

WEIDEBÖDEN ALS PFLANZENSTANDORTE

Andreas BOHNER^a und Olga TOMANOVA^b

^a Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein,
Raumberg 38, A-8952 Irdning

^b U parniho mlýna 4, CZ-170 00 Prag 7

Zusammenfassung

In Österreich wird zur Zeit sehr intensiv die Kurzrasenweide mit Milchkühen propagiert. Deswegen wurden die Auswirkungen einer intensiven Rinderbeweidung auf ausgewählte physikalische und chemische Bodeneigenschaften in einer repräsentativen Koppelweide im Steirischen Ennstal untersucht. Eine intensive Rinderbeweidung führt zu einer ausgeprägten Oberbodenverdichtung insbesondere in der Tiefenstufe 5-10 cm, zu einer Degradierung der Bodenstruktur und zu einer Krumpenpseudovergleyung. Davon profitieren in erster Linie Gefäßpflanzenarten wie *Ranunculus repens*, *Agrostis stolonifera* oder *Poa annua*. Außerdem kommt es zu einer markanten Nährstoffanreicherung im Oberboden insbesondere mit Kalium, Stickstoff, Phosphor und Bor. Innerhalb der Weidekoppel existiert ein permanenter Transfer von Bodennährstoffen (insbesondere Kalium und Stickstoff) und organischer Substanz durch die Weidetiere. Daher variiert das Nährstoffangebot für die Vegetation sowohl kleinräumig auf der Ebene einzelner Exkrementstellen als auch großräumig zwischen verschiedenen Weidebereichen. Insbesondere der Weideeingang stellt eine bedeutende Nährstoffanreicherungszone dar, während die unbetretene und ungedüngte „Zaunfläche“ eine markante Nährstoffanreicherungszone und Rückzugsgebiet für tritt- und weideempfindliche Gefäßpflanzenarten repräsentiert.

Summary

At present, in Austria there is an attempt to propagate intensive cattle grazing. Therefore, the effects of trampling and cattle grazing on selected soil physical and chemical properties at the scale of a representative paddock in a mountainous region in Austria were investigated. Excessive trampling and cattle grazing lead to a distinct soil compaction especially in the 5-10 cm soil layer, resulting in stagnant water conditions, and to an accumulation of nutrients in topsoil (mainly potassium, nitrogen, phosphorus, boron). Furthermore, there is a permanent transfer of soil nutrients (mainly potassium and nitrogen) and organic matter by grazing cattle within a paddock, creating a spatial heterogeneity in soil nutrient content.

1. Einleitung

In Österreich wird zurzeit sehr intensiv die Kurzrasenweide mit Milchkühen propagiert. Über die ökologischen Folgen dieser intensiven Form der Weidenutzung besteht allerdings noch großer Forschungsbedarf. Das Ziel dieser Arbeit ist es daher, die Auswirkungen einer intensiven Rinderbeweidung auf ausgewählte physikalische und chemische Bodeneigenschaften auf der Maßstabebene einer für das österreichische Berggebiet repräsentativen Koppelweide zu untersuchen, um (1) die Bodenqualität zu erhalten oder zu steigern, um (2) Nährstoffeinträge in das Grundwasser zu minimieren und um (3) Düngeempfehlungen für eine ökologisch und ökonomisch nachhaltige Weidewirtschaft abzugeben.

2. Material und Methoden

2.1 Untersuchungsmethoden

Um die ökologischen Folgen einer intensiven Rinderbeweidung relativ schnell feststellen und bewerten zu können, wurde auf einer Koppelweide eine „Trittläche“, eine „Weidefläche“ und eine „Zaunfläche“ vergleichend untersucht. Die Vergleichsflächen unterscheiden sich nur in der Düngungs- und Trittdensität. Die physikalischen und chemischen Kennwerte des Oberbodens der „Zaunfläche“ repräsentieren den natürlichen Bodenzustand eines ungedüngten und unbetretenen Grünlandbodens. Deswegen wird dieser Boden als „Referenzboden“ betrachtet. Abweichungen von diesen Standort-spezifischen Bodenverhältnissen werden auf den Düngungs- und Tritteffekt zurückgeführt. Mit Hilfe dieser Gradientenanalyse können die ökologischen Folgen einer intensiven Rinderbeweidung relativ schnell identifiziert und quantifiziert werden.

