

Der Güllezeitpunkt entscheidet über die N-Wirkung

Michael ZIMMERMANN und Bruno KOCH, Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaues (AGFF), CH-8046 Zürich
 Willy KESSLER, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Reckenholz (FAL), CH-8046 Zürich
 Jean-Marc BESSON, FAL, Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft (IUL), CH-3097 Liebefeld

Der gezielte Gülleinsatz ist Voraussetzung für eine pflanzengerechte und umweltschonende Düngung des Wieslandes. Von 1985 bis 1992 wurden mit Beteiligung verschiedener Institutionen* an vier Standorten Güllezeitpunkt-Versuche durchgeführt. Die Resultate zeigen, dass die Stickstoffwirkung beim Güllen im Frühling am höchsten war. Der Güllezeitpunkt beeinflusste die parzellenbezogene Nährstoffbilanz für Phosphat und Kali nicht.

Im Rahmen der Integrierten Produktion (IP) und des Bio-Landbaus sind Landwirtschaftsbetriebe in der Schweiz verpflichtet, einen gesamtbetrieblich ausgeglichenen Nährstoffhaushalt in bezug auf Stickstoff (N) und Phosphat (P_2O_5) auszuweisen. Es liegt im Interesse der Bauern und Bäuerinnen, dass Nährstoffe durch einen gezielten Hofdüngereinsatz nutzbringend eingesetzt werden. Dabei ist besonders die Gülle zu beachten, weil sie flüssig ist, einen relativ hohen Anteil an verfügbarem Stickstoff enthält und daher ein hohes Potential für Nährstoffverluste aufweist (Stauffer und Enggist 1990). Dazu wurden zwischen 1985 und 1992 eine Reihe von Güllezeitpunkt-Versuchen durchgeführt. Zimmermann *et al.* 1997 folgerten, dass der grösste futterbauliche Nutzen beim Ausbringen der Gülle während der Vegetationsperiode erzielt wird. In diesem Artikel wird über die Nährstoffhaushalte von Stickstoff, Phosphat und Kali abhängig vom Ausbringzeitpunkt der Gülle berichtet. Die Beschreibung der Standorte und der Verfahren ist in Tabelle 1 zusammengestellt.

Düngung und Entzug von Stickstoff

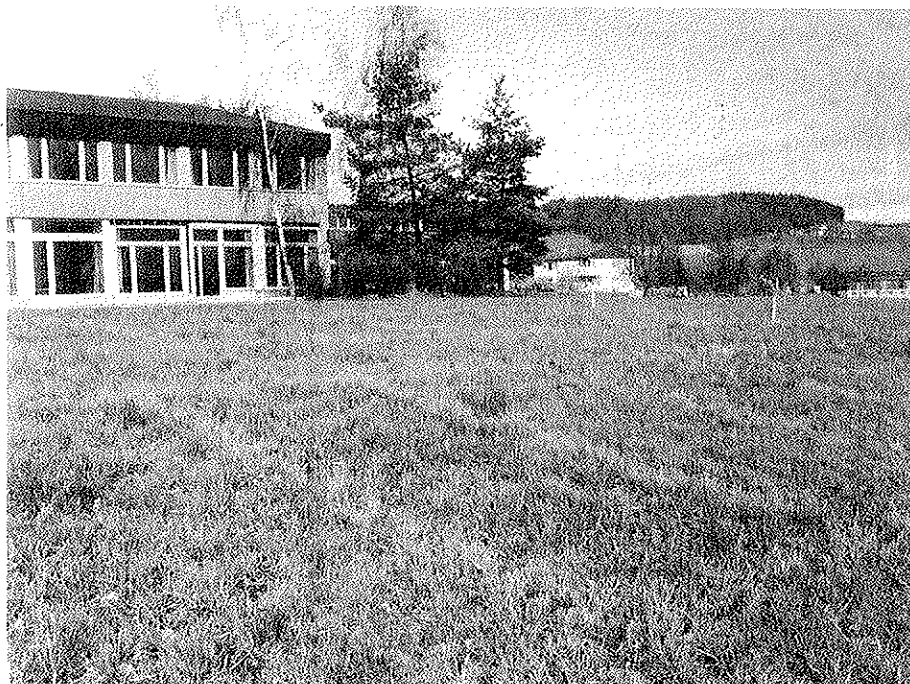
Die mit dem Güllen erfolgte N-Düngung führte nicht an jedem Standort zu einem höheren N-Entzug als im Kontrollverfahren ohne N-Düngung. Im Durchschnitt aller Jahre entzogen die Pflanzen dem Boden am milden Standort Hohenrain 190

