

Auswirkungen der Düngung auf einen Borstgrasrasen

Roman Tenz¹, Reto Elmer², Olivier Huguenin-Elie¹ und Andreas Lüscher¹

¹Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8046 Zürich

²Landwirtschaftliches Bildungs- und Beratungszentrum Plantahof, 7302 Landquart

Auskünfte: Olivier Huguenin-Elie, E-Mail: olivier.huguenin@art.admin.ch, Tel. +41 44 377 72 42



Abb. 1 | Bestand auf der Alp dil Plaun, im Hintergrund der Piz Beverin. (Foto: Reto Elmer)

Einleitung

Borstgrasrasen bilden typische Pflanzengesellschaften der subalpinen und alpinen Stufe und sind flächenmässig die bedeutendsten Magerwiesen der Alpen (Dietl 1998). Sie kommen auf sauren, mässig trockenen bis frisch-feuchten Böden vor. Das bestandesbildende Borstgras (*Nardus stricta* L.) ist arm an Nähr- und Mineralstoffen und wird von den Tieren wegen seiner Zähigkeit nur in jungem Zustand gefressen. Schon seit Generationen wird seitens der Landwirtschaft versucht, dieses Gras zu Gunsten schmackhafter und gehaltreicher Futterpflanzen zurückzudrängen (Stebler und Schröter 1888).

Gewisse Ausprägungen der Borstgrasweiden (*Nardion strictae*) bilden aber recht artenreiche Gesellschaften. Diese Rasen beherbergen oft typische Alpenpflanzen, wie die Arnika (*Arnica montana* L.), die Bärtige Glockenblume (*Campanula barbata* L.), der Koch'sche Enzian (*Gentiana acaulis* L.) und die Weisszunge (*Pseudorchis albida* (L.) A. & D. Löve; Delarze und Gonseth 2008), darunter auch futterbaulich wertvolle, an mager Standorte angepasste Arten wie der Alpen-Klee (*Trifolium alpinum* L.) und der Alpen-Wegerich (*Plantago alpina* L.). Lässt sich der Borstgrasanteil in solchen Beständen durch eine mässige Düngung sinnvoll zurückdrängen, ohne dass diese agronomisch und ökologisch wertvolle Vielfalt verloren geht?

Methode

Langzeitversuch mit neun Düngungsverfahren

In einem langjährigen Versuch wurde die Wirkung von Hof- und Mineraldüngern auf einer Borstgrasweide untersucht. Neun Düngungsverfahren (Tab. 1) wurden seit 1994 in einem Block Design mit drei Wiederholungen auf 20 m² grossen Versuchspartellen angewendet. Die Versuchsfläche befindet sich auf der Alp dil Plaun (1950 m ü. M.) in der Gemeinde Scheid, Kanton Graubünden (Abb. 1). Sie ist nach Süden exponiert und weist eine Neigung von 5 % auf. Der mittlere Jahresniederschlag beträgt zirka 1400 mm und die mittlere Julitem-

peratur ist zirka 12 °C. Beim Boden handelt es sich um einen stark sauren Braunpodsol (pH 4,9–5,3 in 0–10 cm Bodentiefe bei Versuchsbeginn). Der Ausgangsbestand war eine Borstgrasweide mit zirka 75 % Gräsern und Sauergräsern – davon über 60 % Borstgras, 2 % Klee und 23 % Kräuter.

Die Parzellen wurden jährlich in der zweiten Julihälfte gemäht. Anfangs Juli 2007 wurde eine Liste aller vorkommenden Pflanzenarten auf jeder Parzelle erstellt und der Anteil jeder Pflanzenart am Ertrag nach den Klassen von Dietl (1995, modifiziert auf 12 Ertragsklassen) geschätzt. Von den entnommenen Bodenproben aus 0–10 cm Tiefe wurde der pH(H₂O) sowie die mit CO₂-gesättigtem Wasser und die mit Ammoniumacetat+EDTA extrahierbare Phosphor- und Kaliummenge (P-CO₂ und K-CO₂ respektive P-AAE10 und K-AAE10) bestimmt.

