist die Wasser- und Nährstoffversorgung der Pflanzen besser als auf flachgründigen Pararendsinen. Den Pflanzen steht auf tiefgründigen Böden ein größeres Bodenvolumen zur Wasser- und Nährstoffaufnahme zur Verfügung; sie können bei ausgetrocknetem Oberboden Wasser und Nährstoffe aus dem feuchteren Unterboden entziehen. Aus diesem Grund sind anspruchsvollere Arten wie beispielsweise *Betonica officinalis*, *Iris sibirica*, *Astrantia major* ssp. *major* und ssp. *carinthiaca* in der Typischen Subassoziation auf tiefgründige Kalk-Braunerden beschränkt (Tabelle 4, Aufnahme 3, 4).

Auf besonders flachgründigen Böden ist die moosreiche Variante von *Globularia cordifolia* ausgebildet (Tabelle 4, Aufnahme 2). Die wichtigste Differentialart ist *Globularia cordifolia*. Vor allem *Globularia cordifolia* und *Rhytidium rugosum* profitieren von der geringeren interspezifischen Konkurrenz infolge ungünstiger Standortverhältnisse.

Die extensiv mit Rindern beweideten Trespen-Halbtrockenrasen unterscheiden sich von den regelmäßig gemähten floristisch kaum; sie wurden daher auch nicht auf Assoziations-ebene differenziert. Allerdings werden durch Beweidung vor allem Pflanzen mit oberirdischen Ausläufern (insb. *Trifolium repens*) und Rosettenpflanzen (insb. *Plantago media* und *Bellis perennis*) begünstigt. *Bromus erectus* hingegen verschwindet nur bei intensiver Beweidung aus der Pflanzengesellschaft. Mit der Bezeichnung Variante von *Plantago media* können etwas stärker beweidete und somit blütenärmere Bestände hervorgehoben werden (Tabelle 4, Aufnahme 14).

In den seit etwa drei Jahren brachgefallenen Trespen-Halbtrockenrasen (Tabelle 4, Aufnahme 15, 16) treten Arten der Saumgesellschaften sowie schattenverträgliche Waldpflanzen und Baumkeimlinge verstärkt auf. Diese relativ mahd- und weideempfindliche Artengruppe profitiert von der ausbleibenden Nutzung und vom verminderten Trockenstress infolge eines nun feuchteren und kühleren Bodens sowie ausgeglicheneren Bestandesklimas. Mit der Bezeichnung Variante von *Carex alba* soll dieser floristisch-ökologische Unterschied hervorgehoben werden. Eine floristische Verarmung durch Nutzungsaufgabe ist vor allem wegen der Einwanderung von Wald- und Saumpflanzen bisher nicht eingetreten; die Variante von *Carex alba* ist noch immer sehr artenreich. Erst wenn sich Gehölzpflanzen oder *Brachypodium pinnatum* stärker ausbreiten, sinkt die floristische Artenvielfalt deutlich ab.

Waldpflanzen wie *Helleborus niger*, *Carex alba*, *Mercurialis perennis*, *Carex digitata* und *Hepatica nobilis* zeigen an, dass sich die Trespen-Halbtrockenrasen im Untersuchungsgebiet bei Aufgabe der Bewirtschaftung allmählich zu einem Kalk-Buchenwald (*Carici albae-Fagetum*) entwickeln.

Die Trespen-Halbtrockenrasen des Untersuchungsgebietes bilden wiesenähnliche Pflanzenbestände mit einer weitgehend geschlossenen Grasnarbe. Dennoch treten vereinzelt Bestandeslücken auf; hier finden Moose und Lückenpioniere einen Lebensraum. Die wichtigsten Lückenpioniere sind die Hemiparasiten *Rhinanthus alectorolophus* ssp. *alectorolophus*

und *Rhinanthus minor*. Der Zotten-Klappertopf kommt ausschließlich auf tonreicheren Kalklehm-Rendsinen vor. Der Kleine Klappertopf hat seinen Verbreitungsschwerpunkt eindeutig auf tonärmeren Pararendsinen und Kalk-Braunerden.

In den Trespen-Halbtrockenrasen kommen – bedingt durch den nur zeitweiligen Trockenstress – auch zahlreiche Arten der Wirtschaftswiesen vor. Eine hohe Stetigkeit erreichen *Dactylis glomerata*, *Plantago lanceolata*, *Achillea millefolium* agg., *Trifolium pratense* und *Poa pratensis* agg. Auch die Kennarten der Glatthaferwiesen sind regelmäßig vertreten. Hohe Stetigkeitswerte verzeichnen *Knautia arvensis* ssp. *arvensis*, *Leucanthemum vulgare* agg., *Arrhenatherum elatius* und *Galium album*. Der Glatthafer, das Wiesen-Knaulgras und das Wiesen-Rispengras ertragen halbtrockene Standorte. Sie werden durch Düngung gefördert; in diesem Fall verwandelt sich der Trespen-Halbtrockenrasen in eine Salbei-Glatthaferwiese. *Plantago lanceolata* weist auf besonders flachgründigen Böden charakteristische morphologische Anpassungserscheinungen (Standortmodifikation) an den zeitweilig auftretenden Trockenstress auf: die Blätter sind stark behaart (Verdunstungsschutz) und die Blattbreite ist deutlich verschmälert (Reduktion der transpirierenden Oberfläche).

In den Trespen-Halbtrockenrasen des Untersuchungsgebietes kommen zahlreiche Leguminosen vor; insbesondere *Medicago falcata*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium montanum*, *Anthyllis vulneraria* ssp. *carpatica*, *Trifolium repens*, *Trifolium pratense*, *Vicia cracca*, *Lathyrus pratensis* und *Trifolium medium* verzeichnen eine relativ hohe Stetigkeit. Sie reichern den Boden ein wenig mit Stickstoff an.

In den Trespen-Halbtrockenrasen des Untersuchungsgebietes kommen auch einige dealpine Arten vor. Es sind dies vor allem *Globularia cordifolia*, *Crepis alpestris*, *Carduus defloratus* ssp. *defloratus*, *Gentiana verna* und *Phyteuma orbiculare*. Diese Arten kennzeichnen den montanen Charakter des untersuchten *Mesobrometum erecti*. Den Trespen-Halbtrockenrasen des Untersuchungsgebietes fehlen hingegen einige charakteristische thermophile Orchideen-Arten wie beispielsweise *Anacamptis pyramidalis*, *Ophrys insectifera*, *Orchis militaris* oder *Orchis ustulata*. Lediglich *Gymnadenia conopsea*, *Listera ovata* und *Orchis coriophora* kommen vereinzelt vor. Außerdem fehlen im kühl-feuchten Untersuchungsgebiet eine Reihe charakteristischer wärmebedürftiger Halbtrockenrasen-Arten wie beispielsweise *Primula veris* oder *Euphorbia cyparissias*.

Tab. 11: Floristische Artenvielfalt (Gefäßpflanzen) und Rote Liste-Arten ausgewählter Pflanzengesellschaften des Wirtschaftsgrünlandes

Pflanzengesellschaft	n	Ø	Min	Max	Anz. insg.	Rote Liste-Arten	
						Anzahl	%
Mesobrometum erecti	22	68	50	84	187	19	10,2
Festuco commutatae-Cynosuretum cristati	13	54	43	85	151	9	5,9
Iridetum sibiricae	28	50	27	62	167	30	18,0
Agrostis capillaris-Festuca rubra agg.-Ges.	15	49	40	65	120	9	7,5
Geranio sylvatici-Trisetetum flavescens	46	46	34	59	142	9	6,3
Cirsium oleraceum-Persicaria bistorta-Ges.	19	44	25	59	135	18	13,3
Alchemillo monticola-Arrhenatheretum elatioris	45	42	30	58	138	8	5,8
Cardaminopsido halleri-Trisetetum flavescens	30	41	30	55	103	8	7,6
Trifolium repens-Poa trivialis-Ges.	52	40	29	55	151	10	6,6
Alchemillo monticola-Cynosuretum cristati	24	36	25	44	101	3	3,0
Feldfutterbestände	16	36	23	48	117	5	4,3
Caricetum gracilis	12	27*	5	43	101	18	17,8
Matricario-Polygonetum arenastri	6	20	16	25	42	1	2,4

n = Zahl der Vegetationsaufnahmen; Ø = durchschnittliche Artenzahl pro Pflanzengesellschaft, Min = niedrigste Artenzahl innerhalb der Pflanzengesellschaft; Max = höchste Artenzahl innerhalb der Pflanzengesellschaft; Anz.insg. = insgesamt vorkommende Arten innerhalb der Pflanzengesellschaft; Anzahl Rote Liste-Arten = Anzahl Rote Liste-Arten mit der Gefährdungsstufe 0-4 in der Steiermark; % Rote Liste-Arten = %-Anteil Rote Liste-Arten an der Gesamtartenzahl der Pflanzengesellschaft; * = Variabilitätskoeffizient > 30 %; Stand: November 2001

Die Trespen-Halbtrockenrasen des Untersuchungsgebietes weisen eine sehr hohe floristische Artenvielfalt auf (Tabelle 11). Entscheidend dafür sind die regelmäßige ein- bis zweischürige Mahd oder extensive Beweidung und der halbtrockene, nährstoffarme Standort. Halbtrockene, nährstoffarme Standorte sind durch einen zeitweiligen Trockenstress, verbunden mit einer besonders schlechten Nährstoffverfügbarkeit charakterisiert. Die daraus resultierende gute Belichtung der tieferen Bestandesschichten infolge einer relativ geringen oberirdischen Biomasseproduktion ermöglicht die Koexistenz vieler verschiedener meso- und xerophiler, lichtbedürftiger Pflanzenarten.

