

Untersuchungen zur Dynamik und zur Ursache von Harnschäden auf der Weide

Diepolder, M. und Raschbacher, S.
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz (IAB)
Lange Point 12, 85354 Freising
michael.diepolder@lfl.bayern.de

Einleitung

Kühe setzen beim Weidegang pro Tag 45–55 kg Exkremente ab, davon über 40 Prozent in Form von Harn (Urin), der pro Kuh etwa acht bis zwölfmal mal am Tag ausgeschieden wird (Voigtländer und Jakob 1987, Haynes und Williams 1993). Harn enthält als düngungsrelevante Nährstoffe vorwiegend Kalium und Stickstoff, letzteren zu 60–90 Prozent als Harnstoff, welcher im Boden schnell über Ammonium zu Nitrat umgewandelt wird. Auf Urinstellen werden starke Nährstoffanreicherungen gemessen, da die lokal zugeführten Stickstoff- und Kalium-Mengen weit über der möglichen Nährstoffabfuhr liegen. Harnstellen sind daher eine Quelle für teilweise erhebliche Stickstoffverluste (Haynes und Williams 1993, Troxler *et al.* 2010, Wachendorf *et al.* 2005, Belanger *et al.* 2015). Diese können in Form von Nitrat-Auswaschung oder im Falle hoher pH-Werte im Boden sowie hoher Temperaturen bzw. Verdunstungsraten in Form von Ammoniakabgasung auftreten. Harnstellen sind andererseits für das Pflanzenwachstum wichtige Düngungsstellen, was man in der Praxis auf Weiden vor allem bei niedrigem Düngungsniveau anhand von dunkelgrünen Grasstellen optisch sehr gut erkennen kann (pers. Mitteilungen, zit. bei Diepolder *et al.* 2016). Zudem werden Grasaufwüchse von Urinstellen von Kühen lieber als solche von Kotstellen gefressen (Voisin 1958, Scheide *et al.* 2015). Allerdings fallen auf Weiden manchmal auch mehr oder weniger hellgelbe bis verätzte Stellen auf, wo Harn zeitweise zu einer unmittelbar schädigenden Wirkung auf den Pflanzenbestand geführt hat. Unter solchen sichtbaren Harnflecken kommt es zu unangenehm riechenden Wurzelschäden an flach wurzelnden Gräsern und Leguminosen und damit zu Fehlstellen, während Tiefwurzler überleben können (pers. Mitteilungen, zit. bei Diepolder *et al.* 2016). Deutlich erkennbar ist im Kernbereich hier die fast vollständige Zerstörung der grünen Blattmasse der Grasnarbe. Die Größe der geschädigten Fläche liegt bei ca. 0,2 m², dies entspricht etwa 3 DIN A4-Seiten. Um den sichtbaren, abgegrenzten Schaden ist die Grasnarbe häufig dunkelgrün. Die genaue Ursache von Harnschäden und damit ggf. die Möglichkeit von Vermeidungsstrategien sind bisher nicht völlig klar. Als mögliche Ursache werden neben eher unwahrscheinlichen direkten Blattschäden vor allem indirekte Salzschäden am Wurzelsystem genannt. Auch kurzfristige Säureschäden im Zusammenhang mit Prozessen des Harnstoff- bzw. Ammoniumabbaus im Boden zu Nitrat sind zumindest theoretisch denkbar (Diepolder *et al.* 2016). Um Hinweise über die Dynamik von Harnschäden zu erhalten, wurde am Spitalhof über vier Weideperioden hinweg bei einer Kurzrasenweide bonitiert, ob, wann und in welchem Ausmaß sichtbare Harnflecken auftraten. Ziel war es auch zu untersuchen, welche Bedeutung die Harnflecken im Hinblick auf Veränderungen des gesamten Pflanzenbestands einer Weide hatten und potenzielle Ertragseinbußen abzuschätzen. Spezielle bodenchemische Analysen (s.u.) sollten die Ursache des Auftretens von Harnflecken klären helfen. Dabei wurde auch Hinweisen aus der Praxis nachgegangen, ob gezielte Kalkmaßnahmen eine sinnvolle und damit in der Beratung evtl. künftig zu empfehlende Vermeidungsstrategie sein können, vor allem wenn Säureschäden eine der Ursachen bzw. die Hauptursache wären.

Material und Methoden

Der Versuch wurde auf einer hofnahen, stark weidelgrasbetonten Weide am Spitalhof in Kempten/Allgäu auf einer würmeiszeitlichen Jungmoräne von Frühjahr 2011 bis Herbst 2014 durchgeführt. Die Bodenart liegt im Bereich lehmiger Sand bis sandigem Lehm, der Oberboden (0–10 cm) wies einen pH-Wert von 5,5–5,6 sowie verfügbare (CAL) Phosphat- und Kaliwerte in Gehaltsklasse „C“ bzw. „E“ auf. Die rundum eingezäunte, quadratische Weidefläche enthielt neun Parzellen (drei Varianten in dreifacher Wiederholung; lateinisches Quadrat) von je 200 m².

