

## Dauerversuch zur Wirkung saurer und alkalischer Düngung im Grünland

M. Diepolder, B. Jakob und S. Raschbacher

Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz,  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising

### Einleitung

Neben dem Standort und der Nutzungsintensität beeinflusst die Düngung maßgeblich die Ausprägung von Grünlandbeständen, deren Ertragsniveau und Futterqualität sowie die pflanzenverfügbaren Nährstoffvorräte des Bodens. Anhand eines Dauerversuchs im Allgäuer Alpenvorland wird die langjährige Wirkung von physiologisch saurer und alkalischer Düngungskombinationen auf o.g. Parameter bei einer weidelgrasreichen Wiese im Allgäuer Alpenvorland vorgestellt und diskutiert. Ebenfalls wird auf Effekte unterschiedlicher Phosphatformen eingegangen.

### Material und Methoden

Der Exaktversuch am Spitalhof/Kempton (730 m Höhe, 1290 mm Niederschlag, 7,0 °C Jahresdurchschnittstemperatur, Parabraunerde aus schluffigem Lehm mit ca. 10 % organischer Substanz in 0-10 cm Tiefe) besteht aus einer Streifenanlage mit vier Wiederholungen. Diese lagen aus versuchstechnischen Gründen für jede Düngungsvariante hintereinander (unechte Wiederholungen). Die Parzellen wurden viermal pro Jahr beerntet.

**Tab. 1:** Düngungsvarianten

Vgl.	NPK-Düngerart	N / P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / K <sub>2</sub> O (kg/ha)	Kalkung **
1.1	3 x Gülle (ca. 4,5 % TS), je 25 m <sup>3</sup> /ha zum 1., 2. und 4. Aufwuchs; 55 kg N/ha als KAS zum 3. Aufwuchs	ca. 225 <sub>N-Ges</sub> / 75 / 255	ohne
1.2			mit
2.1	4 x Ammonsulfatsalpeter (ASS) *; Superphosphat, 40er Kali	ca. 220 / 120 / 300	ohne
2.2			mit
3.1	4 x Kalkammonsalpeter (KAS) *; Dolophos, 40er Kali	ca. 220 / 120 / 300	ohne
3.2			mit

\* Angepasste N-Düngung in Höhe des Gesamtstickstoffgehalts der Gülle

\*\* **Kohlensaurer Kalk**; 30 dt/ha zu Versuchsbeginn (1987),  
dann ab dem 4. Versuchsjahr alle drei Jahre 20 dt/ha

Die sechs Düngungsvarianten sind in Tabelle 1 aufgeführt. Sie enthalten zwei Faktoren: „NPK-Düngerart“ und gezielte „Kalkung“. Bezüglich des Faktors „Düngerart“ stehen Parzellen mit vorwiegender Gölledüngung (1.1, 1.2) Varianten mit ausschließlicher mineralischer Düngung gegenüber. Bei letzteren ist zu unterscheiden zwischen Versuchsgliedern (2.1, 2.2), bei denen mit ASS ein physiologisch stark saurer N-Dünger und mit Superphosphat eine leicht verfügbare P-Form ausgebracht wurde. Des Weiteren zwischen Par-

zellen (Vgl. 3.1, 3.2), bei denen die N-Düngung über (schwach saures) KAS und die P-Düngung über Dolophos (weicherdiges Rohphosphat mit kohlensaurem Kalk) erfolgte.

Nach SLUISMANS (zitiert in LfL 2003) errechnet sich für Grünland bei Variante 2.1 ein jährlicher Kalkverlust von ca. 375 kg CaO/ha. Sie stellt daher im Versuch das Extrem einer physiologisch sauren Düngung dar. Hingegen ergibt sich bei Variante 3.1 durch den hier verwendeten P-Dünger ein rechnerischer Kalkgewinn von rund 400 kg CaO/ha.

Bei drei von sechs Varianten wurde als zweiter Versuchsfaktor durch den zusätzlichen Einsatz von 20 dt/ha kohlensauren Kalk alle drei Jahre dem Boden im Mittel pro Jahr ca. 300-330 dt/ha CaO zugeführt. Während bei Variante 2.2 damit der rechnerische Kalksaldo nach SLUISMANS immer noch leicht negativ blieb, können die Versuchsglieder 3.1 und 3.2 als stark bzw. sehr stark basisch gedüngt gelten.

Soweit im Text nicht anders genannt, gibt die Auswertung das Mittel von achtzehn Untersuchungsjahren (1988 bis 2005) wieder. Die statistische Absicherung der Ergebnisse erfolgte bei den Mittelwerten mit dem SNK-Test. Unterschiedliche Kleinbuchstaben in den Tabellen bedeuten signifikante Differenzen bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %. Die zeitliche Entwicklung der pH-Werte und CAL-Phosphatgehalte im Boden (0-10 cm) wurde mittels linearer Regression ( $\alpha = 0.05$ ) untersucht.

