

Wirkung der Kalkdüngung auf mit Hahnenfuss verunkrauteten Wiesen

Huguenin-Elie, O.¹, Stutz, C.J.¹, Gago, R.² & Lüscher, A.¹

¹ Agroscope, Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften INH, CH-8046 Zürich

² Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaues AGFF, CH-8046 Zürich

olivier.huguenin@agroscope.admin.ch

Einleitung und Problemstellung

Der Fries' Scharfe Hahnenfuss (*Ranunculus acris* L. ssp. *friesianus* (Jord.) Syme) ist im Futterbau eine unerwünschte Pflanzenart, weil er frisch für die Nutztiere leicht toxisch ist und auf der Weide verschmäht wird (DIETL und JORQUERA, 2004). Bei der Heubereitung verliert er seine Giftigkeit, bleibt aber von geringem Futterwert (SCHUBIGER und SACHSE, 1992). Der Kriechende Hahnenfuss (*Ranunculus repens* L.) ist kaum giftig, jedoch wegen seines geringen futterbaulichen Wertes in hohen Anteilen futterbaulich auch unerwünscht. Beide Arten kommen vor allem auf nährstoffreichen, sauren bis schwach alkalischen Böden vor (LANDOLT *et al.*, 2010; Einstufung der Bodenreaktion nach FLISCH *et al.*, 2009) und können in hohen Bestandesanteilen im Dauergrünland vorkommen.

Böden unter Grünlandbewirtschaftung neigen zu einer langsam fortschreitenden Versauerung. Eine gezielte Kalkdüngung ist deshalb eine wichtige Erhaltungsmassnahme (z.B. WENDLAND *et al.*, 2012). Neben dem pH-Wert und dem Calciumgehalt des Bodens beeinflusst die Kalkdüngung verschiedene chemische und biologische Prozesse im Boden, wie z.B. die Mineralisierung und die Pflanzenverfügbarkeit anderer Nährstoffe (z.B. ANDERSSON *et al.*, 2015). Die Konkurrenzverhältnisse zwischen den Pflanzenarten der Wiesengesellschaft werden beeinflusst, was zu Veränderungen in der botanischen Zusammensetzung des Grünlandes führen kann. Eine Kalkdüngung verändert so die botanische Zusammensetzung von an saure Böden angepasste Wiesengesellschaften wie Borstgrasrasen deutlich (HEGG *et al.*, 1992; SCHECHTNER, 1993; TENZ *et al.*, 2010). Auf schwach sauren oder neutralen Böden ist die Wirkung der Kalkdüngung auf die botanische Zusammensetzung dagegen oft undeutlich (z.B. SCHECHTNER, 1993). Die Kalkdüngung wird aber in der Landwirtschaft oft als Hilfsmittel gegen ein starkes Auftreten von Hahnenfussgewächsen angepriesen. Deshalb wurde ein mehrjähriger Versuch zur Abklärung der Wirkung verschiedener Kalkdünger auf die Bestandesanteile von Fries' Scharfem Hahnenfuss und Kriechendem Hahnenfuss in intensiv bewirtschafteten Wiesen durchgeführt.