6. Lebensformenspektrum

In den untersuchten Grünlandgesellschaften dominieren Hemikryptophyten (Tabelle 12). Hohe Anteile an Therophyten sind im Wirtschaftsgrünland generell ein Zeichen für lückige Pflanzenbestände, Übernutzung oder falsche Bewirtschaftung, denn Therophyten können sich nur in lückigen, frühzeitig und/oder häufig gestörten Pflanzenbeständen entwickeln. Der Therophyten-Anteil ist daher am höchsten in der häufig gestörten Trittpflan-

Tab. 12: Lebensformenspektrum ausgewählter Pflanzengesellschaften des Wirtschaftsgrünlandes

Pflanzengesellschaft	n	Th	He	Ge	Ch	Ph
Matricario-Polygonetum arenastri	6	32,5	59,8	3,4	3,4	0,9
Feldfutterbestände	16	18,2	74,2	2,6	4,9	0,2
Alchemillo monticolae-Cynosuretum cristati	24	7,8	81,5	4,8	5,1	0,7
Alchemillo monticolae-Arrhenatheretum elatioris	45	6,9	86,1	2,7	4,2	0,1
Trifolium repens-Poa trivialis-Ges.	52	6,0	85,6	3,5	4,3	0,4
Cardaminopsido halleri-Trisetetum flavescens	30	5,7	88,3	2,3	3,3	0,4
Festuco commutatae-Cynosuretum cristati	13	5,0	84,4	3,0	5,9	1,7
Mesobrometum erecti	22	4,8	82,3	4,9	6,0	2,0
Cirsium oleraceum-Persicaria bistorta-Ges.	19	4,0	84,7	6,9	4,1	0,2
Geranio sylvatici-Trisetetum flavescens	46	3,9	86,2	4,6	4,8	0,5
Agrostis capillaris-Festuca rubra agg.-Ges.	15	2,2	83,4	6,9	5,0	2,5
Iridetum sibiricae	28	2,2	78,6	14,8	2,5	1,9
Caricetum gracilis	12	1,9	83,1	9,4	4,1	1,3

n = Zahl der Vegetationsaufnahmen, Th = Therophyten, He = Hemikryptophyten, Ge = Geophyten, Ch = Chamaephyten, Ph = Phanerophyten-Sämlinge, Stand: November 2001

zengesellschaft (*Matricario-Polygonetum arenastri*), in den lückigen Feldfutterbeständen und in den relativ intensiv genutzten Kulturweiden (*Alchemillo monticolae-Cynosuretum cristati*). Auch in den Trespen-Halbtrockenrasen dominieren Hemikryptophyten. Der Therophyten-Anteil ist wegen der weitgehend geschlossenen Grasnarbe und der extensiven Nutzung relativ gering. Die häufigsten Therophyten sind *Linum catharticum*, *Medicago lupulina*, *Euphrasia officinalis* ssp. *rostkoviana*, *Rhinanthus alectorolophus* ssp. *alektorolophus* und *Rhinanthus minor*. Der Chamaephyten-Anteil ist in den Trespen-Halbtrockenrasen am höchsten. Die häufigsten Chamaephyten sind *Cerastium holosteoides*, *Dianthus carthusianorum* ssp. *carthusianorum*, *Thymus pulegioides* und *Helianthemum ovatum*.

7. Moose

Moose haben in zahlreichen Pflanzengesellschaften, so auch in den Trespen-Halbtrockenrasen, eine große ökologische Bedeutung. Dennoch werden sie vielfach bei pflanzensoziologischen und vegetationsökologischen Untersuchungen nicht berücksichtigt. Ursache für die Nichtbeachtung der Moose ist fast immer die fehlende Artkenntnis.

Moose beeinflussen den Wasserhaushalt der obersten Bodenschicht, indem sie als Isolierdecke die Evaporation vermindern; ihre Bedeutung als Wasserspeicher hingegen ist in der Regel gering. Moose sind außerdem ein wichtiges Keimbett für die Samen mancher Pflanzenarten (z.B. Bäume und Sträucher). Allerdings können sie auch das Aufkommen von Arten mit kleinen bis winzigen Keimlingen verhindern, weil diese in den dichten Polstern der Moose „ersticken“.

In den untersuchten Trespen-Halbtrockenrasen konnten insgesamt 19 Laubmoosarten festgestellt werden; Lebermoose fehlen völlig. Letztere bedürfen, von wenigen Ausnahmen abgesehen, hoher Luftfeuchtigkeit, was unter anderem auf ihren zarten Bau aus dünnwandigen, wenig stabilen Zellen, denen das Wasserspeichervermögen weitgehend fehlt, und auf das gegenüber Austrocknung sehr empfindliche Protonema zurückzuführen ist. Neben 12 zufällig in die Gesellschaft geratenen Arten sind sieben beachtenswerte Bestandteile der Bodendecke von Halbtrockenrasen. Es sind dies *Brachythecium albicans*, *B. campestre*, *Entodon concinnus*, *Homalothecium lutescens*, *Rhytidium rugosum*, *Thuidium abietinum* und *T. delicatulum* (Tabelle 4, im Anhang).

Die wesentlichen Standortsansprüche dieser Arten sind nährstoffarme, basenreiche, trockenere Böden, gepaart mit hohem Lichteinfall (siehe auch LANDOLT 1977). Die angeführten Moose ertragen halbtrockene Standorte, weil sie die Fähigkeit besitzen, Wasser über ihre Blätter aufzunehmen. Daher genügt Tau- und Nebelbildung für eine ausreichende Wasserversorgung. Die enge Verflechtung von Stängeln und Blättern in den Polstern bewirkt außerdem eine langanhaltende Wasserspeicherung. DÜLL (1990) bezeichnet *Entodon concinnus*, *Rhytidium rugosum* und *Thuidium abietinum* als „Apermoose“, denn sie ertragen auf Grund ihrer hohen Lichtbedürftigkeit nur kurzzeitige Schneebedeckung. Sie und eine ganze Reihe weiterer Arten sonniger, trockener Standorte werden vielfach als wärmeliebend eingestuft. Es ist jedoch vorwiegend der hohe Lichtbedarf, der sie an trocken-warme Standorte bindet. Dies beweist die Tatsache, dass zum Beispiel in den Alpen an windgefehten Stellen (Windkanten, aus dem Untergrund ragende übererdete Felsblöcke oder Felstrepfen) *Thuidium abietinum* bis 3020 m, *Rhytidium rugosum* bis 3025 m, *Thuidium delicatulum* bis 2600 m und *Homalothecium lutescens* bis 1600 m Seehöhe nachgewiesen worden sind (GRIMS et al. 1999).

Bei den angeführten sieben Moosarten handelt es sich um pleurokarpe Formen, deren Bau gut an den halbtrockenen Standort angepasst ist. Die Stängel stehen aufrecht, sie sind durch die niedrige Bestattung dicht verwoben und bilden die Basis eines eigenen, luftfeuchten Kleinklimas. Die Blattzellen sind dickwandig und zu einem kompakten, engen Netzwerk verbunden, sodass die Pflanzen bei fallweiser völliger Austrocknung dennoch ihre volle Gestalt bewahren.

Eurhynchium hians und *Fissidens taxifolius* können als „Erdbodenmoose“ eingestuft werden. Sie wachsen vorwiegend auf Carbonat-gepufferten kalkhaltigen Böden in verschiedenen Pflanzengesellschaften und sind nicht auf Halbtrockenrasen beschränkt.

Aus der Sicht des Naturschutzes besonders hervorzuheben ist *Brachythecium campestre*. Während *Brachythecium albicans* eine weit verbreitete Art in trockenen Rasen Mitteleuropas ist, gehört *B. campestre* zu den eher seltenen. Aus dem Steirischen Ennstal liegt bisher nur ein Nachweis vom „Gradenbachgraben bei Aich, 800 m“ vor (BREIDLER 1891). Auf Grund ihres seltenen Vorkommens in Österreich wird die Art in der Roten Liste mit 3 (gefährdet) eingestuft (GRIMS & KÖCKINGER 1999).

8. Wurzelmorphologie und -anatomie

Der Wärme-, Wasser- und Stoffhaushalt beeinflusst sehr wesentlich die Menge und räumliche Verteilung der unterirdischen Phytomasse im Boden (KUTSCHERA-MITTER 1984). Eine tiefreichende Durchwurzelung des Bodens, ein rasches Wurzellängenwachstum und eine große Wurzeloberfläche verbessern die Wasser- und Nährstoffversorgung der Pflanzen auf halbtrockenen Standorten. Ebenso von großer Bedeutung für die Trockenresistenz der Pflanzen ist die Reservestoffverlagerung in tiefergelegene Wurzeln. In den Trespen-

Halbtrockenrasen kommen daher zahlreiche tiefwurzelnde Arten wie beispielsweise *Medicago falcata* oder *Carlina acaulis* ssp. *acaulis* (KUTSCHERA & LICHTENEGGER 1992) vor. Bei den genannten Pflanzenarten ist das Polwurzelsystem besonders ausgeprägt; die Wurzeltiefe kann bis über 4 m betragen. *Bromus erectus* hingegen, die wichtigste Kennart der Trespen-Halbtrockenrasen, ist eine Sprosswurzelpflanze und erreicht Wurzeltiefen bis 90 cm (KUTSCHERA & LICHTENEGGER 1982). Auf halbtrockenen Standorten ist im allgemeinen das Wurzel-Spross-Verhältnis höher als auf vergleichbaren frischen Standorten (WERGER 1983, LICHTENEGGER 1997). In der Subassoziation von *Colchicum autumnale* wurde bei einer unterirdischen Phytomasse von 18 dt/ha ein Wurzel-Spross-Verhältnis von 0,9 festgestellt. In der Typischen Subassoziation beträgt das Wurzel-Spross-Verhältnis 1,5 bei einer unterirdischen Phytomasse von 23 dt/ha. Im tonreicheren Boden (Subassoziation von *Colchicum autumnale*) ist vermutlich auf Grund der schlechteren Bodendurchlüftung die unterirdische Phytomasse geringer und wegen der besseren Wasserversorgung der Pflanzen insbesondere während Trockenperioden das Wurzel-Spross-Verhältnis kleiner als im vergleichbaren tonärmeren Boden (Typische Subassoziation). In einer Frauenmantel-Glatthaferwiese wurde zum Vergleich ein Wurzel-Sprossverhältnis von 0,4 ermittelt. Die Pflanzen der Trespen-Halbtrockenrasen weisen somit ein relativ stärkeres Wurzelwachstum und/oder langlebigere Wurzeln als die Pflanzen vergleichbarer Frischwiesen auf.