Resultate

Grosse Unterschiede beim Ertrag

Der Durchschnittsertrag für die Jahre 1997 bis 2007 ist in der Tabelle 2 angegeben. Alle Verfahren hoben sich von der Kontrolle signifikant ab. Die Verfahren Vollgülle und PK brachten eine durchschnittliche Ertragssteigerung von nur 26 % gegenüber der Kontrolle, während die Verfahren Mist und CaPK den Ertrag verdoppelten. Ein Grund für die relativ geringe Wirkung der reinen Vollgülle-Düngung könnte die Qualität der Gülle sein. Diese wies im Laufe der Jahre einen immer tieferen Trockensubstanz-Gehalt auf (von anfänglich 4 % zu etwa 1 %). Den höchsten Ertrag erreichten die Ver- >

Zusammenfassung Borstgras wird von Rindern ungerne gefressen. In einem Langzeitversuch auf 1950 m ü. M. werden die Einflüsse von neun Düngungsverfahren auf den Ertrag und die botanische Zusammensetzung eines Borstgrasrasens untersucht. Eine deutliche Ertragssteigerung und eine agronomische Verbesserung des Bestandes konnten durch eine mässige Düngung mit verrottetem Mist, verrottetem Mist plus Gülle oder mineralischem PK-Dünger kombiniert mit Kalkung erreicht werden. Im Verfahren mit verrottetem Mist und Gülle wurde der Borstgrasanteil gegenüber der Kontrolle fast halbiert. Dies zeigt das Potenzial von Hofdüngern, die agronomische Qualität von Borstgrasbeständen zu verbessern. Die Düngung mit stark verdünnter Vollgülle oder nur mit PK hat den Ertrag und den Bestand kaum verbessert. Die Anzahl Pflanzenarten wurde durch die mässige Düngung nur in zwei Verfahren signifikant reduziert. Dennoch wurden mehrere Arten magerer Standorte, die in der ungedüngten Kontrolle vorkamen, in den gedüngten Verfahren nicht gefunden. Agronomisch sowie ökologisch ist es deshalb sinnvoll, die auf der Alp limitiert vorhandenen Hofdünger bevorzugt auf den produktionstechnisch besten Flächen einzusetzen.

Tab. 1 | Beschreibung der neun Düngungsverfahren im Langzeitversuch mit einem Borstgrasrasen auf der Alp diil Plaun

Bezeichnung	Düngerart und -menge
Kontrolle	Keine Düngung
Vollgülle	20 m ³ ha ⁻¹ Vollgülle (1:2 verdünnt, 4 % Trockensubstanz) jedes 2. Jahr, nach dem Schnitt
Mist	10 t ha ⁻¹ verrottetem Mist jedes 3. Jahr im Frühling
Mist verflüssigt	10 t ha ⁻¹ verflüssigtem Rottemist jedes 3. Jahr im Frühling
Mist + HG	10 t ha ⁻¹ verrottetem Mist jedes 3. Jahr im Frühling und jährlich 15 m ³ ha ⁻¹ Harngülle (1:3 verdünnt) nach dem Schnitt
Ca	1000 kg CaCO ₃ ha ⁻¹ (= 561 kg CaO), als Ricokalk, jedes 3. Jahr im Frühling
PK	21,8 kg P ha ⁻¹ (= 50 kg P ₂ O ₅), als Superphosphat und 83,0 kg K ha ⁻¹ (= 100 kg K ₂ O), als Kaliumsulfat jedes 5. Jahr im Frühling
CaPK	P und K wie im Verfahren PK, und dazu 2000 kg CaCO ₃ ha ⁻¹ (= 1122 kg CaO), als Ricokalk, jedes 5. Jahr im Frühling
CaPK + N	P, K und Ca wie im Verfahren CaPK, und dazu jährlich 25 kg N ha ⁻¹ , als Ammoniumnitrat nach dem Schnitt

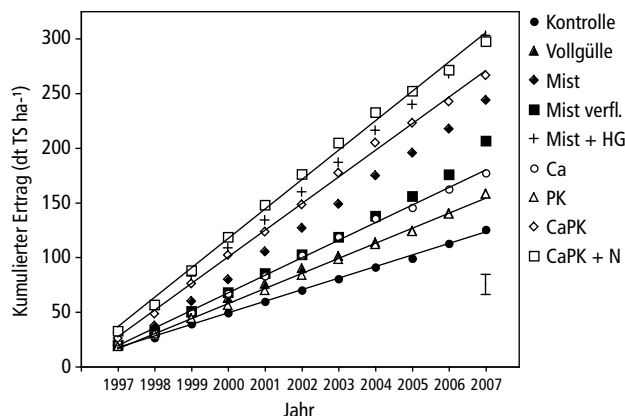


Abb. 2 | Kumulierte Futtererträge der neun Düngungsverfahren auf einem Borstgrasrasen auf 1950 m ü. M. von 1997 bis 2007. Fehlerindikator = Durchschnittlicher Standardfehler des Totalertrags von 1997 bis 2007.

fahren Mist + HG und CaPK + N. Das Beifügen von Stickstoff (Verfahren CaPK + N) brachte aber gegenüber dem Verfahren CaPK durchschnittlich nur einen Mehretrag von 11 kg TS pro kg N. Der lineare Anstieg der kumulierten Jahreserträge (Abb. 2) zeigt, dass zwischen 1997 und 2007 der Ertrag der ungedüngten Kontrolle und der Effekt der Düngung nicht deutlich zu- oder abgenommen haben.