## Ergebnisse und Diskussion

### Bodenuntersuchung:

Durch vorwiegende Gülledüngung (Var. 1.1, siehe Tab. 2) konnte auf dem Standort der für die Bodenart (uL) anzustrebende pH-Bereich von 5,6-5,9 (LfL, 2003) gehalten werden. Da bei hohen Niederschlagsmengen im Allgäuer Alpenvorland mit Kalkverlusten zu rechnen ist, ist zu vermuten, dass Regenwürmer durch ihren Kot kalkhaltiges Material aus dem Unterboden nach oben transportieren (SCHRÖPEL, 2005) und so dazu beitragen, den pH-Wert in der Krume auch ohne Kalkung stabil zu halten.

**Tab. 2:** Mittel und zeitliche Entwicklung der pH-Werte und des CAL-Phosphats in 0-10 cm Tiefe (Zeitraum 1988-2004)

Vgl.	pH-Wert (CaCl <sub>2</sub> )		CAL-Phosphat (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g)	
	Median	Zeitliche Änderung	Median	Zeitliche Änderung
1.1	5,7	nicht signifikant	9	nicht signifikant
1.2	5,9	nicht signifikant	9	nicht signifikant
2.1	4,7	5,4 – 0,06 x; r = 0,61	16	nicht signifikant
2.2	4,9	5,3 – 0,04 x; r = 0,61	13	nicht signifikant
3.1	5,5	nicht signifikant	8	nicht signifikant
3.2	6,0	nicht signifikant	7	nicht signifikant

Periodische Kalkgaben (Var. 1.2) führten im Mittel nur zu einer geringfügigen Anhebung des pH-Wertes um 0,2 Einheiten. Ein signifikanter Anstieg über die Jahre hinweg ließ sich wegen starker Jahrgangseffekte jedoch nicht ableiten.

Kaum konnte jedoch durch Kalkung die starke Versauerung des Bodens aufgehalten werden (Var. 2.2), welche im Falle der extrem sauren Düngung mit permanenter Zufuhr von Ammonsulfatsalpeter (Var. 2.1 und 2.2) zu beobachten war.

Ein hoher rechnerischer Kalkgewinn durch die jährliche Düngung mit Dolophos (Var. 3.1 und 3.2) führte - selbst bei zusätzlichen Gaben an kohlenstoffreichem Kalk (Var. 3.2) – bislang zu keiner signifikant fortschreitenden Anhebung des pH-Wertes. Im Mittel des Versuchszeitraumes äußerte sich die periodische Kalkung im Vergleich der Varianten 3.1 und 3.2 aber in einem um ca. 0,5 Einheiten höheren pH-Wert. Dies war schon zu Beginn des Messzeitraums so. Festzuhalten bleibt jedoch gerade beim Vergleich der Versuchsglieder 1.1 mit 3.1 bzw. 1.2 mit 3.2, dass am Spitalhof die teilweise sehr stark voneinander abweichende Kalkzufuhr sich nicht in einer entsprechenden Differenzierung des pH-Wertes widerspiegelte.

Auffallend in den Bodenuntersuchungsergebnissen waren die wesentlich höheren Versorgungswerte an „pflanzenverfügbarem Phosphat“ (CAL-Extrakt, siehe Tab. 2, rechte Seite) beim Einsatz von Superphosphat (Var. 2.1 und 2.2) gegenüber weicherdigem Rohphosphat bzw. Güllephosphat. Interessant ist ebenfalls, dass sich die teilweise unterschiedliche Höhe des P-Einsatzes (siehe Vgl. 1.1/2 und 3.1/2) nicht in den P-Gehalten des Bodens (und der Erträge, siehe Tab. 4) dieser Parzellen widerspiegelte.

**Tab. 3:** Ertragsanteile in der Frischmasse des ersten Aufwuchses sowie mittlere Futterwertzahl (Mittel der Jahre 1996, 1998, 2001, 2005)

Vgl.	Gräser (%)	WD * (%)	Kräuter (%)	Klee (%)	FWZ **
1.1	67	49	22	11	6,9
1.2	70	52	15	15	7,2
2.1	84	70	14	02	7,2
2.2	74	64	20	06	7,2
3.1	70	61	24	06	7,0
3.2	68	55	19	08	6,9

\* Deutsches Weidelgras \*\* Mittlere Futterwertzahl nach KLAPP et al. (1953)

#### Pflanzenbestände, Erträge, Ca- und P-Gehalte:

Im Gegensatz zu den Ergebnissen eines 45-jährigen Grünland Dauerdüngungsversuches auf einer Parabraunerde an einem anderen Standort in Bayern, wo SCHNELLHAMMER UND SIRCH (2006) eindeutig negative Effekte auf Ertrag und Pflanzenbestand bei physiologisch saurer Düngung bzw. fehlenden Kalkgaben feststellen konnten, traten solche am Spitalhof im vorliegenden Versuch bislang nicht auf. Erstaunlich sind hier selbst bei extremer Bodenversauerung (Var. 2.1 und 2.2) die hohen Anteile an Deutschem Weidelgras des sehr grasbetonten Bestandes bzw. die daraus resultierenden hohen mittleren Futterwertzahlen der Parzellen (siehe Tab. 3).