Die Bodenansprache erfolgte aus dem Bohrstock (1 m) und durch Spatendiagnose. Die Bodenproben für die chemischen Analysen wurden an den Untersuchungsflächen an jeweils fünf Terminen vor jedem Weidegang aus der Tiefenstufe 0-10 cm (A-Horizont) gezogen, da hier mit den größten Veränderungen der Bodeneigenschaften zu rechnen ist. Die Analysemethoden richten sich nach der jeweiligen ÖNORM. Alle Untersuchungen (pro Untersuchungsfläche fünf Analysen von Mischproben) wurden an luftgetrockneten Bodenproben durchgeführt. Die Lufttrocknung der Bodenproben erhöht den N_{\min} -Gehalt durch eine verstärkte Stickstoff-Mineralisation. Am Beginn und Ende der Weideperiode wurden auch Bodenproben für physikalische Bodenuntersuchungen (insgesamt acht Analysen pro Untersuchungsfläche) aus der Tiefenstufe 0-5, 5-10 und 10-15 cm gezogen, und nach HARTGE & HORN (1989) analysiert. Der Ertrag und die Mineralstoffgehalte in der landwirtschaftlich nutzbaren oberirdischen Phytomasse wurden mittels Standardmethoden bestimmt. Über die Höhe der Variabilität der einzelnen Messwerte gibt der Variabilitätskoeffizient ($* = > 30\%$; ohne $* = < 30\%$) Auskunft.

2.2 Vegetation und Boden

Innerhalb der untersuchten Koppelweide konnten drei verschiedene Vegetationstypen und somit geeignete Untersuchungsflächen identifiziert werden. Am Weideeingang, wo der Tritteinfluss am größten ist, hat sich eine Trittpflanzengesellschaft (*Matricario-Polygonetum arenastri*) entwickelt; diese Untersuchungsfläche wird in dieser Arbeit mit „Trittläche“ (3x8 m) bezeichnet. Die „Weideflächen“ (5x10 m, drei Wiederholungen) befinden sich in der Mitte der Koppelweide; die Pflanzenbestände können pflanzensoziologisch den Frauenmantel-Weidelgras-Weiden (*Alchemillo monticolae-Cynosuretum cristati*) zugeordnet werden. Die „Zaunfläche“ (0,5x20 m) befindet sich unterhalb des Weidezaunes; die Vegetation kann lediglich der Ordnung *Arrhenatheretalia* (gedüngte Frischwiesen und -weiden) angeschlossen werden. Die „Zaunfläche“ wird von den Milchkühen nicht betreten; sie dient allerdings während der fünf Weidegänge pro Jahr als Futterfläche. Die „Zaunfläche“ wird nicht gedüngt, und sie erhält keine Exkrementzufuhr in Form von Harn oder Kot.

Die Böden sind tiefgründige, basenreiche Braunerden mit der Bodenart lehmiger Sand. Die Böden der „Trittläche“ und „Weidefläche“ sind deutlich krumenpseudovergleyt. Die krumenpseudovergleyten Braunerden haben die Horizontfolge AP-B-C bzw. A-AP-B-C. Die Stauzone ist vor allem durch Roströhren charakterisiert. Roströhren sind ein wichtiges makromorphologisches Merkmal, um den weidebedingten Staunässeinfluss zu erkennen. Die Humusform bei den Böden der „Tritt- und Weidefläche“ ist Feucht-Mull im Gegensatz zu Mull beim Boden der „Zaunfläche“.

2.3 Nutzung und Nutzungsgeschichte

Die untersuchte Koppelweide hat eine Gesamtfläche von etwa zwei Hektar. Sie wird seit mehr als zehn Jahren fünfmal pro Jahr im Zeitraum Anfang Mai bis Ende Oktober portionsweise mit Braunvieh-Milchkühen beweidet. Die Besatzdichte beträgt ca. vier Kühe pro Hektar während 180 Tage. Die durchschnittliche Besatzeit macht etwa acht Stunden pro Tag aus. Die Koppelweide wird regelmäßig mit Wirtschaftsdünger, meistens Rindergülle gedüngt.