Nur wenige nachweisbare Unterschiede im Boden

Die Verfahren mit Kalk haben zu einer pH-Erhöhung von zirka 0,3 Einheiten gegenüber der Kontrolle geführt (Tab. 2). Die anderen Verfahren beeinflussten den

Boden-pH nicht signifikant gegenüber der Kontrolle. Die Menge an P-CO₂ war zwischen den Verfahren nicht signifikant unterschiedlich (Tab. 2), also auch in den Verfahren mit Kalk und P-Düngung (CaPK und CaPK+N) nicht höher als in der Kontrolle. Die Mengen an K-CO₂ zeigten verfahrensbedingte Unterschiede, mit den tiefsten Werten in den Verfahren mit Kalkung und den höchsten Werten im Verfahren Mist + HG. Die Analyse mit Ammoniumacetat+EDTA zeigte ein ähnliches Bild wie die CO₂ Methode sowohl für P als auch für K (Daten nicht gezeigt). Der Humusgehalt in der ersten Bodenschicht (0–10 cm) lag um 10 %, ohne signifikante Unterschiede zwischen den Verfahren.

Grosse Unterschiede beim Borstgrasanteil

Nach 14 Jahren unterschiedlicher Düngung, gab es zwischen den Verfahren deutliche Unterschiede in der botanischen Zusammensetzung (Abb. 3 und 4). Ähnlich wie für den Ertrag waren die Unterschiede in der botanischen Zusammensetzung zwischen der Kontrolle und den Verfahren Vollgülle und PK nur gering. Die Unterschiede zwischen der Kontrolle und den anderen Verfahren wurden zu einem grossen Teil durch unterschiedliche Anteile an Borstgras verursacht: Während die Kontrolle im Jahr 2007 einen Ertragsanteil an Borstgras von etwa 65 % aufwies, lag der Borstgrasanteil im Verfahren mit dem wenigsten Borstgras (Mist + HG) bei rund 35 %.

Die Gruppe der Kräuter erreichte Ertragsanteile um 20 %, ohne wesentliche Unterschiede zwischen den Verfahren. Bei den einzelnen Kräutern gab es allerdings

Tab. 2 | Durchschnittliche Futtererträge von 1997 bis 2007, sowie pH und Nährstoffzustand des Bodens im Herbst 2006 für die neun Düngungsverfahren auf einem Borstgrasrasen auf 1950 m ü. M.

Verfahren	Ertrag ^{a)} dt TS ha ⁻¹ Jahr ⁻¹	pH ^{a)} (H ₂ O)	P-CO ₂		K-CO ₂ ^{a)}	
			mg P kg ⁻¹	Versorgungs- klasse	mg K kg ⁻¹	Versorgungs- klasse
Kontrolle	11,4 e	4,8 bc	1,2	B – C	21,0 bcd	B – C
Vollgülle	14,4 d	4,7 c	1,2	B – C	25,7 abcd	C
Mist	22,2 b	4,9 bc	1,4	C	34,3 ab	C – D
Mist verfl.	18,8 c	4,9 bc	1,4	C	31,5 ab	C – D
Mist + HG	27,5 a	5,0 ab	1,2	B – C	41,2 a	C – D
Ca	16,1 cd	5,2 a	0,9	B	14,7 cd	B
PK	14,4 d	4,8 bc	1,4	C	29,1 abc	C
CaPK	24,2 b	5,1 a	0,9	B – C	14,1 cd	B – C
CaPK + N	27,0 a	5,1 a	1,0	B – C	13,3 d	A – B

^{a)} Verfahren mit einem gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (p < 0,05 nach Duncans Test; keine signifikanten Unterschiede bei P-CO₂). Für die Erträge wurde die Varianzanalyse kombiniert über die 11 Jahre durchgeführt.
^{b)} Versorgungsklasse: A = arm, B = mässig, C = genügend, D = Vorrat.

deutliche Unterschiede. Die Anteile von Muttern (*Ligusticum mutellina* (L.) Crantz) variierten von weniger als 1% bei Kontrolle, Vollgülle und Ca bis knapp 7% bei CaPK und CaPK + N (Abb. 3).