Dabei bestanden zwischen den einzelnen Parzellen für die Tiere keine Begrenzungen. Schnüre, welche kurzfristig zwischen Innenpfosten gespannt werden konnten, ermöglichten eine für Anlage und Versuchsdurchführung notwendige Parzellenidentifikation. Die drei Varianten unterschieden sich ausschließlich durch die Kalkdüngung. Diese erfolgte bei einer Variante mit 1,5 t/ha gekörntem Branntkalk (1,35 t CaO/ha) und bei der zweiten Kalkvariante mit 3,0 t/ha kohlen-saurem Kalk (1,6 t CaO/ha). Die Kalkung wurde einmalig im Frühjahr 2011 per Hand auf die Parzellen ausgebracht. Sie wurde bewusst mehr als doppelt so hoch als die für diese Bodenart veranschlagte offizielle Kalkempfehlung (0,6–0,7 t CaO/ha alle vier Jahre) angesetzt. Dies um gegebenenfalls eventuelle Säureschäden sicher zu neutralisieren bzw. um Effekte bei Pflanzenbestandsveränderungen herausarbeiten zu können. Eine weitere Variante blieb als Kontrollvariante ungekalkt. Die Beweidung wurde als Vollweide in Form einer Kurzrasenweide mit zwei Kühen (Trockenstehern) durchgeführt. Die Steuerung der optimalen Grasnarbenhöhe (5–7 cm) erfolgte bei Futterknappheit dahingehend, dass die Kühe an einer Koppelstelle durch ein Tor auf eine angrenzende Koppel gelangten und dort grasen konnten. Nach Viehabtrieb im Oktober wurden auf die Weide 25 m³/ha dünne Gülle ausgebracht, zusätzlich wurden einmal pro Jahr 30–40 kg N/ha als Kalkammonsalpeter (KAS) gedüngt. Im Versuchszeitraum wurden zu insgesamt 38 Boniturterminen die Parzellen auf sichtbare Harnflecken (Vergilbungen) untersucht. Im August des ersten Versuchsjahrs traten besonders viele Harnschäden auf. Deshalb wurden zu diesem Termin bodenchemische Analysen vorgenommen. Dabei wurde pro Parzelle je ein Harnfleck beprobt. Mit einem N_{min}-Bohrer wurden sowohl im vergilbten Kernbereich als auch circa 10 cm außerhalb davon in der grünen Grasnarbe jeweils 10 Einstiche in 0–10 cm Tiefe vorgenommen. Die Proben wurden in zwei Schichttiefen (0–5, 5–10 cm) unterteilt. Im Labor wurden der pH-Wert, der CAL-Phosphat und CAL-Kaligehalt und der Nitratgehalt bestimmt. Ebenfalls wurde der Salzgehalt des Bodens mittels elektrischer Leitfähigkeit im Wasserextrakt (10:1; nach VDLUFA 1991) untersucht. Dabei ist der Salzgehalt des Bodens ein Summenwert, der alle wasserlöslichen Stoffe umfasst, welche als Ionen vorliegen, wie zum Beispiel Kali-, Nitrat-, Phosphat-Ionen. Aus der Höhe des Salzgehaltes können Rückschlüsse auf mögliche Pflanzenschäden gezogen werden.

Ergebnisse und Diskussion

Dynamik und Ausmaß von Harnschäden:

Es traten immer wieder deutlich sichtbare Stellen mit Symptomen eines geschädigten bzw. zerstörten Pflanzenwachstums (Abbildung 1) auf, wo die Grasnarbe gelb und im Extremfall wie „ausgebrannt“ erschien. Ihre Zahl pro Fläche änderte sich dabei stark und war nicht zwangsläufig an trocken-heiße Witterung gekoppelt, wenngleich das Maximum des Auftretens (Frühjahr/Sommer 2011; Juli–August 2013) in solche Phasen fiel. Jedoch hatten sich im Spätherbst die Schäden bereits verwachsen und beim Wiederaustrieb Frühjahr darauf wurden nie Harnflecken beobachtet.

Bei 29 Prozent der insgesamt 38 Bonituren wurden überhaupt keine sichtbaren Harnflecken (Vergilbungen/Schäden) festgestellt. Bei 71 Prozent der Bonituren waren hingegen Harnflecken/Harnschäden sichtbar. Durchschnittlich wurden im Versuchsmittel, d.h. im Mittel aller 38 Bonituren und 9 Versuchspartzen, 1,23 Harnflecken pro Parzelle bonitiert. Dies entspricht einem „Besatz“ von rund 60 Vergilbungs-/Schadstellen pro Hektar Weidefläche. Der damit verbundene geschätzte Ertragsausfall lag in einer Größenordnung von rund ein bis zwei Tausendstel und war sehr gering. Im Falle des Auftretens von Harnschäden wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen der ungekalkten Kontrollvariante und den beiden gekalkten Varianten festgestellt.