Neben dieser physiognomischen Anpassung an die Halbtrockenheit gibt es auch noch anatomische Anpassungserscheinungen. Diese sollen an *Bromus erectus* und *Carex caryophylla*, den Arten mit der höchsten Stetigkeit in den untersuchten Trespen-Halbtrockenrasen, beispielhaft erläutert werden. Die Pflanzenwurzeln von Poaceen und Cyperaceen der Halbtrockenrasen weisen im allgemeinen einen relativ breiten Zentralzylinder, eine relativ schmale Rinde und somit ein relativ enges Verhältnis von Außengewebe (Rhizodermis und Rinde) zu Zentralzylinderradius (meist zwischen 0,7 und 2,4) auf (Abbildung 2, 3, 4). Bei Gräsern nasser Standorte kann sich dieses Verhältnis bis auf 11 erweitern. Mit der Zunahme des Durchmessers des Zentralzylinders wird auch die Zahl der Leitelemente vermehrt; dies gewährleistet eine raschere Wasseraufnahme, Reservestoffverlagerung und -speicherung. Bei

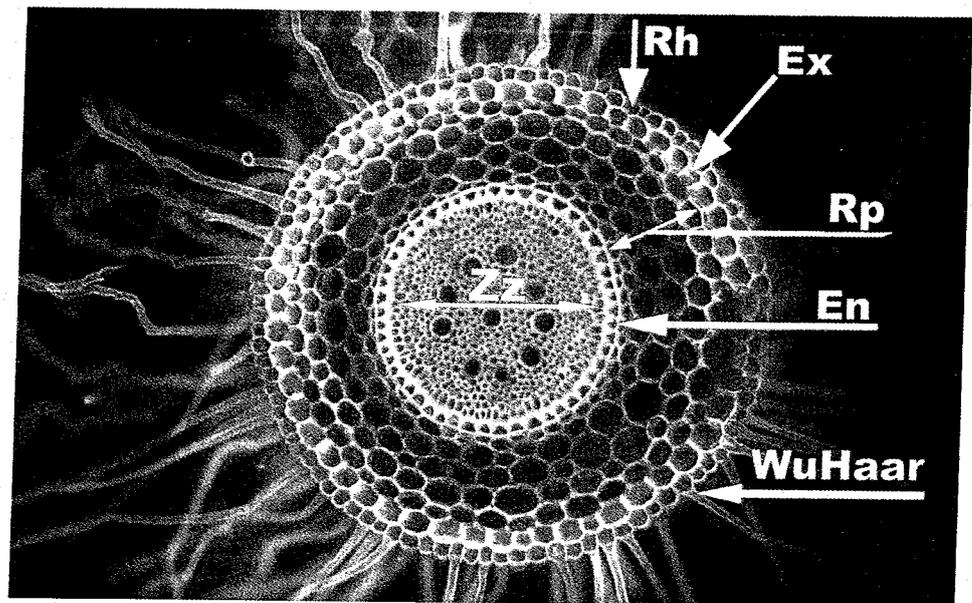


Abbildung 2: *Bromus erectus*; Wurzelquerschnitt einer 0,75 mm dicken Sprosswurzel, ungefärbt mit Autofluoreszenz bei UV Anregung, mit zahlreichen Wurzelhaaren und unregelmäßiger Anordnung der Zellen des Rindenparenchyms; Rh = Rhizodermis, Ex = Exodermis, Rp = Rindenparenchym, En = Endodermis, WuHaar = Wurzelhaare, Zz = Zentralzylinder.

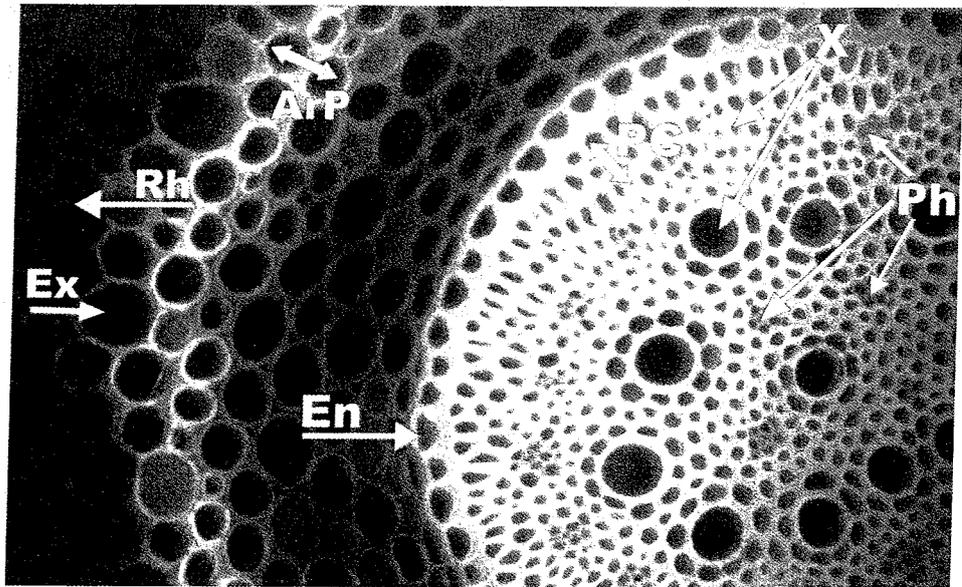


Abbildung 3: *Bromus erectus*; Wurzelquerschnitt einer 0,85 mm dicken Sprosswurzel, Färbung mit Safranin/Astrablau und Autofluoreszenz bei UV Anregung, Außenrindenparenchym verholzt, 3spitzige Interzellularen zwischen den Rindenparenchymzellen, Phloemgruppen (blaugrün) mit den zusätzlichen Phloemgruppen im Inneren des Zentralzylinders, mehrschichtiges Pericambium über den äußeren Phloemgruppen; En = Endodermis, Ex = Exodermis, Rh = Rhizodermis, ArP = Außenrindenparenchym, PC = Parenchym, X = Xylem, Ph = Phloem.

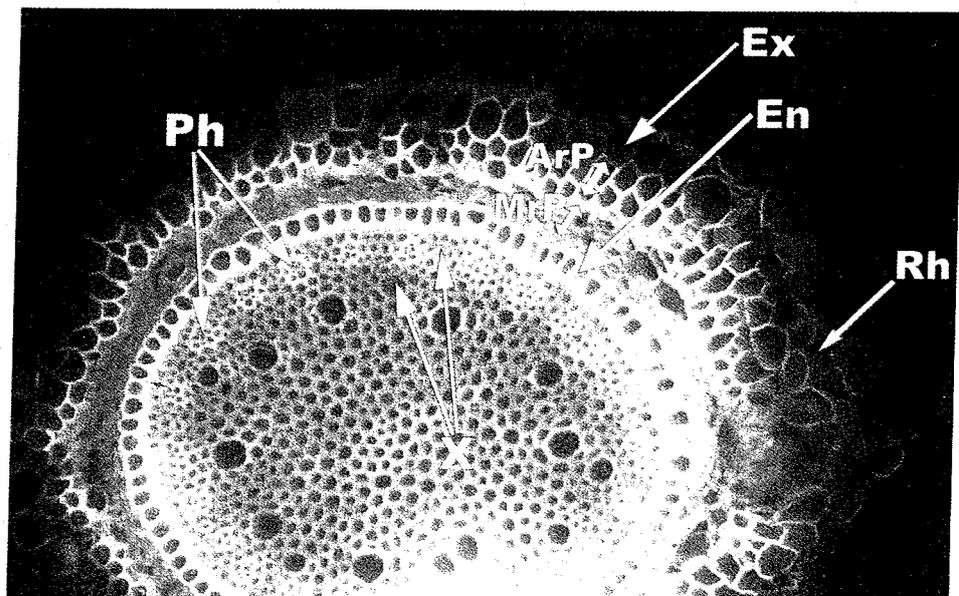


Abbildung 4: *Carex caryophyllaea*; Wurzelquerschnitt einer 0,45 mm dicken Sprosswurzel; ungefärbt mit Autofluoreszenz bei UV Anregung, Mittelrindenparenchym geschrumpft; Ex = Exodermis, En = Endodermis, Rh = Rhizodermis, X = Xylem, ArP = Außenrindenparenchym, MrP = Mittelrindenparenchym, Ph = Phloem.