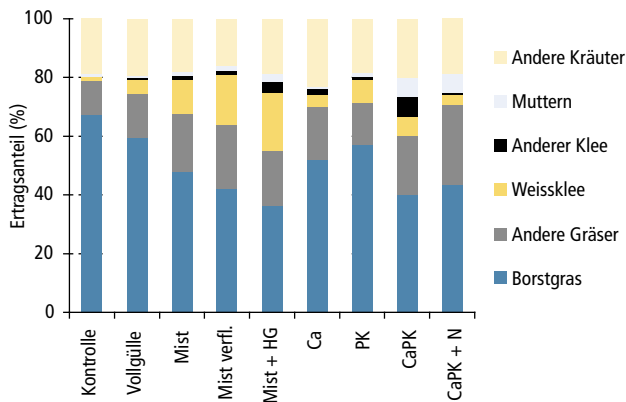


Abb. 3 | Botanische Zusammensetzung (ausgewählte Arten und Artgruppen) der Bestände im Jahr 2007 nach 14 Jahren unterschiedlicher Düngungsverfahren auf einem Borstgrasrasen auf 1950 m ü. M.

Verrotteter Mist fördert Kleewachstum

In den verschiedenen Verfahren erreichten die Kleeanteile Werte von 1 bis 23% (Abb. 3). Alle Düngungsverfahren haben gegenüber der Kontrolle (1% Klee) zu einem erhöhten Kleeanteil geführt. Dies war allerdings je nach Verfahren unterschiedlich ausgeprägt. Weniger als 10% Klee hatten die mit Vollgülle, PK, Ca und CaPK + N gedüngten Flächen. Zu den kleereichsten Verfahren gehörten alle mit verrottetem Mist. Der Kleeanteil betrug dabei zwischen 13 und 23% des Gesamtertrages. Diese höheren Kleeanteile wurden durch einen erhöhten Anteil Weissklee (*Trifolium repens* L.) bedingt, mit ungefähr 20% Weissklee bei den Verfahren Mist + HG und Mist verflüssigt.

Ertrag und Borstgrasanteil hängen zusammen

Auffallend war der deutlich negative Zusammenhang zwischen dem Ertrag und dem Anteil an Borstgras (Abb. 4). In solchen Beständen scheint deshalb die indirekte Ertragswirkung der Düngung durch Verschiebung der botanischen Zusammensetzung mindestens gleich wichtig zu sein, wie die direkte Ertragswirkung durch die Nährstoffzufuhr. Die Analyse der Zusammensetzung der Bestände im Jahr 2001 (Elmer *et al.* 2002)



Abb. 4 | Der saftige Bestand des Verfahrens Mist + HG (rechts) unterschied sich stark vom Borstgras dominierten Bestand des Verfahrens PK (links). (Fotos: Reto Elmer)

Tab. 3 | Anzahl vorkommende Pflanzenarten in den neun Düngungsverfahren nach 14 Jahren unterschiedlicher Düngung auf einem Borstgrasrasen und Unterschiede zur Kontrolle

Verfahren	Anzahl Pflanzenarten			Gegenüber der Kontrolle fehlende Arten ^{a)}		Gegenüber der Kontrolle zusätzliche Arten ^{b)}	
	Auf gesamte Fläche (60 m ²)	Ø pro Parzelle (20 m ²) ^{c)}		Anzahl Arten	Ø Nährstoffzahl	Anzahl Arten	Ø Nährstoffzahl
Kontrolle	51	34	ab	–		–	
Vollgülle	45	31	b	12	2,42	6	2,50
Mist	47	33	ab	11	2,36	8	2,75
Mist verfl.	52	32	ab	8	2,13	9	2,67
Mist + HG	46	32	ab	14	2,21	9	2,78
Ca	53	40	a	7	2,43	9	2,44
PK	52	36	ab	6	2,50	7	2,29
CaPK	41	33	ab	18	2,22	8	2,75
CaPK + N	41	31	b	16	2,19	6	2,67

^{a)} Pflanzenarten, die auf der gesamten Fläche der ungedüngten Kontrolle aber nicht in den gedüngten Verfahren gefunden wurden.

^{b)} Pflanzenarten, die auf der gesamten Fläche der gedüngten Verfahren aber nicht in der ungedüngten Kontrolle gefunden wurden.

^{c)} Verfahren mit einem gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ($p < 0,05$ nach Duncans Test).

zeigt, dass die Düngung den Borstgrasanteil schon damals deutlich beeinflusst hatte. Eine Änderung des Borstgrasanteils innerhalb der ersten Versuchsjahre könnte erklären, warum die Ertragswirkung der Düngung zwischen 1997 und 2007 nicht zunahm trotz Zusammenhang zwischen Ertrag und Borstgrasanteil.