Harnstelle bedeutet nicht gleich Harnfleck/Harnschaden

Pro Harnvorgang gelangt an Stickstoff bzw. Kalium im Vergleich zur jährlich möglichen Nährstoffabfuhr durch den Aufwuchs etwa das Zweifache auf die benetzte Fläche (Kalkulation nach Diepolder *et al.* 2016).

Es führt aber bei weitem nicht jede Urinstelle zu einem Schaden in der Grasnarbe. Statistisch gesehen kam es im Versuch nur bei etwa 0,5 Prozent der Urinstellen zu einem sichtbaren Harnfleck. Eine Erklärung für das Auftreten von Harnschäden ist, dass die Gefahr versengter Stellen auf der Weide mit zunehmender Harnstoff- bzw. Ionenkonzentration des Urins ansteigt. Diese kann in einem weiten Bereich schwanken, abhängig von der Tierart, dem Individuum, der Wasseraufnahme, der Tageszeit und zwischen einzelnen Tagen (Hoogendorn *et al.* 2010).

Kritisch wird es, wenn bestimmte Konzentrationen im Boden durch Kombination mehrerer Faktoren, wie Harnmenge und Harnstärke, Verdunstung bzw. Wassergehalt des Bodens überschritten werden.



Abbildung 1: Harnfleck auf Kurzrasenweide, festgestellt am Spitalhof im Sommer 2011

Ergebnisse bodenchemischer Analysen

Im Schadbereich der Harnflecken („innen“) wurden im Versuch wesentlich höhere Konzentrationen an pflanzenverfügbarem Kalium, Nitrat und wasserlöslichen Salzkonzentrationen gemessen als im grünen Außenbereich („außen“). Diese Unterschiede waren vor allem in der obersten Bodenschicht besonders deutlich, jedoch auch noch in 5–10 cm Tiefe signifikant (Tabelle 1).

Tabelle 1: Ergebnis bodenchemischer Analysen an Harnstellen in beiden Beprobungstiefen innerhalb und außerhalb des Schadbereichs (Versuchsmittel aus 3 Varianten und 3 Wiederholungen)

		Beprobungstiefe und -stelle			
		0–5 cm		5–10 cm	
		Innen	Außen	Innen	Außen
pH-Wert	_{CaCl2}	6,1	5,8	5,3	5,3
P ₂ O ₅	_{CAL} mg/100 g B.	16	17	5	5
K ₂ O	_{CAL} mg/100 g B.	172	69	41	19
Nitrat-N	mg/100 g B.	22	12	8	4
Salzgehalt	_{wasserlöslich} mg/100 g B.	279	141	95	54

Hinweis zur Einstufung der Salzgehalte (in mg/100 g Boden, Messung im Wasserextrakt 1:10): 30–70 – normal; 75–200 – sehr hoch; über 200 – schädlich für Pflanzen; nach VDLUFA 1991

Aus den Messwerten geht hervor, dass es sich bei den beobachteten Harnflecken um Salzschäden handelt. Salzschäden entstehen dadurch, dass hohe (hier durch Harn verursachte) Salzkonzentrationen im Boden viel Wasser binden, welches sich an Ionen anlagert und den Pflanzenzellen fehlt. Dies führt zum Absterben der Wurzeln und als Folge davon zum Absterben der oberirdischen Biomasse. Auch außerhalb des eigentlichen Schadbereiches bleiben die Salzkonzentrationen in der obersten Bodenschicht noch im erhöhten Bereich. Dies sowie im Vergleich zur gesamten Weidefläche erhöhten Kaligehalte deuteten darauf hin, dass auch in den Bereich „außerhalb“ des sichtbaren Harnflecks Urin gelangt, hier aber keine die Grasnarbe schädigenden Salzkonzentrationen erreicht werden. Des Weiteren fanden sich in den Untersuchungen keine Anhaltspunkte dafür, dass die Schäden durch einen (momentanen) Anstieg der Bodenversauerung hervorgerufen wurden, zumal die pH-Werte in der obersten Bodenschicht im vergilbten Schadbereich signifikant höher als im grünen Außenbereich lagen (Tabelle 1). Fünf Monate nach der Kalkung wurden bei den beiden Kalkvarianten im Vergleich zur ungekalkten Kontrollvariante in der obersten Bodenschicht etwas höhere pH-Werte, vor allem aber deutlich höhere Salzgehalte gemessen.