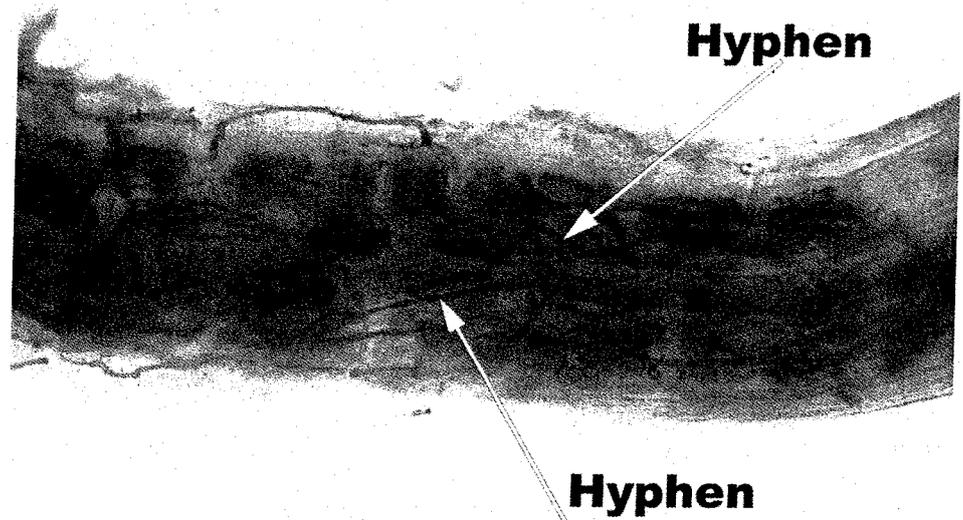


Abbildung 5: *Bromus erectus*; zahlreiche Hyphen der Vesikulär-Arbuskulären Mykorrhiza in der Wurzelrinde einer 0,18 mm dicken Wurzel.

Bromus erectus bildet die Mehrschichtigkeit des Pericambiums zusätzlich zur Endodermis einen Verdunstungsschutz (Abbildung 3). Eine weitere Besonderheit von *Bromus erectus* sind zusätzliche Phloemgruppen im Inneren des Zentralzylinders (Abbildung 3); dies dürfte eine raschere Reservestoffverlagerung in die Wurzeln begünstigen. Auch mehrere mediterrane Arten der Gattung *Bromus* weisen dieses Merkmal auf (GOLLER 1977). Die Wurzeln von *Bromus erectus* haben nur einen geringen Fäulnischutz; Rhizodermis, Wurzelhaare und Exodermis sind kaum verholzt oder cutinisiert. Auf halbtrockenen Standorten verdickt und verholzt mitunter das Außenrindenparenchym; dies bewirkt eine relativ lange Lebensdauer der Wurzeln. Auf trockenen Standorten kann auch das Innenrindenparenchym verdicken und verholzen. Außerdem tritt häufig bei *Bromus erectus* und vor allem bei *Carex caryophylllea* eine Auflösung bzw. Kollabierung der Zellen des Mittelrindenparenchyms auf (Abbildung 4); dies ist ein wesentlicher anatomischer Unterschied zu den Arten nasser Standorte. Ein weiteres Merkmal bei Poaceen und Cyperaceen der Halbtrockenrasen ist die unregelmäßige Anordnung der Rindenzellen, wodurch dreispitzige Interzellularen gebildet werden im Gegensatz zu den vierspitzigen bei Arten nasser Standorte.

Die Wurzeln von *Bromus erectus* sind in der Regel mit Vesiculärer-Arbuskulärer Mykorrhiza reichlich infiziert (Abbildung 5). Dies konnte auch bei *Dactylis glomerata* festgestellt werden. Bei *Carex caryophylllea* hingegen fehlt eine Mykorrhiza-Kolonisierung der Wurzeln weitgehend. Vereinzelt wurden allerdings Vesikel und intrazelluläre Hyphen gefunden.

9. Bedeutung für die Landwirtschaft

Für die Landwirtschaft sind Ertrag und Futterqualität entscheidend. Jede Pflanzengesellschaft besitzt ein charakteristisches Ertragspotential und eine spezifische Futterqualität. Das Ertragspotential ist primär vom Wärme-, Wasser- und Stoffhaushalt eines Standortes abhängig. Die Futterqualität wird von der floristischen Zusammensetzung des Pflanzenbestandes, vom physiologischen Alter der Pflanzen zum Zeitpunkt der Ernte, vom Bodenzustand sowie von der Art und Intensität der Düngung bestimmt und durch die Gehalte an Mineral- und Inhaltsstoffe, die Verdaulichkeit der organischen Masse und den Energiegehalt charak-

Tab. 13: Ertrag und Futterinhaltsstoffe (1. Aufwuchs) ausgewählter Pflanzengesellschaften des Wirtschaftsgrünlandes

Pflanzengesellschaft	n	dt/ha Ertrag	g/kg TM				%	MJ
			RFA	RP	RFE	RA		
Mesobrometum erecti	7	17	276	121	19	72	54	3,9
Feldfutterbestände	9	97	237	185	30	95	75	6,4
Alchemillo monticolae-Cynosuretum cristati	11	101	210	152	22	111	73	5,7
Trifolium repens-Poa trivialis-Gesellschaft	13	104	182	154	21	145	74	5,6
Alchemillo monticolae-Arrhenatheretum elatioris	25	90	267	144	26	93	70	5,8
Geranio sylvatici-Trisetetum flavescens	18	67	251	142	26	85	70	5,9
Cardaminopsido halleri-Trisetetum flavescens	23	68	264	128	24	76	66	5,5
Agrostis capillaris-Festuca rubra Ges.	10	30	278	134	18	58	60	4,8
Iridetum sibiricae	5	56	304	71	20	83	48	3,2

n = Anzahl der untersuchten Futterproben; RFA = Rohfaser; RP = Rohprotein; RFE = Rohfett; RA = Rohasche; DOM = Verdaulichkeit der organischen Masse, NEL = Energiegehalt in MJ NEL, Stand: November 2001

terisiert. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurde bei den Futterqualitätsparametern in den Tabellen 13, 14 und 18 jeweils nur der erste Aufwuchs der einzelnen Pflanzengesellschaften berücksichtigt.

Der landwirtschaftlich nutzbare Ertrag der Trespen-Halbtrockenrasen ist mit rund 17 dt/ha relativ gering (Tabelle 13). Der nährstoffarme Boden, die fehlende Düngung und die zeitweilige Trockenheit wirken ertragsbegrenzend. Das Futter der Trespen-Halbtrockenrasen weist einen sehr niedrigen Gehalt an Rohprotein, Rohfett und Rohasche auf; auch die Verdaulichkeit der organischen Masse und der Energiegehalt sind nicht sehr hoch (Tabelle 13). Der nährstoffarme Boden, die fehlende Düngung und der spätere Erntetermin sind dafür hauptverantwortlich. Auch die Gehalte an N, P, K, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, Ni, Cr und Cd sind in der oberirdischen Phytomasse im Durchschnitt relativ niedrig (Tabelle 14). Die niedrigen Mineralstoffgehalte und Ernteerträge sind ein Indikator für eine relativ geringe Nährstoffverfügbarkeit am Standort der Trespen-Halbtrockenrasen. Hinsichtlich der Mikronährstoffe ist vor allem der relativ niedrige Fe-Gehalt von Bedeutung; der carbonathaltige Boden (hoher pH-Wert, häufige Ca-Übersättigung) und der halbtrockene Standort sind dafür hauptverantwortlich. Die Subassoziation von *Colchicum autumnale* unterscheidet sich von der Typischen Subassoziation hinsichtlich Ertrag und Futterqualität nur geringfügig. Die Qualitätsparameter Rohprotein, Rohfett, Rohasche, Verdaulichkeit der organischen Masse und Energiegehalt sowie der landwirtschaftlich nutzbare Ertrag sind nahezu identisch (Tabelle 15). Die Subassoziation von *Colchicum autumnale* weist in der oberirdischen Phytomasse vor allem einen etwas höheren Gehalt an P, B, Mo, Cl und NO₃ sowie einen niedrigeren Gehalt an K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Na, Co, Cr und As als die Typische Subassoziation auf (Tabelle 16, 17). Die Unterschiede hinsichtlich Bodenzustand, floristischer Zusammensetzung des Pflanzenbestandes und physiologischem Alter der Pflanzen zum Zeitpunkt der Ernte (deutlich differenzierte Rohfasergehalte) kommen somit beim Mineralstoffgehalt stärker zum Vorschein. Das relativ weite N/P-, N/Mg- und N/Na-Verhältnis sowie das relativ enge N/Ca-Verhältnis (Tabelle 18) sind ein Hinweis dafür, dass die Pflanzen in den Trespen-Halbtrockenrasen besonders wenig P, Mg und Na und dafür relativ viel Ca aufnehmen. Insbesondere die geringe P-Verfügbarkeit im Boden dürfte ein wesentlicher limitierender Faktor für das Pflanzenwachstum in den Trespen-Halbtrockenrasen sein. Die Böden der Trespen-Halbtrockenrasen sind sehr häufig mit Ca²⁺ übersättigt (Tabelle 6). Die antagonistische Wirkung des Ca gegenüber Mg und Na dürfte hauptverantwortlich für die besonders niedrigen Mg- und Na-Gehalte im Futter der Trespen-Halbtrockenrasen sein. Der relativ hohe NUI-, PUI- und KUI-Index (Quotient aus Nettoprimärproduktion und N- bzw. P- bzw. K-Gehalt im Futter) zeigt an, dass die Pflanzen der Trespen-Halbtrockenrasen pro Gramm aufgenommenen N, P oder K relativ viel oberirdische Biomasse produzieren (Tabelle 18). Sie weisen demnach im Vergleich zu den Pflanzen des regelmäßig gedüngten Wirtschaftsgrünlandes eine höhere Effizienz der Nährstoffausnutzung auf und werden

Tab. 14: Mineralstoffgehalte in der oberirdischen Pflanzmasse ausgewählter Pflanzengesellschaften des Wirtschaftsgrünlandes (1. Aufwuchs)