Die einseitige PK-Düngung zeigt kaum eine Ertragswirkung und verdrängte das Borstgras nur wenig. Wahrscheinlich waren P und K nicht die Faktoren, die das Pflanzenwachstum am stärksten limitiert haben: In der Kontrolle wurde nach 14 Jahren ohne Düngung immer noch eine P- und K-Versorgungsklasse zwischen «mässig» und «genügend» gemessen. Dagegen war die Kombination von einer PK-Düngung mit einer Kalkung für das an saure und nährstoffarme Bedingungen angepasste Borstgras stark nachteilig.

Auf den Ertrag sowie auf den Borstgrasanteil hatte das Hofdünger-Verfahren Mist + HG eine gleich gute Wirkung, wie eine mineralische NPK-Düngung mit Kalkung (Verfahren CaPK + N). Dies zeigt, dass auf solchen Beständen mit hofeigenen Düngern sehr gute Ergebnisse erreicht werden können. Dennoch, weil auf der Alp die Tiere den grössten Teil der Zeit weiden und so nur wenig Hofdünger anfällt, könnten die in diesem Versuch angewendeten Hofdüngermengen nur für einen Teil der Alp mit alpeigenem Hofdünger gedeckt werden. Alp fremder Dünger darf nur mit einer Bewilligung der zuständigen kantonalen Fachstelle zugeführt werden (SöBV, 2009).

Die positive Wirkung der Verfahren mit Mist auf den Kleeanteil hat wahrscheinlich zu einem höheren N-Eintrag durch die symbiotische Fixierung geführt. Jacot *et al.* (2000) berichten bei Leguminosen auf 1900 m ü. M. von einem Anteil an symbiotisch fixiertem Stickstoff vom Gesamtstickstoff von 73 %. Entsprechend dem Kleeanteil der Verfahren bedeutet dies schätzungsweise einen zusätzlichen jährlichen N-Eintrag von 5 bis 15 kg pro Hektare für die kleereichsten Verfahren (Mist verflüssigt bzw. Mist + HG) im Vergleich zu den anderen Verfahren. Betrachtet man aber den Ertrag des Verfahrens CaPK, das keine N-Düngung bekam und einen bescheidenen Kleeanteil aufwies, wird klar, dass wohl auch der Boden beträchtliche N-Mengen nachzuliefern vermag.

Auswirkungen auf die Artenzahl

Total wurden in den 27 Parzellen 71 verschiedene Pflanzenarten gefunden. Mit durchschnittlich 31 Arten pro 20 m², wurden in den Verfahren Vollgülle und CaPK + N am wenigsten Arten gefunden (Tab. 3). Das war signifikant weniger als auf den Parzellen des Verfahrens Ca, das mit durchschnittlich 40 am meisten Arten aufwies. Das Verfahren Mist verflüssigt wies durchschnittlich nur 32 Arten pro Parzelle auf, in den drei Wiederholungen insgesamt (auf 60 m²) sind aber 52 verschiedene Arten gefunden worden, was ungefähr gleich viel war wie im Verfahren Ca. Auch Hejzman *et al.* (2007) haben eine hohe Artenzahl bei einem ursprünglich von Borstgras

und Heidekraut dominierten Düngeversuch in den nur mit Kalk gedüngten Parzellen gefunden.

Zwischen sechs und 18 Arten, die in der ungedüngten Kontrolle vorkamen, wurden in den verschiedenen gedüngten Verfahren nicht gefunden. Besonders viele Arten waren abwesend bei Vollgülle, Mist (je 12), Mist + HG (14), CaPK + N (16) sowie CaPK (18). Dabei sind bei verschiedenen Verfahren einige typische Arten magerer Standorte nicht gefunden worden, die in der Kontrolle vorkamen, wie beispielsweise der Schwarze Männertreu (*Nigritella rhellicani* Teppner und Klein) in den Verfahren Mist, Mist verflüssigt, Mist + HG, Ca, CaPK, CaPK + N, die Arnika (*Arnica montana* L.) in den Verfahren Vollgülle, Mist, CaPK, CaPK + N und die Gemeine Mondraute (*Botrychium lunaria* L., Abb. 6) in den Verfahren Mist, Mist verflüssigt, Mist + HG, CaPK, CaPK + N. Andererseits wurden bei jedem Verfahren zwischen sechs und neun Arten gefunden, die in der Kontrolle nicht vorkamen. Dazu zählen Bergwegerich (*Plantago atrata* Hoppe) in allen Düngungsverfahren und Gamander-Ehrenpreis (*Veronica chamaedrys* L.) in allen Verfahren ausser PK. Die durchschnittliche Nährstoffzahl (nach Landolt 1977) von den in den jeweiligen Verfahren gegenüber der Kontrolle zusätzlichen Arten war um 0,4 bis 0,6 Einheiten höher als diejenige der gegenüber der Kontrolle fehlenden Arten, ausser bei den Verfah-