Material und Methoden

Der Versuch wurde im Frühjahr 2007 auf intensiv bewirtschafteten Mähwiesen von zwei landwirtschaftlichen Betrieben der Alpennordflanke (Ricken SG, 800 m ü. M. und Herisau AR, 860 m ü. M.) und einem Betrieb des Schweizer Mittellandes (Wagen SG, 450 m ü. M.) angelegt. Ein paar Angaben über den Zustand der Wiesen zu Beginn des Versuches sind in der Tabelle 1 ersichtlich. Die zwei Grasarten mit dem höchsten Ertragsanteil im ersten Aufwuchs waren *Lolium perenne* L. und *Anthoxanthum odoratum* L. in Herisau, *Alopecurus pratensis* L. und *Lolium perenne* in Ricken und *Lolium perenne* und *Poa trivialis* L. in Wagen. In Ricken und Wagen wurden drei Kalkdüngertypen, drei Kalkdüngungsniveaus (inklusive nicht gekalkte Kontrolle, Ca0) und zwei Stickstoffdüngungsniveaus in vier Wiederholungen getestet. In Herisau waren es vier Kalkdüngertypen und drei Kalkdüngungsniveaus. Zwischen den getesteten Kalkdüngern (Kohlensaurer Kalk, kohlensaurer Magnesiumkalk, Industriekalk aus der Zuckerherstellung, Algenkalk + Dolomit) wurde kein Unterschied hinsichtlich Ertrag und Pflanzenbestand beobachtet, sodass die Ergebnisse in der vorliegenden Zusammenfassung nicht weiter nach Kalkdüngertyp differenziert werden. Für die Verfahren mit der niedrigeren Kalkdüngung (Ca1), wurde die ausgebrachte Kalkmenge anhand der Kationenaustauschkapazität und der Basensättigung des Bodens gemäss den Empfehlungen von FLISCH *et al.* (2009) für jeden Standort berechnet (zwischen 1 und 1,5 t CaO/ha). Die Verfahren mit der höheren Kalkdüngung (Ca2) bekamen doppelt so viel Kalkdünger. Die erste Kalkdüngung erfolgte im Jahr 2007 und eine zweite Kalkdüngung gleicher Menge wurde im Jahr 2010 verabreicht. In Ricken und Wagen wurden eine beziehungsweise zwei Stickstoffgaben pro Jahr in den Verfah-

ren mit einer reduzierten Stickstoffdüngung ausgelassen. Die weiteren Stickstoffgaben wurden durch den Betriebsleiter mit Gülle ausgebracht, sodass die Verfahren mit der reduzierten Stickstoffdüngung (N1) ungefähr zwei Drittel der üblichen Stickstoffdüngung (N2) bekamen.

Tab. 1: $pH_{(H_2O)}$ -Wert des Bodens, botanische Zusammensetzung und Jahresertrag am Anfang des Versuches in den drei untersuchten Wiesen.

	pH-Wert des Bodens	Jahresertrag (t TM/ha)	Ertragsanteil (%)			
			Hahnenfuss	Gräser	Kleearten	Andere Kräuter
Herisau	5,2	8,5	16	65	4	15
Ricken	4,9	9,9	19	67	6	8
Wagen	6,0	12,2	8	52	15	25

Ergebnisse und Diskussion

Auf allen drei Standorten hat die Kalkdüngung eine deutliche Erhöhung des pH-Wertes und der Calciumaustauschkapazität des Bodens bewirkt, mit einem signifikanten Unterschied zwischen Ca1 und Ca2 in Herisau und Ricken (Tab. 2). Der Gehalt an verfügbarem Phosphor im Boden, geschätzt durch die Extraktion mit CO_2 -gesättigtem Wasser (DIRKS und SCHEFFER, 1930), war mit dem pH-Wert des Bodens positiv korreliert. Dieser Zusammenhang wurde aber durch die Kalkdüngung verschoben, sodass die Phosphorverfügbarkeit in Ca2 nicht höher als war in Ca1 (Abb. 1).

Tab. 2: $pH_{(H_2O)}$ -Wert (Mittelwert 2007-2012) und Calciumaustauschkapazität (KAK_Ca, Jahr 2009) des Bodens der drei Kalkdüngungsniveaus (Ca0, Ca1, Ca2) an den drei Standorten.

	Herisau	Ricken	Wagen
pH-Wert des Bodens			
Ca0	5,6 ^a	5,3 ^a	6,1 ^a
Ca1	6,1 ^b	5,8 ^b	6,5 ^b
Ca2	6,3 ^c	6,2 ^c	6,7 ^b
KAK_Ca			
Ca0	8,9 ^a	6,4 ^a	7,3 ^a
Ca1	11,0 ^b	8,2 ^b	8,7 ^b
Ca2	12,3 ^c	9,9 ^c	9,7 ^b

Innerhalb einer Kolonne, Mittelwerte mit gleichem Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (ANOVA, $p < 5\%$, für pH-Werte: wiederholte Messungen Herbst 2007-2012).