Pflanzengesellschaft	n	g/kg TM							mg/kg TM						
		N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	Ni	Cr	Pb	Cd
Mesobrometum erecti	7	19,3	1,6	15,7	8,5	1,7	0,05	138*	72*	4,7	30	1,1*	0,4	0,4	0,03*
Feldfutterbestände	9	29,5	3,3	26,2	9,6	2,5	0,3*	305*	61*	7,7	32	2,5*	1,5*	0,3*	0,1*
Alchemillo monticolae-Cynosuretum cristati	8	24,3	3,5	26,2	8,3	2,3	0,2*	1365*	92*	8,7	42	3,9*	3,8*	0,3	0,2*
Trifolium repens-Poa trivialis-Gesellschaft	13	24,6	3,5	28,0	11,7*	3,6*	0,2*	2369*	140*	11,4	56	6,1*	7,6*	2,9*	0,4*
Alchemillo monticolae-Arthenatheretum elatioris	25	23,1	2,9	25,2	8,2	2,8	0,2*	528*	62	7,1	32	2,3*	1,8*	0,5*	0,1*
Geranio sylvatici-Trisetetum flavescens	18	22,7	3,0	20,0	9,6	2,9	0,2*	285*	84	7,5	34	1,7*	1,1*	0,4*	0,2*
Ceraminopsis halleri-Trisetetum flavescens	23	20,5	2,8	18,9	7,7	2,9	0,2*	434*	137*	6,9	43	2,5*	1,0*	0,4*	0,2
Agrostis capillaris-Festuca rubra Ges.	10	21,7	2,5	15,2	5,9	2,5	0,05*	239*	451	7,9	55	6,4	0,7*	0,5*	0,1*
Liridetum sibiricae	5	11,3	0,9	11,9	12,3*	3,0	0,1*	1317*	126*	5,8	44	4,4*	6,2*	1,8*	0,4*

n = Anzahl der untersuchten Futterproben; * = Variabilitätskoeffizient > 30 %; Stand: November 2001

Tab. 15: Ertrag und Futterinhaltsstoffe von Trespen-Halbtrockenrasen

	n	dt/ha	g/kg TM				%		MJ
			RFA	RP	RFE	RA	DOM	NEL	
Mesobrometum erecti		Ertrag							
Typische Subassoziation	4	17	239	110	17	66	55	4,0	
SASS von <i>Colchicum autumnale</i>	3	17	270	110	19	65	52	3,7	

SASS = Subassoziation; n = Anzahl der untersuchten Futterproben; RFA = Rohfaser; RP = Rohprotein; RFE = Rohfett; RA = Rohasche; DOM = Verdaulichkeit der organischen Masse, NEL = Energiegehalt in MJ NEL; Stand: November 2001

Tab. 16: Mineralstoffgehalte in der oberirdischen Phytomasse von Trespen-Halbtrockenrasen

Mesobrometum erecti	n	g/kg TM						mg/kg TM						
		N	P	S	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo	Cl
Typische Subassoziation	4	19,3	1,4	1,7	16,4	9,7	1,8	178	97	34	5,3	6,0*	0,6*	1,3
SASS von <i>Colchicum autumnale</i>	3	19,3	1,8	1,8	14,9	7,2	1,5	97	47	26	4,2	8,7	1,5	2,2*

SASS = Subassoziation; n = Anzahl der untersuchten Futterproben; * = Variabilitätskoeffizient > 30 %; Stand: November 2001

Tab. 17: Mineralstoffgehalte in der oberirdischen Phytomasse von Trespen-Halbtrockenrasen

Mesobrometum erecti	n	mg/kg TM									
		Ni	Na	Co	Cr	Se	NO ₃	As	Cd	Pb	
Typische Subassoziation	4	1,5*	53	0,16	0,5	0,03	164	0,05*	0,04*	0,34	
SASS von <i>Colchicum autumnale</i>	3	0,6	41	0,11	0,3*	0,02*	172	0,02	0,02	0,36	

SASS = Subassoziation; n = Anzahl der untersuchten Futterproben; * = Variabilitätskoeffizient > 30 %; Stand: November 2001

Tab. 18: Mineralstoffrelationen und „utility indices“ (UI) in der oberirdischen Phytomasse ausgewählter Pflanzengesellschaften des Wirtschaftsgrünlandes (1. Aufwuchs)

Pflanzengesellschaft	n	N/P	N/K	N/Ca	N/Mg	N/Na	NUI	PUI	KUI
Mesobrometum erecti	7	12,5	1,2	2,4	12,0	437,6	52	679	65
Feldfutterbestände	9	9,3	1,2	3,1	12,5	143,9	35	320	39
Alchemillo monticolae-Cynosuretum cristati	11	7,2	1,0	2,9	10,3	135,4	42	303	43
Trifolium repens-Poa trivialis-Gesellschaft	13	7,1	0,9	2,3	8,0	143,1	41	288	36
Alchemillo monticolae-Arrhenatheretum elatioris	25	8,1	0,9	2,9	8,7	130,4	44	360	41
Geranio sylvatici-Trisetetum flavescens	16	7,6	1,2	2,4	8,3	147,3	45	342	52
Cardaminopsido halleri-Trisetetum flavescens	23	7,4	1,1	2,8	7,3	152,9	49	365	56
Agrostis capillaris- Festuca rubra Ges.	10	8,8	1,5	3,9	8,9	441,2	47	407	69
Iridetum sibiricae	5	12,6	1,0	1,1	4,0	130,6	88	1137	87

n = Anzahl der untersuchten Futterproben; NUI = NPP/N; PUI = NPP/P; KUI = NPP/K; NPP = Nettoprimärproduktion; Stand: November 2001

dabei nur von Streuwiesenpflanzen (*Iridetum sibiricae*) übertroffen. Die besonders hohe Nährstoffeffizienz der Streuwiesenpflanzen dürfte mit ihrer ausgeprägten pflanzeninternen Nährstoffverlagerung zusammenhängen. Eine hohe Effizienz der Nährstoffausnützung ist eine wichtige Anpassung der Magerwiesenpflanzen an den Nährstoffstress (CHAPIN 1980).

Die Trespen-Halbtrockenrasen sind dem regelmäßig gedüngten Wirtschaftsgrünland hinsichtlich Ertrag und Futterqualitätsparameter deutlich unterlegen. Die Futterraufnahme der Milchkühe ist allerdings nicht schlechter (STEINWIDDER 1999), obwohl in den untersuchten Trespen-Halbtrockenrasen vereinzelt Giftpflanzen und Pflanzenarten mit geringem Futterwert vorkommen (z.B. *Colchicum autumnale*, *Gentianaella aspera*, *Gentianopsis ciliata*, *Gentiana cruciata*, *Rhinanthus alectorolophus* ssp. *alektorolophus*, *Rhinanthus minor*, *Allium carinatum*, *Hypericum perforatum*, *Vincetoxicum hirundinaria*, *Carlina acaulis* ssp. *acaulis*, *Ononis spinosa* ssp. *austriaca*). Die gute Futterraufnahme der Milchkühe dürfte mit der besseren Schmackhaftigkeit des Arten- und vor allem Kräuter-reichen Futters zusammenhängen. Nach MOTT 1955 bevorzugen Weidetiere ein möglichst abwechslungsreiches Futter; am beliebtesten sind trockene Weidelgrasweiden und Kalk-Halbtrockenrasen. Auch BRIEMLE et al. (1991) und JILG & BRIEMLE (1993) weisen darauf hin, dass die tägliche Futterraufnahme von besonders artenreichem Extensivgrünland (z.B. *Mesobrometum*) ähnliche Werte wie jene vom Wirtschaftsgrünland aufweist; allerdings fallen die tierischen Zuwachsleistungen auf Grund der geringeren Energiedichte niedriger aus. BRIEMLE et al. (1991) berichten außerdem über eine hohe Nutzungselastizität der artenreichen Trespen-Halbtrockenrasen; sie können 4-6 Wochen später geschnitten werden, ohne dass der Aufwuchs überständig wird.

10. Naturschutz

10.1. Floristische Artenvielfalt und Rote Liste-Arten

Für den Naturschutz ist die floristische Artenvielfalt von großer Bedeutung. Die floristische Artenvielfalt (α -Diversität oder Artenzahl pro Flächeneinheit) ist generell abhängig von der Intensität an Stress und Störung am Standort, von der Standortsheterogenität (Nischenvielfalt) und vom Ausmaß der interspezifischen Konkurrenz. In der Regel bewirkt eine frühzeitige und häufige Störung der Vegetation eine Verminderung der floristischen Artenvielfalt; daher besteht zwischen der Nutzungsintensität und der floristischen Artenvielfalt ein deutlicher Zusammenhang (vgl. Tabelle 11). Die Trespen-Halbtrockenrasen zählen im Untersuchungsgebiet hinsichtlich Gefäßpflanzen zu den artenreichsten Pflanzengesellschaften; im Durchschnitt kommen 68 verschiedene Gefäßpflanzen vor. Auch die eher extensiv genutzten Rotschwengel-Weißklee-Weiden (*Festuco commutatae-Cynosuretum cristati*), Iris-Wiesen (*Iridetum sibiricae*) und Rotschwengel-Straußgras-Wiesen (*Agrostis capillaris-Festuca rubra* agg.-Gesellschaft) weisen eine hohe α -Diversität auf. Floristisch deutlich artenärmer sind im Vergleich dazu vor allem die relativ intensiv genutzten Kulturweiden

(*Alchemillo monticolae-Cynosuretum cristati*), die Feldfutterbestände und die Trittpflanzengesellschaft (*Matricario-Polygonetum arenastri*). Von Natur aus relativ artenarm ist das Schlankseggen-Ried (*Caricetum gracilis*). Bei dieser Nasswiesengesellschaft sind die extremen Standortverhältnisse (insbesondere der nassebedingte Sauerstoffmangel im Boden) hauptverantwortlich für die relativ niedrige floristische Artenvielfalt.