ren PK, Vollgülle und Ca (Tab. 3). Betrachtet man den Ertragsanteil der Magerkeits- und Säurezeiger (gemäss ökologischen Zeigerwerten nach Landolt 1977), kann man feststellen, dass je höher der Ertrag für ein Verfahren ausfiel, desto geringer war der Ertragsanteil des häufigsten Säure- und Magerkeitszeigers dieser Bestände – des Borstgrases (Abb. 4). Für den Anteil an anderen Säure- und Magerkeitszeigern war jedoch kein deutlicher Trend zu erkennen.

Auf der Alp sind Bestände mit hoher Pflanzenvielfalt sowohl agronomisch (Leiber *et al.* 2005), für das Image der Produkte sowie für die Erhaltung der Artenvielfalt (Hohl, 2006) von grosser Bedeutung. Eine sinnvolle Düngung sollte deshalb die Artenvielfalt schonen. Die an mageren und sauren Untergrund angepassten Arten können aber wegen der Düngung schnell durch konkurrenzstarke Arten verdrängt werden (Rajaniemi 2002). Dies traf in diesem Versuch auch zu: Obwohl die Artenzahl in den drei ertragsstärksten Verfahren hoch blieb, verschwanden in diesen Verfahren mehrere typische Arten magerer Standorte. Im Verfahren Mist + HG war auch der futterbaulich wertvolle Braunklee (*Trifolium badium* Schreb.) nicht zu finden. Die Auswirkung auf die Pflanzenvielfalt war in Scheid aber viel geringer als beim Düngungsversuch auf der Eggenalp (1340 m ü. M., Goldhaferwiese) wo die NPK-Düngung eine Halbierung