kg N/ha und an den drei klimatisch rauheren Standorten Aeschi, Serneus und Stein um 130 kg N/ha (Tab. 2). In den Kontrollverfahren sind die N-Verluste vermutlich gering, da weder Stickstoff gedüngt noch der Boden bearbeitet wurde. Mineralisierter Stickstoff dürfte von den Pflanzen praktisch verlustfrei aufgenommen worden sein. Demnach würden die oben erwähnten Werte ungefähr dem natürlichen N-Angebot an den Standorten entsprechen (natürliches N-Angebot = N-Nachlieferung des Bodens + biologische N-Fixierung + N-Eintrag über die Atmosphäre). Mit dem Güllen wurde bei allen Gülleverfahren zusätzlich Stickstoff angeboten. Dieser führte erstaunlicherweise

nur in Aeschi zu einem signifikant höheren N-Entzug. Derselbe Effekt wurde in Hohenrain nur beim Güllen im Frühling erreicht. In Serneus war die N-Düngung sogar mit einer Reduktion des N-Entzuges um bis zu 13 % verbunden. Allerdings nahmen die Pflanzen nicht nur den Stickstoff der Gülle, sondern auch denjenigen aus dem natürlichen N-Angebot des Standortes auf. Die Wirkung des gedüngten Stickstoffs muss daher über die Berechnung der N-Effizienz erfasst werden. Dazu wurde die Differenz zwischen den TS-Erträgen der Gülleverfahren und der Kontrolle durch die Anzahl gedüngter Stickstoffeinheiten geteilt (Tab. 2: Fussnote 2). Das Resultat entspricht dem Mehrertrag pro Kilogramm verabreichten Stickstoffs.

Wirkung des gedüngten Stickstoffs

Unabhängig vom Standort war der gedüngte Stickstoff am stärksten ertrags-



Der Einfluss des Ausbringzeitpunktes der Gülle auf den Nährstoffhaushalt wurde in Parzellenversuchen untersucht. (Foto: H. Hebeisen)

* Beteiligte Institutionen: AGFF, FAL, IUL, AGFF Bergfutterbaufachstelle des Kantons Graubünden und die landwirtschaftlichen Schulen Flawil, Hohenrain sowie Hondrich

Tab. 1. Beschreibung der Standorte und Verfahren

Standort	Aeschi (BE)	Hohenrain (LU)	Serneus (GR)	Stein (SG)
Standortbedingungen				
Koordinaten	619 800/ 166 360	666 825/ 266 250	783 200/ 195 800	734 625/ 228 875
Höhe über Meer	856 m	610 m	1000 m	960 m
Neigung	0 %	3 %	13 %	10 %
Exposition		SW	N	NO
Klima				
mittl. Jahres-Temperatur	5,9°C	8,1°C	4,6°C	4,9°C
mittl. Niederschlag/Jahr	1400 mm	1100 mm	1300 mm	2000 mm
Pflanzenbestand	krautreich, Braunerde	Braunerde-Gley	krautreich, Kalkbraunerde	krautreich, versauerte Braunerde
Bodentyp	schwach humoser sandiger Lehm	sandiger Lehm	humoser sandiger Lehm	schwach humoser sandiger Lehm
Bodenart				
pH (H ₂ O)	6,2	7,2	6,9	5,4
P-Testzahl	14,5	26,0	70,3	13,6
K-Testzahl	6,0	6,4	7,1	3,6
Verfahren¹⁾				
Kontrolle ²⁾	PK-Düngung	PK-Düngung	PK-Düngung	PK-Düngung
Gülleverfahren:				
☒ Menge (Vollgülle):	40 m ³	50 m ³ + je 25 m ³ nach 1. und 2. Schnitt	40 m ³	40 m ³
☒ Ausbringzeitpunkt:				
Frühling	Vegetations- beginn nach Heuschnitt	Vegetations- beginn	Vegetations- beginn	Vegetations- beginn
Sommer				
Herbst	November	November	Oktober	Oktober
Frühwinter³⁾		Dezember	Dezember	
Spätwinter³⁾	Januar (auf Schnee)	Februar	Februar (auf Schnee)	Februar (auf Schnee)