Neben der α -Diversität ist auch das Vorkommen seltener bzw. gefährdeter Pflanzenarten entscheidend für den Naturschutzwert einer Pflanzengesellschaft (vgl. WILMANN 1989). In den untersuchten Trespen-Halbtrockenrasen kommen insgesamt 19 für die Steiermark geltende Rote Liste-Arten mit der Gefährdungsstufe 0–4 vor; dies entspricht 10 % der 187 angetroffenen Pflanzensippen. Rote Liste-Arten (NIKL FELD et al. 1999) sind im Untersuchungsgebiet bevorzugt in den extensiv genutzten Halbtrockenrasen, Feucht- und Nasswiesengesellschaften anzutreffen (insbesondere *Mesobrometum erecti*, *Iridetum sibiricae*, *Cirsium oleraceum-Persicaria bistorta*-Gesellschaft, *Caricetum gracilis*). In den frischen und krumenwechselfeuchten Wiesen-, Mähweide- und Weidegesellschaften des Wirtschaftsgrünlandes hingegen ist die Anzahl und der %-Anteil an Rote Liste-Arten wegen der meist höheren Nutzungsintensität deutlich niedriger. Halbtrockene, feuchte und nasse Standorte sind für eine intensive Grünlandbewirtschaftung nicht geeignet (BOHNER & SOBOTIK 2001) und daher bevorzugte Biotope für Rote Liste-Arten (vgl. KUNZMANN 1989).

10.2. Bedeutung für die Tierwelt

Anhand der Heuschreckenfauna soll die Bedeutung der Trespen-Halbtrockenrasen für die Tierwelt exemplarisch umrissen werden. Auf 18 Aufnahmepunkten wurde während einer einmaligen Kurzexkursion Mitte August 2001 das Artenspektrum mittels Verhören, Sichtbeobachtungen und Keschern erfasst. Dazu wurden die einzelnen Punkte bei sonnigem, heißem Wetter 10–15 Minuten lang schleifenförmig durchschritten und alle hierdurch erfassten Tiere bestimmt und notiert. Der kurze Bearbeitungszeitraum lässt keine vollständige Erfassung des Artenspektrums erwarten und ermöglicht nur eine grobe Einschätzung der Situation, da Arten, deren jahreszeitlicher Schwerpunkt im Frühsommer liegt, z.B. Grillen und Dornschröcken, nicht erfasst wurden.

Insgesamt wurden 15 Arten festgestellt (Tabelle 19). Es sind großteils weit verbreitete Arten des Grünlandes (*Metrioptera roeselii*, *Chrysochraon dispar*, *Chorthippus biguttulus*, *C. parallelus*), Bewohner von verbuschtem Gelände und Waldrändern (*Pholidoptera griseoaptera*, *Leptophyes bosci*) sowie Arten, deren Verbreitungsschwerpunkt in der Steiermark im Grünland des montanen bis subalpinen Bereiches liegt (*Chorthippus apricarius*, *Psophus stridulus*, *Omocestus viridulus*).

Zu den typischen Magerwiesenbewohnern, welche in den Wirtschaftswiesen fehlen, zählen *Stenobothrus lineatus* und *Decticus verrucivorus*. Weitere Besiedler von mageren Halbtrockenrasen wie die Graue Beißschrecke (*Platycleis a. grisea*), der Buntbäuchige Grashüpfer (*Omocestus rufipes*) oder die Feldgrille (*Gryllus campestris*) konnten nicht festgestellt werden, obwohl für diese Arten ältere Beobachtungen aus dem Ennstal vorliegen (FRANZ 1961). Zusätzlich sind die beiden Dornschröckenarten *Tetrix bipunctata* und *T. tenuicornis* auf den untersuchten Flächen zu erwarten. Charakteristische Bewohner von lückigen Halbtrockenrasen im montanen Bereich, wie der Verkannte Grashüpfer (*Chorthippus mollis*) und die Blauflügelige Ödlandschröcke (*Oedipoda caerulea*), konnten im kühl-feuchten Untersuchungsgebiet bisher nicht festgestellt werden. Ihr Fehlen dürfte auf die für Heuschrecken generell ungünstigere makroklimatische Situation im Ennstal (WAKONIGG 1978) zurückzuführen sein.

Drei der festgestellten Arten zählen nach den Roten Listen Österreichs (BERG et al. 2003) zu den (potentiell) gefährdeten Arten: *Decticus verrucivorus*, *Psophus stridulus* und *Chrysochraon dispar* (Tabelle 19).

Die inneralpine Lage des Ennstales und die damit verbundene makroklimatisch wenig günstige Situation für Heuschrecken lässt generell eine niedrigere Artenzahl erwarten. Auf den einzelnen Aufnahmepunkten wurden zwischen 3 und 8 Arten festgestellt (Tabelle 19).

Tab. 19: Festgestellte Heuschreckenarten im August 2001 (Nomenklatur nach HELLER et al. 1998). Bewirtschaftung: B = Brache, M = Mahd, W = extensive Beweidung; RLO = Rote Liste Österreich, 3 = gefährdet, 4 = potentiell gefährdet; LC = nicht gefährdet; NT = potentiell gefährdet

Nummer d. Aufnahme	Bewirtschaftung	RLÖ 1994	RLÖ 2003	1	2	3	4	7	8	9	10	11+	13	15	16	17	18	19	20	21	22	
				M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
	Leptophyes boscii	LC	LC																			
	Tetigonia cantans	LC	LC										*	*								
	Decticus verrucivorus	3(4)	NT							*												
	Melipotera roesei	LC	LC					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Melipotera brachyptera	LC	LC	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Pholidoptera griseoptera	LC	LC							*			*	*								
	Omocestus viridulus	LC	LC	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Psophus stridulus	4	NT										*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Chrysopa dispar	3	NT	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Stenobothrus lineatus	LC	LC	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Gomphocerippus rufus	LC	LC	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Chorthippus apricaulus	LC	LC	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Chorthippus brunneus	LC	LC	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Chorthippus biguttulus	LC	LC	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Chorthippus parallelus	LC	LC	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	n Arten gesamt			7	5	5	6	3	4	7	6	5	7	8	8	6	5	5	5	6	6	6

Die höchste Zahl fand sich auf den seit ca. drei Jahren brachgefallenen Trespen-Halbtrockenrasen mit insgesamt 9 Arten (Aufnahme 15 und 16). Geringe Artenzahlen mit 3–4 Arten wurden auf den etwas intensiver beweideten Trespen-Halbtrockenrasen festgestellt (Aufnahme 7 und 8). Es zeigten sich keine Unterschiede im Artenspektrum zwischen der Subassoziaton von *Colchicum autumnale* und der Typischen Subassoziaton.

Die Ursachen für die Zusammensetzung von Heuschreckengemeinschaften sind vielfältig, da die Biotopbindung der Heuschreckenarten von mehreren Faktoren bestimmt wird. Während Nahrungspräferenzen einzelner Arten für die Habitatwahl nur eine untergeordnete Rolle spielen (SCHÄLLER & KÖHLER 1981) und nur wenige Arten bestimmte Pflanzen als Eiablagesubstrat benötigen, ist die Vegetationsstruktur von entscheidender Bedeutung, da sie das Mikroklima beeinflusst (OSCHMANN 1973, SÄNGER 1977, SCHMIDT, RATSCH 1989). Arten, die ihre Eier in den Boden legen, sind jedoch auch von den edaphischen Verhältnissen, wie der Bodendurchlüftung und Bodenfeuchtigkeit, abhängig. Abgesehen von der naturräumlichen Lage spielen für Heuschrecken daher vor allem der Nässegrad und die Bewirtschaftungsweise von Wiesen eine große Rolle. Je extensiver sie bewirtschaftet werden, um so geeigneter sind sie als Lebensraum für Heuschrecken. Bei schonender Mahd und geringer Düngung sowie bei einem großen Strukturreichtum erhöht sich die Artenvielfalt (DETZEL 1991).

Die Artenzahl ist in den Trespen-Halbtrockenrasen meist höher als in den Wirtschaftswiesen, welche im Ennstal häufig nur 4–5 Arten beherbergen (vgl. ZECHNER 1998). Das langsamere Wachstum der Magerwiesenpflanzen wirkt sich im Frühling durch höhere Besonnung und stärkere Erwärmung des Bodens vermutlich auf die Embryonalentwicklung günstig aus (OPPERMANN et al. 1987, DETZEL 1991, WINGERDEN et al. 1992). Der raschere und höhere Biomassezuwachs auf regelmäßig gedüngten Flächen hingegen bewirkt im Frühsommer eine Verzögerung der Embryonalentwicklung durch niedrigere bodennahe Temperaturen. Heuschrecken reagieren daher nach WINGERDEN et al. (1992) sehr empfindlich auf regelmäßige Düngung, wobei sich zuerst die Zahl der Arten, bei weiterer Zunahme der Düngermengen auch die Individuendichte verringert. Daneben sind vor allem der Mährhythmus und der Mahdzeitpunkt von Bedeutung. Heuschrecken benötigen zwar eine mehr oder weniger regelmäßige Mahd. Diese sollte jedoch nicht zu oft durchgeführt werden, da ansonsten die Arten- und Individuenzahlen absinken. (BONNESS 1953, CLASSEN et al. 1993, FARTMANN & MATTES 1997, INGRISCH & KÖHLER 1998). Besonders nachteilig haben sich in den letzten Jahrzehnten vor allem die zunehmende Mechanisierung und Intensivierung der Bewirtschaftung ausgewirkt. Die häufigere, schnellere und großflächigere Mahd lässt – besonders weniger mobilen Tieren kaum noch Flucht- oder Ausweichmöglichkeiten.