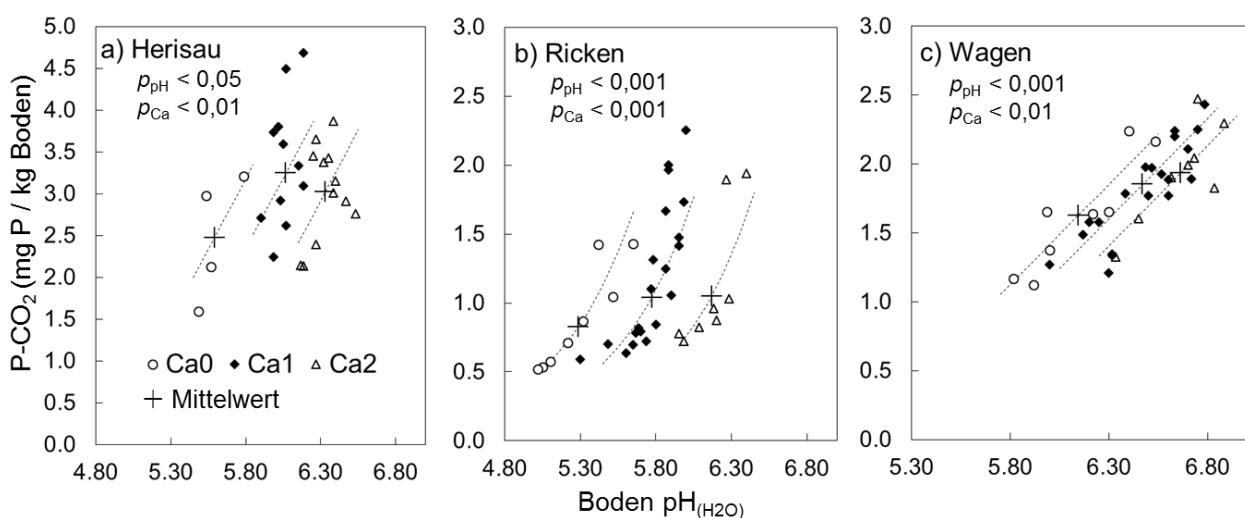


Abb. 1: Gehalt an verfügbarem Phosphor im Boden ($P-CO_2$) in Abhängigkeit des pH-Wertes des Bodens an den drei Standorten und in den drei Kalkdüngungsniveaus (Ca0, Ca1 und Ca2). Der Gehalt an verfügbarem Phosphor im Boden ($P-CO_2$) wurde nach Extraktion mit CO_2 -gesättigtem Wasser geschätzt. p_{pH} , p_{Ca} und Trendlinie aus ANCOVA, +: geschätzter mittlerer $P-CO_2$ bei durchschnittlichem Boden pH-Wert.

Tab. 3: Gesamt Futterertrag der Wiesen und Ertragsanteile von Hahnenfuss (Fries' Scharfer Hahnenfuss und Kriechender Hahnenfuss), Gräsern, Kleearten, sowie anderen Kräutern in Herisau in den drei Kalkdüngungsniveaus und in Ricken und Wagen in den drei Kalk- und den zwei Stickstoffdüngungsniveaus. Die angegebenen Werte sind die Mittelwerte der Jahre 2009 bis 2013. *SFM* = Standardfehler des Mittelwertes; *p* aus ANOVA; *n.s.* = nicht signifikant.

Standort	Verfahren	Jahresertrag (t TM/ha)	Ertragsanteil (%)			
			Hahnenfuss	Gräser	Kleearten	Andere Kräuter
Herisau	Ca0	8,06	22	50	4	24
	Ca1	7,76	19	51	5	25
	Ca2	7,51	19	50	4	27
	<i>SFM</i>	0,15	0,9	1,1	0,3	1,5
	<i>p</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
Ricken	Ca0N1	9,41 ^{ab}	10	65	11	14
	Ca1N1	9,38 ^a	13	65	9	14
	Ca0N2	9,78 ^{ab}	11	66	11	13
	Ca1N2	9,82 ^b	12	67	9	13
	Ca2N2	9,84 ^b	12	65	9	15
	<i>SFM</i>	0,11	1,0	1,3	0,7	1,1
	<i>p</i>	<0,05	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
Wagen	Ca0N1	10,57 ^a	14	56	11	19
	Ca1N1	11,09 ^{ab}	14	56	10	20
	Ca0N2	11,71 ^b	11	60	12	18
	Ca1N2	11,65 ^b	11	58	12	19
	Ca2N2	11,61 ^b	14	56	11	19
	<i>SFM</i>	0,21	2,2	1,8	1,0	1,6
	<i>p</i>	<0,01	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