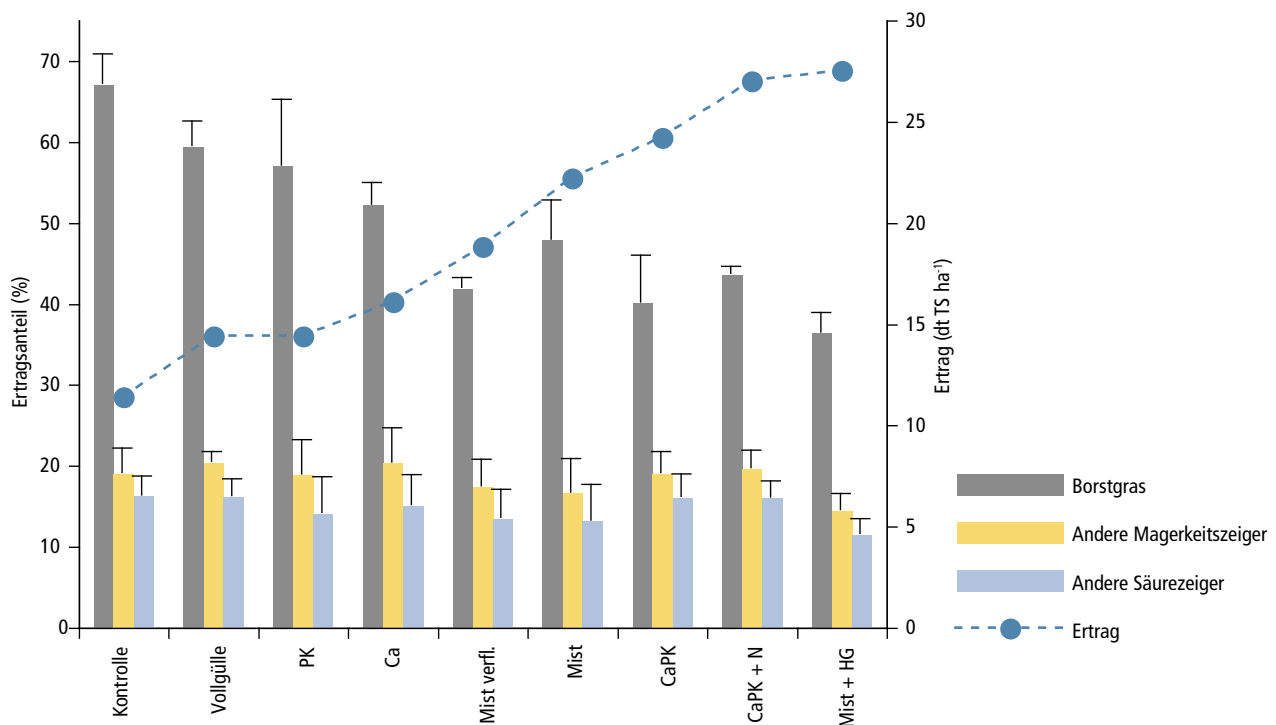


Abb. 5 | Ertragsanteil des Borstgrases und der anderen Magerkeits- und Säurezeiger (Balken) sowie Ertrag (Linie) in den neun Düngungsverfahren nach 14 Jahren unterschiedlicher Düngung auf einem Borstgrasrasen auf 1950 m ü. M. Als Säure- bzw. Magerkeitszeiger sind die Pflanzen mit der Reaktionszahl, respektive der Nährstoffzahl, 1 oder 2 dargestellt (Fehlerindikatoren = Standardfehler, n = 3).



Abb. 6 | Die Gemeine Mondraute war in den meisten gedüngten Verfahren nicht zu finden. (Foto: Olivier Huguenin-Elie, ART)

der Artenzahl hervorgerufen hat (Baumberger *et al.* 1996). Auf der Eggenalp wurde aber mit 82,5 kg N, 39,2 kg P und 149,4 kg K jährlich gedüngt, was einer deutlich höheren Düngung entspricht als die Düngungsniveaus im Versuch Scheid, auch wenn die höhenlagebedingten Unterschiede im Ertragspotential betrachtet werden.

Literatur

- Baumberger C., Koch B., Thomet P., Christ H. & Gex P., 1996. Entwicklung der Artenvielfalt im Langzeitversuch Eggenalp. *Agrarforschung* 3 (6), 275–278.
- Delarze R. & Gonseth Y., 2008. Lebensräume der Schweiz. Ott Verlag, Bern (2. Aufl.), p. 424
- Diel W., 1995. Wandel der Wiesenvegetation im Schweizer Mittelland. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 4, 239–249.
- Diel W., 1998. Wichtige Pflanzenbestände und Pflanzenarten der Alpweiden. *Agrarforschung* 5 (6), I-VIII.
- Elmer R., Accola A., Diel W., Bosshard H.-R. & Rossenberg E., 2002. Wirkung von Mist, Gülle und Mineraldünger in artenreichen Borstgrasweiden. *Montagna* 7, 34–35.
- Hejzman M., Klauisova M., Schellberg J. & Honsova D., 2007. The Rengen Grassland Experiment: Plant species composition after 64 years of fertilizer application. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 122, 259–266.
- Hohl M., 2006. Spatial and temporal variation of grasshopper and butterfly communities in differently managed semi-natural grasslands of the Swiss Alps. Diss. ETH No. 16624. S. 98.
- Jacot K. A., Lüscher A., Nösberger J. & Hartwig, U. A., 2000. Symbiotic N₂ fixation of various legume species along an altitudinal gradient in the Swiss Alps. *Soil Biology & Biochemistry* 32, 1043–1052.
- Landolt E., 1977. Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veröffentlichungen des Geobotanischen Instituts ETH-Zürich, *Stiftung Rübel* 64, 1–208.
- Leiber F., Kreuzer M., Nigg D., Wettstein H.R. & Scheeder M. R. L., 2005. A study on the causes for the elevated n-3 fatty acids in cows' milk of alpine origin. *Lipids* 40, 191–202.
- Rajaniemi T. K., 2002. Why does fertilization reduce plant species diversity? Testing three competition-based hypotheses. *Journal of Ecology* 90, 316–324.
- SöBV, 2009. SR 910.133 Verordnung über Sömmerungsbeiträge (Sömmerungsbeitragsverordnung, SöBV) vom 14. November 2007 (Stand am 1. Januar 2009).
- Spiegelberger T., Hegg O., Matthies D., Hedlund K. & Schaffner U., 2006. Long-term effects of short-term perturbation in a subalpine grassland. *Ecology* 87, 1939–1944.
- Stebler F.G. & Schröter C., 1888. Beiträge zur Kenntnis der Matten und Weiden der Schweiz VII. Das Borstgras (*Nardus stricta* L.), ein schlimmer Feind unserer Alpwirtschaft. *Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz* 2, 139–150.