Seit kurzem brachgefallene Trespen-Halbtrockenrasen (Aufnahme 15 und 16) weisen für Heuschrecken vor allem durch eine Erhöhung der Strukturvielfalt sehr gute Bedingungen auf. Beispielsweise wird *Chrysochraon dispar* begünstigt, da sie zur Eiablage auf Stängel markhaltiger, leicht verholzter Pflanzen angewiesen ist, die auf regelmäßig gemähten Flächen fehlen (SÄNGER 1977). Die zunehmende Verfilzung der Vegetation bei fortschreitender Sukzession bringt allerdings eine rasche Verschlechterung der mikroklimatischen Verhältnisse und damit eine Abnahme der Artenzahl, so dass bald straubbewohnende und wenig temperaturempfindliche Arten, vor allem *Pholidoptera griseoptera*, dominieren.

Die extensive Bewirtschaftung der Trespen-Halbtrockenrasen begünstigt neben Insekten auch andere Tiergruppen, wie Reptilien und Vögel. Während der Kartierung konnte beispielsweise die Zauneidechse *Lacerta agilis* mehrmals beobachtet werden. Verbuschte Bereiche bieten dem Neuntöter *Lanius collurio* (nach der Roten Liste Steiermark potentiell gefährdet, besonders geschützt nach Anhang I der EU-Vogelschutzrichtlinie) ideale Habitatbedingungen.

10.3. Gefährdung

Waren früher die Trespen-Halbtrockenrasen vor allem durch Aufdüngung und nachfolgende Nutzungsintensivierung (früherer und häufigerer Schnitt) gefährdet, so ist ihre Existenz mittlerweile vor allem durch das Aufgeben der traditionellen Nutzung und durch Aufforstung bedroht. Unterbleibt die regelmäßige einschürige Mahd oder extensive Beweidung, dann kommt es zu einer allmählichen „Vergrasung“, „Versaumung“ oder „Verbuschung“ sowie letztendlich zu einer „Verwaldung“ der Trespen-Halbtrockenrasen. Die floristische und faunistische Artenvielfalt, der Blühaspekt und die Biotopvielfalt werden dadurch mit der Zeit reduziert.

10.4. Schutz- und Pflegemaßnahmen

Die überaus artenreichen, farbenprächtigen Trespen-Halbtrockenrasen sind unersetzliche Lebensräume für viele seltene und geschützte Pflanzen- und Tierarten; sie erhöhen die Arten- und Biotopvielfalt einer Landschaft. Auf Grund ihrer Blütenpracht und wegen des Aspektwechsels steigern sie die Attraktivität und den Erholungswert der Kulturlandschaft. Die Trespen-Halbtrockenrasen zählen deshalb zu den besonders schützenswerten Vegetationstypen. Aus der Sicht des Natur- und Umweltschutzes müssen Trespen-Halbtrockenrasen unbedingt erhalten werden. Dazu ist eine extensive Beweidung (u.U. kombiniert mit dem gelegentlichen Entfernen aufkommender Sträucher und Bäume) oder jährlich eine Mahd möglichst nach der Orchideenblüte (BRIEMLE et al. 1991) notwendig, wobei das Mähgut unbedingt abzuführen ist. Durch die späte Mahd können die Magerwiesenpflanzen ungestört bis zur Samenreife gelangen und ausreichend Reservestoffe insbesondere in ihre unterirdischen Organe einlagern. Nach Möglichkeit sollten die Trespen-Halbtrockenrasen nicht auf einmal, sondern in deutlich versetzten Etappen geschnitten werden (HOLZNER et al. 1986). Vor allem die Tierwelt profitiert von einer späteren, etappenweisen Mahd. Wegen der relativ hohen Nutzungselastizität insbesondere der Kräuter-reichen Pflanzenbestände sind dadurch keine massiven Futterqualitätseinbußen zu erwarten. Ist eine jährliche Mahd nicht möglich, so ist zumindest alle 3–4 Jahre ein Pflegeschnitt notwendig, um die hohe floristische und faunistische Artenvielfalt zu erhalten.

Die Pflege und Erhaltung der Trespen-Halbtrockenrasen ist eine wichtige Aufgabe der Landwirtschaft; sie wird nur durch eine spätere Mahd oder extensive Beweidung gewährleistet. Die Ertrags- und Futterqualitätseinbußen, die Bewirtschaftungerschwernis, die Leistungen für den Naturschutz und die Kulturlandschaftspflege müssen selbstverständlich finanziell abgegolten werden.

Danksagung

Für die Bestimmung kritischer Pflanzenarten danken wir G. Gottschlich (*Hieracium*), Dr. F. Krendl (*Galium*), Mag. G. Schneeweiß (*Orobancha*) und Dr. A. Wörz (*Astrantia*). – Die Bodenproben wurden an der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit in Wien und die Futterproben an der BAL Gumpenstein sowie an der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit in Linz analysiert, wofür wir uns recht herzlich bedanken. – B. Marold und Ch. Poppelbaum haben in dankenswerter Weise sämtliche Abbildungen und Tabellen zusammengestellt. – Diese Untersuchungen wurden zum Teil im Rahmen des MaB-Projektes „Landschaft und Landwirtschaft im Wandel. Das Grünland im Berggebiet Österreichs“ durchgeführt.

Literatur

- ADLER, W., OSWALD, K., FISCHER, R. (1994): Exkursionsflora von Österreich. – Ulmer Verlag: 1180 S.
- BASSLER, G., LICHTENECKER, A., KARRER, G. (2000): Gliederung der extensiven Grünlandtypen im Transekt von Oppenberg bis Tauplitz. – MaB-Forschungsbericht „Landschaft und Landwirtschaft im Wandel“, Akademie der Wissenschaften. BAL Gumpenstein: 51–96.
- BERG, H.M., BIERINGER, G., ZECHNER, L. (2003): Rote Liste der Heuschrecken (Orthoptera)

- Österreichs – Checkliste, Gefährdungsanalysen, Handlungsbedarf (im Druck).
- BOHNER, A., SOBOTIK, M. (2000a): Der Landschaftsraum und seine Rahmenbedingungen für die Grünlandbewirtschaftung im Mittleren Steirischen Ennstal. – MaB-Forschungsbericht „Landschaft und Landwirtschaft im Wandel“, Akademie der Wissenschaften. BAL Gumpenstein: 5-14.
- , – (2000b): Das Wirtschaftsgrünland im Mittleren Steirischen Ennstal aus vegetationsökologischer Sicht. – MaB-Forschungsbericht „Landschaft und Landwirtschaft im Wandel“, Akademie der Wissenschaften. BAL Gumpenstein: 15-50.
- , – (2001): Vegetationstypen, Böden und Ertragspotential des Wirtschaftsgrünlandes im Mittleren Steirischen Ennstal und Steirischen Salzkammergut und Konsequenzen für die Bewirtschaftung. – 45. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften. BAL Gumpenstein: 9-21.
- , –, ZECHNER, L. (2001): Die Iris-Wiesen (*Iridetum sibiricae* Philippi 1960) im Mittleren Steirischen Ennstal (Steiermark, Österreich) – Ökologie, Soziologie und Naturschutz. – *Tuexenia* 21:133-151.
- , GRIMS, F., SOBOTIK, M. (i. Vorber.): Die Narzissenwiesen im Steirischen Salzkammergut (Steiermark, Österreich) – Ökologie, Soziologie und Naturschutz.
- BONNESS, M. (1953): Die Fauna der Wiesen unter besonderer Berücksichtigung der Mahd. (Ein Beitrag zur Agrarökologie.). – *Z. Morph. u. Ökol. Tiere* 42: 225-277.
- BORNKAMM, R. (1960): Die Trespen-Halbtrockenrasen im oberen Leinegebiet. – *Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N.F.* 8: 181-208.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. – Springer Verlag: 865 S.
- BREIDLER, J. (1891): Die Laubmoose der Steiermark und ihre Verbreitung. – Verlag Naturwiss. Verein Steiermark Graz.
- BRIEMLE, G., EICKHOFF, D., WOLF, R. (1991): Mindestpflege und Mindestnutzung unterschiedlicher Grünlandtypen aus landschaftsökologischer und landeskultureller Sicht. – Beihefte Veröff. für Naturschutz und Landespflege Baden-Württ. 60.
- BUCHGRABER, K. (2001): Neue Herausforderungen in der Bewirtschaftung des Alpenländischen Grünlandes. – In: Bericht über das 7. Alpenländische Expertenforum zum Thema „Bestandesführung und Unkrautregulierung im Grünland – Schwerpunkt Ampfer“. BAL Gumpenstein: 1-7.
- CHAPIN, S. (1980): The mineral nutrition of wild plants. – *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 11: 233-260.
- CLASSEN, A., KAPFER, A., LUICK, R. (1993): Einfluss der Mahd mit Kreisel- und Balkenmäher auf die Fauna von Feuchtgrünland. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 25(6): 217-220.
- DETZEL, P. (1991): Ökofaunistische Analyse der Heuschreckenfauna Baden-Württembergs (Orthoptera). – Diss. Univ. Tübingen: 365 S.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie. – Ulmer Verlag: 683 S.
- (1997): Pflanzensoziologisch-synchronologische Stellung des Xerothermgrassandes (*Festuco-Brometea*) in Mitteleuropa. – *Phytocoenologia* 27 (2): 127-140.
- DÜLL, R. (1990): Exkursionstaschenbuch der Moose. – IDH Verlag Bad Münstereifel.
- (1994): Deutschlands Moose. 3. Teil. – IDH Verlag Bad Münstereifel – Ohlerath.
- ELLENBERG, H. (1986): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. – Ulmer Verlag: 989 S.
- FARTMANN, T., MATTES, H. (1997): Heuschreckenfauna und Grünland – Bewirtschaftungsmaßnahmen und Biotopmanagement. – *Arb. Inst. Landschaftsökologie, Westfäl. Wilhelms-Universität* 3: 179-188.
- FLÜGEL, H.W., NEUBAUER, F. (1984): Steiermark. Geologie der österreichischen Bundesländer in kurzgefassten Einzeldarstellungen. – Geologische Bundesanstalt Wien: 127 S.
- FRANZ, H. (1961): Überordnung Orthopteroidea. – In: FRANZ, H.: Die Nordost-Alpen im Spiegel ihrer Landtierwelt. 2. Universitätsverlag Wagner, Innsbruck: 13-55.
- GIGON, A. (1968): Stickstoff- und Wasserversorgung von Trespen-Halbtrockenrasen (*Mesobromion*) im Jura bei Basel. – *Ber. Geobot. Inst. ETH. Stiftung Rübel. Zürich.* 38: 28-85.
- GOLLER, H. (1977): Beiträge zur Anatomie adulter Gramineenwurzeln im Hinblick auf taxonomische Verwendbarkeit. – *Beitr. Biol. Pfl.* 53: 217-307.
- GRIMS, F., KÖCKINGER, H. (1999): Rote Liste gefährdeter Laubmoose Österreichs. 2. Fassung. – Rote Listen gefährdeter Pflanzen Österreichs. Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie: 157-171.
- , –, KRISAL, R., SCHRIEBL, A., SUANJAK, M., ZECHMEISTER H., EHRENDORFER, E. (1999): Die Laubmoose Österreichs. – *Catalogus Florae Austriae. II. Teil. Bryophyten (Moose). Heft 1. Musci (Laubmoose).* Österr. Akademie der Wissenschaften. Wien.
- HELLER, K.-G., KORSUNOVSKAYA, O., RAGGE, D., VEDENINA, R.V., WILLEMSE, F., ZHANTIEV, R.D., FRANTSEVICH, L. (1998): Check-List of European Orthoptera. – *Articulata. Beiheft* 7: 1-61.