2.4 Untersuchungsgebiet

Die untersuchte Koppelweide befindet sich in weitgehend ebener Lage in 675 m Seehöhe im Mittleren Steirischen Ennstal (Aigen, Bezirk Liezen). Die Untersuchungen wurden im Steirischen Ennstal durchgeführt, weil hier klimatisch bedingt die Grünland- und Viehwirtschaft dominiert und dieser Landschaftsraum repräsentativ für das Grünland im Berggebiet Österreichs ist. Das Untersuchungsgebiet weist ein winterkaltes, sommerkühles, relativ niederschlag- und schneereiches, kontinental beeinflusstes Talbeckenklima auf (PILGER, 2005). Die Juli-Temperatur beträgt im Mittel (1981-1990) 17,0 °C, die Jänner-Temperatur -4,5 °C und die Jahresmittel-Temperatur 6,7 °C. Der Jahres-Niederschlag macht im Durchschnitt 1023 mm aus. Die Niederschläge sind relativ gleichmäßig über das Jahr verteilt. In der Vegetationsperiode (April bis September) fallen etwa 54 % des Jahres-Niederschlags. Die Schneedeckenperiode beträgt im Mittel (1981-1990) 86 Tage im Jahr (HYDROGRAPHISCHER DIENST, 1994).

3. Ergebnisse und Diskussion

In allen untersuchten Tiefenstufen weisen die Oberböden der „Tritt- und Weidefläche“ eine höhere Lagerungsdichte sowie ein geringeres Porenvolumen und eine niedrigere Porenziffer als der Oberboden der „Zaunfläche“ auf (Tabelle 1). Diese Befunde sowie die deutlich ausgebildete, kompakte, plattige Bodenstruktur und die Krumpseudovergleyung sind Hinweise dafür, dass die Oberböden der „Tritt- und Weidefläche“ auf Grund des intensiven Tritteinflusses und regelmäßigen Befahrens mit landwirtschaftlichen Maschinen verdichtet sind. Die Bodenverdichtung und plattige Struktur sind am stärksten in der Tiefenstufe 5-10 cm ausgebildet; hier ist wegen der starken Verminderung der gesättigten Wasserleitfähigkeit die Krumpseudovergleyung am deutlichsten ausgeprägt. In der Tiefenstufe 0-5 cm verhindert die intensive Durchwurzelung der Gräser eine stärkere Verdichtung. Vor allem *Ranunculus repens* (Kriech-Hahnenfuß), *Agrostis stolonifera* (Kriech-Straußgras) und *Poa annua* (Einjahrs-Rispe) profitieren von dieser weidebedingten Oberbodenverdichtung und Krumpseudovergleyung. Diese Gefäßpflanzenarten sind Bioindikatoren für verdichtete, krumpseudovergleyte Grünlandböden. Der Oberboden der „Zaunfläche“ hingegen ist locker gelagert. Eine Krumpseudovergleyung ist makromorphologisch nicht erkennbar; Staunässemerkmale wie Roströhren fehlen. Die lockere, poröse, krümelige Struktur des A-Horizontes resultiert aus der intensiven Durchwurzelung des Oberbodens und der fehlenden temporären Druckbelastung durch Tritt und Befahren mit landwirtschaftlichen Maschinen.

Tabelle 1: Ausgewählte bodenphysikalische Kennwerte

	Boden- tiefe cm	Vol. % Wasser- gehalt	g cm^{-3} Bodensub- stanzdichte	g cm^{-3} Lagerungs- dichte	% Poren- volumen	Poren- ziffer	WG (Vol.%): PV (%)
Tritfläche	0-5	44	2,56	1,21	52	1,1	0,84
Weidefläche	0-5	42	2,57	1,05	59	1,5	0,71
Zaunfläche	0-5	35	2,62	0,98	62	1,7	0,56
Tritfläche	5-10	47	2,68	1,52	43	0,8	1,10
Weidefläche	5-10	44	2,62	1,17	55	1,3	0,80
Zaunfläche	5-10	34	2,62	0,95	64	1,8	0,54
Tritfläche	10-15	47	2,68	1,56	42	0,7	1,12
Weidefläche	10-15	41	2,66	1,37	48	1,0	0,86
Zaunfläche	10-15	40	2,61	1,11	58	1,4	0,70