In Herisau hat die Kalkung zu keinem statistisch signifikanten Ertragsunterschied gegenüber dem Kontrollverfahren (Ca0) geführt (Tab. 3), auch nach der zweiten Kalkdüngung im Jahr 2010 und sieben Versuchsjahren. Auch in Ricken und in Wagen zeigte die Kalkdüngung keinen Effekt auf den Futterertrag. Auf diesen zwei Standorten konnte eine Ertragsreduktion von ungefähr 6% in den Verfahren mit reduzierter Stickstoffdüngung beobachtet werden.

Bis zum Schluss des Versuches im Jahr 2013 unterschied sich die botanische Zusammensetzung der verschiedenen Verfahren nicht signifikant. Der Fries' Scharfe Hahnenfuss und der Kriechende Hahnenfuss wurden durch die Kalkdüngung auf keinem der drei Standorte zurückgedrängt (Tab. 3). Auch der Kleeanteil blieb durch die Kalkdüngung unbeeinflusst.

Für diesen Versuch wurden bewusst keine Grenzstandorte mit stark saurem Boden ausgewählt, jedoch Vertreter von Standorten mit schwach saurem bis saurem Boden entsprechend der Einstufung der Bodenreaktion nach FLISCH *et al.* (2009), wo sowohl intensiver Futterbau als auch der Scharfe Hahnenfuss häufig vorkommt. Am Anfang des Versuches war somit die Bodenreaktion in Ricken tiefer als der optimale Bereich für Futtergräser, in Herisau war sie nur leicht tiefer und in Wagen lag sie innerhalb des optimalen Bereiches (RIEDER, 1983). Die drei Wiesen hatten aber einen hohen Anteil an Fries' Scharfem Hahnenfuss und/oder Kriechendem Hahnenfuss (Tab. 1). Die Effekte der niedrigeren Kalkdüngung (Ca1) auf den Boden waren deutlich und haben die Bodeneigenschaften (pH-Wert, Gehalt an verfügbarem Phosphor) für die Futtergräser günstig beeinflusst. Es ist interessant zu erkennen, dass die höhere Kalkdüngung (Ca2) die Phosphorverfügbarkeit gegenüber Ca1 nicht weiter verbesserte, obwohl die Bodenreaktion in Ca2 höher war als in Ca1 (Herisau und Ricken). Dies illustriert die Komplexität der Wirkung von Kalkapplikationen auf die Phosphorverfügbarkeit.

Dieser Versuch bestätigt die breite ökologische Nische von Fries' Scharfem Hahnenfuss und Kriechendem Hahnenfuss bezüglich Bodenreaktion (LAUBER *et al.*, 2012; LANDOLT *et al.*, 2010) und zeigt, dass eine schnelle Reduktion der Bestandesanteile dieser Hahnenfussarten durch eine Verschiebung der Bodenreaktion nicht zu erreichen ist. Selbst über die lange Versuchsdauer (sieben Jahre) wurden sowohl der Fries' Scharfe Hahnenfuss als auch der Kriechende Hahnenfuss durch die Kalkdüngung nicht zurückgedrängt. Dies wurde an allen drei Standorten beobachtet obwohl die Kalkeffekte auf den Boden deutlich waren und hohe Kalkmengen bei den Ca2-Verfahren ausge-

bracht wurden. Weil eine Kalkdüngung die Mineralisierung im Boden stärken kann (z.B. WHEELER *et al.*, 1997) und der Fries' Scharfe Hahnenfuss durch eine hohe Stickstoffverfügbarkeit gefördert werden kann (DIETL und LEHMANN, 2004), wurde bei zwei Standorten die Stickstoffdüngung in gewissen Verfahren reduziert. Aber auch mit einer reduzierten Stickstoffdüngung konnte keine Wirkung der Kalkung auf den Ertragsanteil des Hahnenfusses beobachtet werden.