Pflanzenbestand

Bekannt ist u.a. aus älteren Untersuchungen (zit. bei Haynes und Williams 1993), dass Harnschäden in Weidelgrasbeständen durchaus zu einer Verschlechterung der Pflanzenbestände führen können, unter anderem durch Besiedelung mit Jähriger Rispe, Stumpfblättrigem Ampfer, Gänse-distel und Spitzwegerich. Im Versuch am Spitalhof ergab die Bonitur der gesamten Weideparzellen jedoch keinen Hinweis auf augenfällige Unterschiede zwischen ehemaligen Schadflächen und dem übrigen Bestand. Ebenfalls fand sich kein Anhaltspunkt, dass der hochwertige Pflanzenbestand durch die zugeführten Kalkmaßnahmen noch hätte weiter verbessert werden können.

Schlussfolgerungen

Harnflecken sind Stellen mit hohen Nährstoffanreicherungen an Stickstoff und Kali. Auch bei Grünlandstandorten mit günstigen mittleren Niederschlags- und Temperaturverhältnissen (Gunstlagen) können Harnschäden als „naturgegebene Ursache“ auftreten, dabei ist eine ausgeprägte Dynamik feststellbar. Sehr hohe lokale Salzkonzentrationen im Oberboden dürften die Ursache von Harnschäden sein. Deren Auftreten und vor allem ihr Flächenanteil waren im mehrjährigen Versuch im Vergleich zu der Gesamtzahl potenzieller Urinstellen jedoch sehr gering. Kalkung als kohlen-saurer Kalk bzw. Branntkalk weit über der Höhe der Erhaltungskalkung bewirkte im Versuch weder eine Reduzierung oder gar Verhinderung von Harnschäden noch zeigten sich Unterschiede hinsichtlich der botanische Zusammensetzung des Pflanzenbestandes der Weidefläche. Der Kalbedarf von Weiden sollte sich nach den Ergebnissen der Bodenuntersuchung richten. Insgesamt gesehen dürften durch den Urin von Weidetieren verursachte Schäden auf Weiden bei angepasstem Besatz weder ein regelmäßiges noch ein problematisches Phänomen sein.

Hinweis: Eine ausführliche Beschreibung der Versuchsdurchführung sowie insbesondere der Darstellung und Diskussion der Ergebnisse findet sich bei Diepolder *et al.* (2016).

Literatur

- Belanger, G., Rochette, P.H., Chantigny, M., Ziadi, N., Angers, D., Charbonneau, E., Pellerin, D. und Liang, C.H. (2015): Nitrogen availability from dairy cow dung and urine applied to forage grasses in eastern Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 2015, 95 (1), 55–65.
- Diepolder, M., Raschbacher, S. und Nätscher, L. (2016): Untersuchungen zur Dynamik und Ursache des Auftretens von Harnschäden auf der Weide – Ergebnisse vom Spitalhof. LfL-Schriftenreihe 5/2016 Tagungsband „Chancen der Weide mit Rindern nutzen: Vom Intensiv-Grünland bis zur Berglandwirtschaft. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising, 71–84.
- Haynes, R.J. und Williams, P.H. (1993): Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Advances in Agronomy*, Vol. 49, 119–199.
- Hoogendoorn, C.J., Betteridge, K., Costall, D.A. und Ledgard, S.F. (2010): Nitrogen concentration in the urine of cattle, sheep, and deer grazing a common ryegrass/cocksfoot/white clover pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research* Vol. 53, No 3, September 2010, 235–243.
- Scheile, T., Isselstein, J. und Tonn, B. (2015): Beeinflussung des Biomassewachstums sowie der Selektivität von Weidetieren durch Exkrementstellen bei extensiver Beweidung. Tagungsband der 59. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau (AGGF) in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V. in Aulendorf/BW vom 27.–29. August 2015, LAZBW 2015, 174–177.
- Troxler, J., Ryser, J.-P., Pittet, J.-P., Jaccard, H. und Jeangros, B. (2010): Einfluss von Rinderausscheidungen auf die auswaschungsbedingten Verluste unter einem Gräserrasen. *Agrarforschung Schweiz* 1 (10), 384–391.
- Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA, [Hrsg.] 1991): Methode A 10.1.1 „Bestimmung des Salzgehaltes in Böden, gärtnerischen Erden und Substraten“. Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA Methodenbuch), Bd. I Die Untersuchung von Böden, 4. Auflage, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- Voigtländer, G. und Jacob, H. (1987): Grünlandwirtschaft und Futterbau. Eugen Ulmer Verlag.
- Voisin, A. (1958): Die Produktivität der Weide. BLV Verlagsgesellschaft München Bonn Wien.
- Wachendorf, C., Taube, F. und Wachendorf, M. (2005): Nitrogen leaching from ¹⁵N labelled cow urine and dung applied to grassland on a sandy soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* (2005) 73, Springer 2005, 89–100.