WG (Vol.%) = Wassergehalt in Vol.%; PV = Porenvolumen

Auf Grund der günstigeren Struktur des Oberbodens (bessere Bodendurchlüftung) und fehlenden Krümenwechselfeuchtigkeit sind Bodenverdichtungs- und Krümenwechselfeuchtigkeitszeiger im Pflanzenbestand unterhalb des Weidezaunes nur sehr spärlich primär wegen des „spatial Mass Effects“ (SHMIDA & ELLNER, 1984) vorhanden. In den Oberböden der „Tritt- und Weidefläche“ ist der volumetrische Wassergehalt zum Zeitpunkt der Probenahme infolge Kompaktierung und Porenverteilung deutlich höher als im Oberboden der „Zaunfläche“ (Tabelle 1). Der höhere Quotient aus Wassergehalt (Vol. %) und Porenvolumen ist ein Hinweis dafür, dass die verdichteten Oberböden der „Tritt- und Weidefläche“ weniger luftführende Grobporen als der locker gelagerte Oberboden der „Zaunfläche“ aufweisen, während der zur Wasserspeicherung befähigte Porenraum prozentual vergleichsweise höher ist. Wenn man die Oberböden der drei verschiedenen Untersuchungsflächen vergleicht, stellt man fest, dass der Oberboden der „Tritfläche“ einen niedrigeren C_{org} -Gehalt und somit einen geringeren N_{tot} -Gehalt als der Oberboden der „Weidefläche“ aufweist; die beiden Oberböden haben allerdings einen höheren C_{org} - und N_{tot} -Gehalt sowie ein engeres $C_{\text{org}}:N_{\text{tot}}$ -Verhältnis als der Oberboden der „Zaunfläche“ (Tabelle 2). Der vergleichsweise niedrigere C_{org} -Gehalt im Oberboden der „Zaunfläche“ trotz einer 5 bis 8fach höheren unterirdischen Phytomasse (noch unveröffentlichte Daten) kann nur mit einer langjährigen weidebedingten Abfuhr von organischer Substanz ohne kompensatorischen Ersatz durch Wirtschaftsdünger und Weidetierexkremate erklärt werden. Die geringere jährliche Zufuhr von organischer Substanz mit der unterirdischen Phytomasse (noch unveröffentlichte Daten) und die höheren durchschnittlichen Bodentemperaturen dürften die Hauptgründe für den niedrigeren C_{org} -Gehalt im Oberboden der „Tritfläche“ im Vergleich zu jenem der „Weidefläche“ sein. Vor allem der Oberboden der „Tritfläche“ ist infolge regelmäßiger Düngung und hohen Exkrementanfalls (konzentrierte Kot- und Harnabgabe) mit Nährstoffen angereichert (Tabelle 2, 3). Insbesondere Kalium, Stickstoff, Phosphor und Bor akkumulieren im Oberboden auf Grund der geringen Entzüge bei ausschließlicher Weidenutzung. Bor ist für Pflanzen, nicht aber für Rinder ein lebensnotwendiges Element. Der Kalium-Gehalt in den Pflanzen ist im Allgemeinen höher als der Bedarf der Rinder. Daher werden die von den Weidetieren mit dem Weidefutter verzehrten Kalium- und Bor-Mengen zum großen Teil mit dem Harn und Kot auf der Weidefläche wieder ausgeschieden. Phosphor wird wegen seiner relativ geringen Mobilität im Boden bevorzugt im Oberboden angereichert. Die regelmäßige Düngung mit Wirtschaftsdünger und die Exkrementablagerungen führen auch zu einer mineralischen Stickstoffanreicherung im Oberboden und bewirken eine Akkumulation von Stickstoff-reichem Humus, ersichtlich am vergleichsweise engeren $C_{\text{org}}:N_{\text{tot}}$ -Verhältnis und an der höheren Menge an potentiell mineralisierbarem Stickstoff