Schlussfolgerungen

Wir schliessen aus diesem mehrjährigen Versuch an drei Standorten, dass die Kalkdüngung, trotz einer deutlichen Erhöhung des pH-Wertes des Bodens, keine wirksame Massnahme zur Regulierung von Fries' Scharfem Hahnenfuss und Kriechendem Hahnenfuss in intensiv bewirtschafteten Wiesen auf schwach sauren bis sauren Böden ist. Zu einer ähnlichen Schlussfolgerung kam auch KOBLET (1946) nach Feldversuchen und Erhebungen auf landwirtschaftlichen Betrieben.

Literatur

- ANDERSSON, K.O., TIGHE, M.K., GUPPY, C.N., MILHAM, P.J. & MCLAREN, T.I. (2015): Incremental acidification reveals phosphorus release dynamics in alkaline vertic soils. *Geoderma* 259-260, 35-44.
- DIETL, W. und JORQUERA, M. (2004): Wiesen- und Alpenpflanzen. 2. Auflage. Österreichischer Agrarverlag, Leopoldsdorf.
- DIETL, W. und LEHMANN, J. (2004): Ökologischer Wiesenbau. Nachhaltige Bewirtschaftung von Wiesen und Weiden. Österreichischer Agrarverlag, Leopoldsdorf.
- DIRKS, B. und SCHEFFER, H. (1930): Der Kohlensäure-Bikarbonatauszug und der Wasserauszug als Grundlage zur Ermittlung der Phosphorsäurebedürftigkeit der Böden. *Landwirtschaftl. Jahrbücher* 71, 73-99.
- FLISCH, R., SINAJ, S., CHARLES, R. & RICHNER, W. (2009): GRUDAF 2009. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau. *Agrarforschung* 16 (2), 1-97.
- HEGG, O., FELLER, U., DAHLER, W. & SCHERRER, C. (1992): Long-term influence of fertilization in a *Nardetum*; Phytosociology of the pasture and nutrient contents in leaves. *Vegetation* 103, 151-158.
- KOBLET, R. (1946): Über das Auftreten und die Bekämpfung des scharfen Hahnenfusses in ostschweizerischen Dauerwiesen. *Eidgenössische landwirtschaftliche Versuchsanstalt*.
- LANDOLT, E., BÄUMLER, B., ERHARDT, A., HEGG, O., KLÖTZLI, F., LÄMMLER, W., NOBIS, M., RUDMANN-MAURER, K., SCHWEINGRUBER, F.H., THEURILLAT, J.-P., URMI, E., VUST, M. & WOHLGEMUTH, T. (2010): Flora indicativa; Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen. Haupt Verlag, Bern.
- LAUBER, K., WAGNER, G. & GYGAX, A. (2012): Flora Helvetica. 5. Auflage, Haupt Verlag, Bern.
- RIEDER, J. (1983): Dauergrünland. BLV-Verlagsgesellschaft mgH, München.
- SCHECHTNER, G. (1993): Wirksamkeit der Kalkdüngung auf Grünland. *Die Bodenkultur* 44, 135-152.
- SCHUBIGER, F.X. und SACHSE, J. (1992): Bewertung des Kriechenden und des Scharfen Hahnenfusses als Futterpflanze. *Landwirtschaft Schweiz* 5 (11/12): 589-592
- TENZ, R., ELMER, R., HUGUENIN-ELIE, O. & LÜSCHER, A. (2010). Auswirkungen der Düngung auf einen Borstgrasrasen. *Agrarforschung Schweiz* 1 (5), 176-183.
- WENDLAND, F., DIEPOLDER, M. & CAPRIEL, P. (2012): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. 10. Auflage. Lfi-Information, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL).
- WHEELER, D.M., EDMEADES, D.C. & MORTON, J.D. (1997): Effect of lime on yield, N fixation, and plant N uptake from the soil by pasture on 3 contrasting trials in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 40, 397-408.