- HOLZNER, W. et al. (1986): Österreichischer Trockenrasen-Katalog. – Grüne Reihe des Bundesministeriums für Gesundheit und Umweltschutz. Band 6: 380 S.
- (Hrsg.) (1989): Biotoptypen in Österreich. – Umweltbundesamt. Wien.
- HYDROGRAPHISCHER DIENST in Österreich (1994): Die Niederschläge, Schneeverhältnisse und Lufttemperaturen in Österreich im Zeitraum 1981–1990: 529 S.
- INGRISCH, S., KÖHLER, G. (1998): Die Heuschrecken Mitteleuropas. – Neue Brehm-Bücherei 629. Westarp Wissenschaften. Magdeburg: 460 S.
- JILG, T., BRIEMLE, G. (1993): Futterwert und Futterakzeptanz von Magerwiesen-Heu im Vergleich zu Fettwiesen-Heu. – Naturschutz und Landschaftsplanung 25: 64–68.
- KUHN, U. (1984): Bedeutung des Pflanzenwasserhaushaltes für Koexistenz und Artenreichtum von Trespen-Halbtrockenrasen (Mesobromion). – Veröff. Geobot. Inst. ETH. Stiftung Rübel. Heft 83: 118 S.
- KUNZMANN, G. (1989): Der ökologische Feuchtegrad als Kriterium zur Beurteilung von Grünlandstandorten. – Diss. Bot. 134: 254 S.
- KUTSCHERA, L., LICHTENEGGER, E. (1982): Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen. Band I Monocotyledoneae. – Gustav Fischer Verlag Stuttgart-New York: 516 S.
- , – (1992): Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen. Band 2 Pteridophyta und Dicotyledoneae, Teil 1. – Gustav Fischer Verlag Stuttgart-Jena-New York: 851 S.
- KUTSCHERA-MITTER, L. (1984): Untersuchung der Wurzeln und der unterirdischen Teile von Spross-Systemen. – In: KNAPP, R. (ed.): Sampling methods and taxon analysis in vegetation science. – Dr W. Junk Publishers, The Hague: 129–160.
- LANDOLT, E. (1977): Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. – Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich.
- LICHTENEGGER, E. (1997): Bewurzelung von Pflanzen in den verschiedenen Lebensräumen. Spezieller Teil. 5. Band der Wurzelatlas-Reihe. – Stapfia 49: 55–322.
- MARSCHNER, H. (1998): Mineral nutrition of higher plants. – Academic press: 889 pp.
- MÖSELER, B.M. (1989): Die Kalkmagerrasen der Eifel. – Decheniana Beihefte 29: 79 S.
- MOTT, B. (1955): Ein Beitrag zur Feststellung des Geschmackswertes der Grünlandpflanzen. – Das Grünland. 4. Jahrg.: 38–40.
- MUCINA, L., GRABHERR, G., ELLMAUER, T. (Hrsg) (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil I und II. – Gustav Fischer Verlag. Jena: 578 und 523 S.
- NIKLFIELD, H. et al. (1999): Rote Listen gefährdeter Pflanzen Österreichs. – Grüne Reihe des Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie. Band 10: 292 S.
- OBERDORFER, E. (Hrsg) (1978): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil II. – Gustav Fischer Verlag. Jena: 355 S.
- OPPERMANN, R., REICHHOLF, J., PFADENHAUER, J. (1987): Beziehungen zwischen Vegetation und Fauna in Feuchtwiesen – untersucht am Beispiel von Schmetterlingen und Heuschrecken in zwei Feuchtgebieten Oberschwabens. – Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 62: 347–379.
- OSCHMANN, M. (1973): Untersuchungen zur Biotopbindung der Orthopteren. – Faun. Abh. Staatl. Museum f. Tierkunde i. Dresden 21(4): 177–206.
- PFUSTERSCHMID, S., PARIZEK, Th., WAGNER, K., GREIF, F. (1999): Der Stand der Grünlandnutzung in Österreich – ein Überblick. – Entwicklung der Kulturlandschaft und der Landwirtschaft im Ennstal. Programm und Kurzfassungen der Vorträge. 26.2.1999. BAL Gumpenstein: 8–9.
- PILS, G. (1994): Die Wiesen Oberösterreichs. – Forschungsinstitut für Umweltinformatik: 355 S.
- POTT, R. (1995): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. 2. Aufl. – Ulmer Verlag: 622 S.
- (1996): Die Entwicklungsgeschichte und Verbreitung xerothermer Vegetationseinheiten in Mitteleuropa unter dem Einfluss des Menschen. – Tuexenia 16: 337–369.
- SÄNGER, K. (1977): Über die Beziehungen zwischen Heuschrecken (Orthoptera: Saltatoria) und der Raumstruktur ihrer Habitate. – Zool. Jb. Syst. 104: 433–488.
- SCHÄLLER, G., KÖHLER, G. (1981): Untersuchungen zur Nahrungspräferenz und zur Abhängigkeit biologischer Parameter von der Nahrungsqualität bei zentraleuropäischen Feldheuschrecken (Orthoptera: Acrididae). – Zool. Jb. Syst. 108: 94–116.
- SCHMIDT, G.H., RATSCH, H.-J. (1989): Der Heuschreckenanteil an der Biomasse der epigäischen wirbellosen Fauna nordwestdeutscher Graslandbiotope. – Braunschw. naturkd. Schr. 3(2): 473–498.
- SMUCKER, A.J.M., MCBURNEY, S.L., SRIVASTANA, A.K. (1982): Quantitative separation of roots from compacted soil profiles by the Hydropneumatik Elutriation System. – Agronomy Journal: 500–503.
- SPATZ, G. (1994): Freiflächenpflege. – Ulmer Verlag: 296 S.

- STEINWIDDER, A. (1999): Futterwert und Milchleistungen aus den einzelnen Nutzungsformen im Grünland des Ennstales. – MaB-Bericht „Entwicklung der Kulturlandschaft und der Landwirtschaft im Ennstal“, Akademie der Wissenschaften. BAL Gumpenstein: 32–35.
- TILLEY, J.M.A., TERRY, R.A. (1963): A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. – *Journal of British Grassland Society* 18: 104–111.
- VIERHEILIG, H., COUGHLAN, A.P., WYSS, U., PICHE, Y. (1998): Ink and Vinegar, a Simple Staining Technique for Arbuscular-Mycorrhizal Fungi. – *Applied and Environmental Microbiology*. Dec. 1998: 5004–5007.
- WAKONIGG, H. (1978): Witterung und Klima in der Steiermark. – Verlag Technische Universität Graz: 473 S.
- WERGER, M.J.A. (1983): Wurzel/Spross-Verhältnis als Merkmal der Pflanzenstrategie. – *Wurzelökologie und ihre Nutzenanwendung*. Verlag Gumpenstein Irdning: 323–334.
- WILLEMS, J.H. (1982): Phytosociological and geographical survey of Mesobromion communities in Western Europe. – *Vegetatio* 48: 227–240.
- WILMANN, O. (1989): Ökologische Pflanzensoziologie. – UTB: 378 S.
- WINGERDEN, W.K.R.E. VAN, KREVELD, A.R. VAN, BONGERS, W. (1992): Analysis of species composition and abundance of grasshoppers (Orth., Acrididae) in natural and fertilized grasslands. – *J. Appl. Ent.* 113: 138–152.
- ZECHNER, L. (1998): Die Heuschreckenfauna des LIFE-Projektgebietes „Wörschacher Moos und Randgebiete“ im steirischen Ennstal, Österreich. – *Mitt. Landesmus. Joanneum Zool.* 51: 91–107.
- ZOLLER, H. (1954): Die Typen der Bromus erectus-Wiesen des Schweizer Juras. – *Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme der Schweiz.* 33: 309 S.

Dr. Andreas Bohner
 Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein
 Altirdning 11
 A-8952 Irdning
 e-mail: andreas.bohner@bal.bmlf.gv.at

Prof. Franz Grims
 Gadern 27
 A-4775 Taufkirchen

Dr. Monika Sobotik
 A-4822 Bad Goisern 8

Dr. Lisbeth Zechner
 Karl-Franzens-Universität Graz
 Institut für Zoologie
 Universitätsplatz 2
 A-8010 Graz
 e-mail: lisbeth.zechner@kfunigraz.ac.at