(nachlieferbarer Stickstoff) im Oberboden der „Weide- und Trittfläche“ (Tabelle 2). Außerdem erhöht sich die Rate der Nitrifikation, weshalb das $\text{NO}_3\text{-N:NH}_4\text{-N}$ -Verhältnis von durchschnittlich 3 im Oberboden der „Zaunfläche“ auf über 10 im Oberboden der „Tritt- und Weidefläche“ ansteigt. Der Oberboden der „Zaunfläche“ weist ein extrem enges $\text{C}_{\text{org}}:\text{S}_{\text{tot}}$ - und $\text{N}_{\text{tot}}:\text{S}_{\text{tot}}$ -Verhältnis auf (Tabelle 2); dies deutet auf eine beträchtliche Schwefel-Speicherung hin. Möglicherweise verhindert die hohe Phosphat-Zufuhr zum Boden mit Wirtschaftsdünger und Weidetierexkrementen eine stärkere Sulfat-Retention im Oberboden der „Tritt- und Weidefläche“ (KAMPRATH et al., 1956); daher sind die entsprechenden Quotienten und wasserlöslichen Sulfat-Gehalte höher als im Oberboden der „Zaunfläche“ (Tabelle 2). Im Oberboden der „Trittfläche“ ist wegen der starken Zufuhr von mineralischen Kationenbasen mit Wirtschaftsdünger und Weidetierexkrementen der pH-Wert und in der Folge auch die effektive Kationenaustauschkapazität deutlich erhöht (Tabelle 3). Die vergleichsweise hohe elektrische Leitfähigkeit zeigt eine große Salzkonzentration und somit hohe pflanzenverfügbare Nährstoffgehalte im Oberboden der „Trittfläche“ an. Die exzessive Kalium-Anreicherung bewirkt außerdem ein ungünstiges Kalium:Magnesium-Verhältnis, wodurch das Auftreten der Weidetetanie begünstigt wird. Im Oberboden der unbetretenen und ungedüngten, allerdings intensiv befressenen „Zaunfläche“ hingegen sind die Nährstoffgehalte wegen der ständigen Nährstoffabfuhr ohne kompensatorischen Ersatz durch Wirtschaftsdünger und Weidetierexkremente sehr niedrig. Insbesondere Kalium und Stickstoff werden mit dem Futter dem Oberboden entzogen (Tabelle 4) und auf die Weidefläche transferiert. Der langfristige Effekt dieser weidebedingten Nährstoffumverteilung innerhalb der Wiedekoppel ist, dass der Oberboden unterhalb des Weidezaunes auf Grund des ständigen Nährstoffexportes allmählich an Nährstoffen verarmt, während die Oberböden am Weideeingang und an den bevorzugten Aufenthaltsräumen der Weidetiere Nährstoffe durch Import akkumulieren. Die unterschiedliche Trittintensität und der weidebedingte Nährstofftransfer innerhalb einer Weidekoppel schaffen somit nicht nur ein Vegetations-mosaik mit einem qualitativ und quantitativ unterschiedlichen Futterangebot, sondern sie bewirken auch eine hohe räumliche Heterogenität der Nährstoffgehalte und Lagerungsdichte im Oberboden.

Tabelle 2: Ausgewählte bodenchemische Kennwerte (A-Horizont, 0-10 cm)

	n	g kg ⁻¹			C _{org} :N _{tot}	C _{org} :S _{tot}	N _{tot} :S _{tot}	mg kg ⁻¹ 7d ⁻¹	mg 100 g ⁻¹	mg kg ⁻¹
		C _{org}	N _{tot}	S _{tot}				nachl. N	N _{min}	SO ₄
Trittfläche	5	39,8	4,2	1,0	9,5	40	4	246*	4,8	90
Weidefläche	15	45,0	4,7	1,0	9,6	45	5	253*	3,7	55
Zaunfläche	5	32,3	3,1	1,0	10,4	32	3	120*	1,3	39

n = Anzahl der Bodenanalysen; nachl. N = nachlieferbarer Stickstoff; N_{min} = NO₃-N + NH₄-N; SO₄ = wasserlöslicher Sulfat-Gehalt; * = Variabilitätskoeffizient > 30 %

Tabelle 3: Ausgewählte bodenchemische Kennwerte (A-Horizont, 0-10 cm)

	n	CaCl ₂	μS cm ⁻¹	mg kg ⁻¹					g kg ⁻¹		mval 100 g ⁻¹	%
		pH	eL	P _{CAL}	P _{H2O}	K _{CAL}	Mg	B	P _{KW}	K _{KW}	KAK _{eff}	K
Trittfläche	5	7,2	214	235	14*	761	214	2,9	2,5	2,9	26,5	7,3
Weidefläche	15	6,4	97	110	22*	165*	193	1,3	2,4	2,0	19,7	2,1*
Zaunfläche	5	6,4	84	15*	2*	45*	148	0,6*	1,8	1,2	16,7	1,1*

n = Anzahl der Bodenanalysen; eL = elektrische Leitfähigkeit; P_{CAL}, K_{CAL} = lactatlöslicher Phosphor- und Kalium-Gehalt; P_{H2O} = wasserlöslicher Phosphor-Gehalt; Mg = CaCl₂-extrahierbarer Magnesium-Gehalt; B = acetatlöslicher Bor-Gehalt nach BARON; P_{KW}, K_{KW} = Phosphor- und Kalium-Gehalt im Königswasserextrakt; KAK_{eff} = effektive Kationenaustauschkapazität (BaCl₂-Extrakt); K % = Kalium-Sättigung (BaCl₂-Extrakt); * = Variabilitätskoeffizient > 30 %