Ein eindeutiger Effekt der gezielten Kalkdüngung auf die Bestandszusammensetzung ist nach Tabelle 3 im langjährigen Mittel bislang nicht ableitbar, wenngleich sich in der Tendenz ein leicht positiver Einfluss auf den Weißkleeanteil andeutet. Dieser bewegte sich bei Gülledüngung insgesamt auf höherem Niveau als bei mineralischer Düngung und lag bei extrem saurer ASS-Düngung (Vgl. 2.1) mit nur 2 % am niedrigsten.

Selbst starke Extreme bei Düngung und Bodenversorgung spiegelten sich erstaunlicherweise nicht in signifikanten Effekten beim Trockenmasse- und Energie-Ertrag bzw. bei der N-Aufnahme wieder (siehe Tab. 4, linke Seite).

**Tab. 4:** Erträge, N-Aufnahme, P- und Ca- Gehalte im Futter (Mittel 1988-2005 \*)

Vgl.	Erträge		N- Aufnahme (kg N/ha)	Ca- und P-Gehalt, Ca/P-Verhältnis		
	TM (dt/ha)	NEL (GJ/ha)		Ca	P	Ca / P
				(g/kg TM)		
<b>1.1</b>	109,4 a	66,1 a	259 a	8,1 bc	3,8 b	2.1
<b>1.2</b>	110,5 a	67,6 a	270 a	<b>9,3 a</b>	3,7 b	2.5
<b>2.1</b>	113,4 a	68,5 a	268 a	6,8 d	<b>4,4 a</b>	1,5
<b>2.2</b>	115,3 a	69,9 a	277 a	7,6 c	<b>4,3 a</b>	1,8
<b>3.1</b>	115,2 a	69,9 a	274 a	<b>8,8 ab</b>	3,7 b	2,4
<b>3.2</b>	114,6 a	69,4 a	276 a	<b>8,8 ab</b>	3,6 b	2,4

\* Bei Ca- und P-Gehalten: Mittel (1988-Mitte 2004; Mittel aus n = 62 pro Variante)

Hingegen führte die Verwendung von leichtlöslichem P-Dünger (Var. 2.1/2) nicht nur zu höheren mittleren P-Gehalten im Boden sondern auch zu einer signifikanten Anhebung der P-Konzentration im Futter (siehe Tab. 4, rechte Seite). Durch die Kalkung ließ sich in Bezug auf die mittlere Kalziumkonzentration bei Gülledüngung (Var. 1.2) und basischer Mineraldüngung (Var. 3.1/2) ein signifikant positiver Einfluss ableiten. Allerdings wurden auch bei den anderen Varianten die für Milchvieh anzustrebenden P- und Ca-Bereiche von ca. 3,3-4,0 g P/kg TM bzw. 5,3-6,4 g Ca/kg TM (DIEPOLDER und HEGE, 2004) erreicht.

## Fazit

Trotz langjährig saurer und alkalischer Düngung bzw. unterschiedlichen P-Formen ließen sich nur teilweise deutliche Auswirkungen auf bodenchemische Parameter und Pflanzeninhaltsstoffe, bisher jedoch kaum solche auf die Bestandszusammensetzung und den Futterwert sowie keine Effekte auf Ertrag und N-Aufnahme nachweisen.

## Literatur

- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2003): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland; 7. überarbeitete Auflage; Hrsg. LfL, 81 Seiten, 2003; als Internetversion ([www.lfl.bayern./iab](http://www.lfl.bayern./iab)).
- DIEPOLDER, M. und HEGE, U. (2004): Mineralstoffe im Grünland; Schule und Beratung, Heft 7/04, Seite 19-22, Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, 2004.
- KLAPP, E., BOEKER, P. und STÄHLIN, A. (1953): Wertzahlen der Grünlandpflanzen; Seite 38-40, Schaper Verlag, Hannover, 1953.
- SCHNELLHAMMER, R. und SIRCH, J. (2006): Versuchsbericht des Jahres 2005 der Höheren Landbauschule Rothalmünster (Hrsg.), Seite 122, 2006.
- SCHRÖPEL, R. (1971): Kalk auf Grünland; in: Integrierter Pflanzenbau – Versuchsergebnisse und Beratungshinweise des Amtes für Landwirtschaft und Forsten Rosenheim und der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Berichtsjahr 2005, Seite 112-114, Amt für Landwirtschaft und Forsten Rosenheim (Hrsg.), 2005.