Obwohl eine mässige Düngung mit zehn Tonnen verrottetem Mist alle drei Jahre keine signifikante Abnahme der Anzahl Pflanzenarten bewirkt hat, sind in diesem Verfahren, wie in den anderen gedüngten Verfahren, typische Arten magerer Standorte, die in der Kontrolle vorkamen, nicht gefunden worden. Um die wertvolle Pflanzenvielfalt nicht auf der gesamten Alp zu reduzieren, sollte deshalb ein Teil der Fläche ungedüngt bleiben. Dies ist besonders wichtig, weil die Effekte der Düngung auf die Pflanzenvielfalt in solchen Habitaten jahrzehntelang nach Verzicht auf Düngung erhalten bleiben (Spiegelberger *et al.* 2006). Dabei müssen sich ökologische und landwirtschaftliche Ziele nicht ausschliessen: Richtige Düngung auf ausgewählten Flächen und keine Düngung auf anderen (abgestufte Bewirtschaftung) führt zu einer Vielfalt an Pflanzengesellschaften, die aus landwirtschaftlicher und ökologischer Sicht wertvoll sein kann. Grossflächig bringt ein Mosaik mit verschiedenen Nutzungsintensitäten und Pflanzengesellschaften eine grosse Artenvielfalt hervor und begünstigt einen bevorzugten Einsatz der auf der Alp limitierten Hofdünger auf den landwirtschaftlich besten Flächen.

Schlussfolgerungen

Diese Ergebnisse zeigen, dass eine mässige Düngung auf Borstgrasweiden eine Erhöhung des Ertrags und eine agronomische Verbesserung des Bestandes bringen kann, aber dass dafür die Zusammensetzung der Dünger entscheidend ist. Sehr gute Resultate wurden mit Hofdüngern (Mist, Mist und Gülle) erzielt, aber auch mit einer mässigen kombinierten mineralischen CaPK-Düngung. Die neu eingeführte Bewilligungspflicht für alpfremden Dünger (SöBV, 2009) reduziert jedoch die praktische Relevanz der Verfahren mit Mineraldünger. ■

Riassunto**Effetti della concimazione su un prato di erba cervina**

L'erba cervina non è particolarmente apprezzata dai bovini. Nel quadro di un esperimento di lunga durata condotto a un'altitudine di 1950 m s.l.m. sono stati studiati gli effetti di nove tecniche di concimazione sulla resa e la composizione botanica di un prato di erba cervina.

In seguito a una concimazione moderata con letame decomposto, letame decomposto e liquame o concime minerale PK combinato con la calcitazione sono stati rilevati un notevole incremento di resa e un miglioramento dal profilo agronomico. Nel metodo che contemplava l'uso di letame decomposto e liquame, la quota di erba cervina è stata quasi dimezzata rispetto a quella presente sulla superficie di controllo. Ciò evidenzia quale sia il potenziale dei concimi aziendali per migliorare la qualità agronomica dei prati di erba cervina. La concimazione con liquame completo fortemente diluito o soltanto con concime PK non ha comportato alcun miglioramento della resa e della composizione botanica.

Il numero di specie vegetali ha potuto venir ridotto in maniera significativa mediante una concimazione moderata soltanto in due casi. Tuttavia, diverse specie generalmente riscontrabili sui prati magri e presenti sulle superfici di controllo non concimate non sono state rilevate sui prati sottoposti a concimazione. Dal profilo agronomico ed ecologico è quindi opportuno che i concimi aziendali disponibili in quantità limitate sull'alpe vengano preferibilmente distribuiti sulle superfici che presentano le caratteristiche tecniche migliori al fine della produzione.

Summary**Effects of fertilisation on a mat-grass grassland**

Mat-grass (*Nardus stricta* L.) produces poorly palatable forage. We assessed the effects of nine forms of fertilisation on yield and botanical composition of a mat-grass sward of the central Alps at 1950 m of altitude.

Moderate fertilisation with stored solid manure, stored solid manure plus slurry, or mineral PK fertilizer combined with liming achieved a significant yield increase and agricultural improvement of the sward. The effects of slurry alone or mineral PK fertilizer without liming were much smaller. After 14 years, the mat-grass proportion was only 35 % in the plots fertilized with solid manure plus slurry, compared to 65 % in the unfertilised plots. Mat-grass swards can thus be agriculturally improved by applications of farm manure.

The number of plant species was significantly decreased by the moderate fertilisation only in two treatments. Nevertheless, some species typical of nutrient poor sites and present in the unfertilized plots could not be found in the fertilized ones. It therefore seems best for summer farms with mat-grass grasslands, for both production and species conservation, to preferentially keep the produced manure for the area with the best production potential.

Key words: manure, Alps, *Nardus stricta*, yield, botanical composition.