Hinsichtlich Nährstoffvorrat nimmt in Weideökosystemen der Boden die dominierende Stellung ein (Tabelle 4). Die regelmäßige Düngung mit Wirtschaftsdünger und die Exkrementablagerungen steigern auf Weideflächen nicht nur den landwirtschaftlich nutzbaren Ertrag, sondern sie erhöhen auch die Nährstoffaufnahme durch die Vegetation (noch unveröffentlichte Daten) und intensivieren somit den Nährstoffkreislauf im System Boden-Pflanze-Tier. Die Umsatzraten sind beim Kalium mit maximal 15 % am höchsten und bei Phosphor und Schwefel mit weniger als 1,5 % am niedrigsten (Tabelle 4). Trittsflächen allerdings enthalten im Oberboden zu hohe, für das Pflanzenwachstum nicht verwertbare Nährstoffmengen; die im Oberboden massiv erhöhten Nährstoffgehalte werden nicht voll in landwirtschaftlich nutzbaren Ertrag umgesetzt und stellen somit ein Gefährdungspotential für das Grundwasser dar.

Tabelle 4: Nährstofftransfer aus dem Oberboden (A-Horizont, 0-10 cm) in die landwirtschaftlich nutzbare Phytomasse

	% Pflanzenentzug				
	C	N	P	S	K
Trittsfläche	3,3	2,9	0,5	0,8	4,0
Weidefläche	6,7	6,1	1,4	1,3	15,2
Zaunfläche	1,8	1,0	0,2	0,3	1,3

% Pflanzenentzug = Elementgehalt in der landwirtschaftlich nutzbaren Phytomasse in % vom Bodenvorrat (C_{org}, N_{tot}, S_{tot}, P und K im Königswasserextrakt)

4. Schlussfolgerungen

Der Düngerbedarf variiert mit den Bodenverhältnissen und Standortbedingungen. Boden- und standortspezifische Düngeempfehlungen berücksichtigen die hohe räumliche Heterogenität der Bodennährstoffgehalte in intensiv genutzten Kulturweiden. Nährstoffanreicherungszone wie beispielsweise die unmittelbare Umgebung von Vieh-Tränken, der Lagerbereich der Weidetiere oder der Weideeingang sollten bei der Bodenprobenahme ausgelassen oder getrennt von der restlichen Weidefläche beprobt werden, wenn die Bodenuntersuchungswerte die Basis für Düngeempfehlungen sind (WEST et al., 1989). Die bevorzugten Aufenthaltsorte der Weidetiere und der Weideeingang sollten nicht oder nur sehr mäßig gedüngt werden, um eine Grundwasserbelastung durch erhöhte Nährstoffeinträge zu vermeiden (BOHNER & EDER, 2006). In den intensiv genutzten Kulturweiden ist die beachtliche Nährstoffrücklieferung über Harn und Kot der Weidetiere bei der Düngung zu berücksichtigen; vor allem bei der Zufuhr Stickstoff- und Kalium-reicher Düngemittel wie beispielsweise Rindergülle ist eine erhöhte Vorsicht geboten. Generell kann bei reiner Weidenutzung insbesondere die Kalium-Düngung niedriger bemessen werden als bei ausschließlicher Mähnutzung. Die Verdichtungsempfindlichkeit der Böden hängt von vielen Faktoren ab; von besonderer Bedeutung sind die Mineralzusammensetzung des bodenbildenden Ausgangsgesteins, die Bodenart, der Humusgehalt, der Kationenbelag der Sorbenten, das Ausmaß der Vorbelastung und die Vegetation. Vor allem humusärmere, schluffreiche Böden mit hoher Alkali-Sättigung aus Glimmer-reichem Ausgangsmaterial der Bodenbildung sind besonders verdichtungsempfindlich und somit für eine intensive Weidenutzung weniger gut geeignet. Weidebedingte Bodenstrukturen und die nachteiligen Folgen einer Oberbodenverdichtung sind besonders gravierend in kühlen, niederschlagsreichen Gebieten oder in niederschlagsreichen Jahren. Steile Hanglagen und hydromorphe Böden sollten wegen ihrer besonderen Empfindlichkeit gegenüber Trittschäden

nicht sehr intensiv mit Rindern beweidet werden. Ein nachhaltiges Weidemanagement berücksichtigt bei der Weideführung in intensiv genutzten Kulturweiden die unterschiedliche Tritt- und Weideintensität sowie das ungleichmäßige Nährstoffangebot für die Vegetation. Nur so können die negativen Auswirkungen einer Überbeweidung wie Trittschäden, Oberbodenverdichtung, oberflächlicher Abfluss von flüssigen Düngemitteln infolge verdichtungsbedingter verminderter Infiltration sowie erhöhter Oberflächenabfluss und Erosion in Hanglagen, selektive Nährstoffanreicherung im Oberboden, Rückgang der Pflanzenartenvielfalt, Ertragsminderung und Verringerung der Futterqualität durch Verschlechterung des Pflanzenbestandes minimiert oder beseitigt werden. Die Grenzen der Intensivierung und die ökologische Nachhaltigkeit der Beweidung können mit Hilfe von Indikationskennwerten festgestellt werden. Geeignete, auf der Weidefläche leicht feststellbare bodenkundliche Indikatoren sind die Struktur des Oberbodens (Sollzustand: lockere, poröse, krümelige Struktur) und der Wasserhaushalt im Oberboden (Sollzustand: keine weidebedingte Krumenwechselfeuchtigkeit). Auch die Vegetation zeigt den Grad der Trophie des Weidebodens und weidebedingte Gefügestörungen im Oberboden an. In diesem Zusammenhang sind vor allem Überdüngungs- und Übernutzungszeiger (insbesondere *Rumex obtusifolius*, *Elymus repens*, *Bellis perennis*), nährstoffliebende Ackerunkräuter, Ruderalpflanzen und Lückenfüller (insbesondere *Capsella bursa-pastoris*, *Stellaria media*, *Ranunculus ficaria* ssp. *bulbilifer*, *Sagina procumbens*, *Polygonum arenastrum*), sowie Zeigerpflanzen für Oberbodenverdichtung und Krumenwechselfeuchtigkeit (insbesondere *Ranunculus repens*, *Agrostis stolonifera*, *Plantago major* ssp. *major*, *Poa annua*, *Poa trivialis*) zu erwähnen. Diese Pflanzenarten zeigen bei gehäuftem Vorkommen nährstoffreiche (überdüngte) Weideböden mit hohem Nährstoffauswaschungspotential und/oder verdichtete, krumenwechselfeuchte Weideböden an.

Literatur

- BOHNER, A. und G. EDER, 2006: Boden- und Grundwasserschutz im Wirtschaftsgrünland. Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein über das Seminar Umweltprogramme für die Landwirtschaft und deren Auswirkungen auf die Grundwasserqualität, 53-64.
- HARTGE, K.H. und R. HORN, 1989: Die physikalische Untersuchung von Böden. Enke Verlag, 175 S.
- HYDROGRAPHISCHER DIENST IN ÖSTERREICH, 1994: Die Niederschläge, Schneeverhältnisse und Lufttemperaturen in Österreich im Zeitraum 1981-1990, 529 S.
- KAMPRATH, E.J., W.L. NELSON and J.W. FITTS, 1956: The effect of pH, sulfate and phosphate concentrations on the adsorption of sulfate by soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 20, 463-466.
- PILGER, H., 2005: Meteorologische Charakteristika der Station Gumpenstein und ihre Einbindung in größere Räume. Seminar „50 Jahre meteorologische Beobachtungen in Gumpenstein 1955-2004“. Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 11-16.
- SHMIDA, A. and S. ELLNER, 1984: Coexistence of plant species with similar niches. Vegetatio 58, 29-55.
- WEST, C.P., A.P. MALLARINO, W.F. WEDIN and D.B. MARX, 1989: Spatial variability of soil chemical properties in grazed pastures. Soil Sci. Soc. Am. J. 53, 784-789.