¹⁾ 4 Wiederholungen pro Standort

²⁾ PK-Düngung gemäss Gehalt der Vollgülle oder gemäss Düngungsnorm (Walther et al. 1987)

³⁾ Aus Gewässerschutzgründen in der Praxis nicht erlaubt oder mit Auflagen verbunden (Stoffverordnung 1993; Düngen zur richtigen Zeit 1996)

wirksam, wenn die Gülle im Frühling ausgebracht wurde (Tab. 2). Das heisst, die Pflanzen produzierten zu diesem Zeitpunkt am meisten TS pro Kilogramm gedüngten Stickstoff. Wurde die Gülle im

Herbst, Früh- oder Spätwinter ausgebracht, war die N-Effizienz zum Teil wesentlich kleiner. In Aeschi und Hohenrain wurde eine Reduktion zwischen 5 % und 40 % und in Stein um 50 % errechnet.

Beim Güllen im Herbst oder Spätwinter wurde in Serneus sogar ein negativer Effekt des gedüngten Stickstoffs auf den TS-Ertrag festgestellt. An allen Standorten nahmen die Pflanzen während der Vegetationsruhe den Stickstoff nicht oder nur in geringen Mengen auf. Der mit der Gülle im Herbst und Winter ausgebrachte Stickstoff stand beim Einsetzen des Wachstums im Frühjahr den Pflanzen nicht mehr zur Verfügung.

Die niedrige N-Effizienz beim Güllen im Sommer (Tab. 2: Aeschi) kann zwei Gründe haben. Erstens wurde die Wirkung der einmaligen N-Düngung durch die weniger ertragswirksame Wuchsform der Gräser (kein Schossen im Sommeraufwuchs) stark eingeschränkt. Die Stickstoffmenge, die mit der einmaligen Güllgabe von 40 m³ verabreicht wurde, war für das geringe Ertragspotential des Sommeraufwuchses zu gross. Zweitens entspricht die Verdünnung der eingesetzten Gülle (1:1) nicht dem heute für den Sommer zu empfehlenden Verhältnis von 1:3 (Teile Gülle: Teile Wasser). Bei einer zu geringen Verdünnung nimmt die N-Wirkung der Gülle ab, besonders wenn die Gülle an warmen und trockenen Tagen ausgebracht wird (Walther 1996).

Phosphat- und Kali-Haushalt

Der Ausbringzeitpunkt der Gülle beeinflusste die parzellenbezogene Nährstoffbilanz für Phosphat (P₂O₅) und Kali (K₂O) nicht wesentlich (Abb. 1 und 2). Der P₂O₅- und K₂O-Haushalt wurde in erster Linie durch die Menge der Gülle beziehungs-

Tab. 2. N-Düngung, N-Entzug und N-Effizienz des gedüngten Stickstoffes sowie der Ertragsanteil der Leguminosen abhängig vom Ausbringzeitpunkt der Gülle (Die Werte sind Durchschnitte über die Versuchsdauer)

	Aeschi				Hohenrain				Serneus				Stein			
	N-Dün- gung ¹⁾	N- Entzug	N-Effi- zienz ²⁾	Legumi- noson	N-Dün- gung ¹⁾	N- Entzug	N-Effi- zienz ²⁾	Legumi- noson	N-Dün- gung ¹⁾	N- Entzug	N-Effi- zienz ²⁾	Legumi- noson	N-Dün- gung ¹⁾	N- Entzug	N-Effi- zienz ²⁾	Legumi- noson
	kg N/ha	kg N/ha	kg TS/ % kg N		kg N/ha	kg N/ha	kg TS/ % kg N		kg N/ha	kg N/ha	kg TS/ % kg N		kg N/ha	kg N/ha	kg TS/ % kg N	
PK-Düngung	0	131	7		0	188	4		0	133	9		0	127	9	
Frühling	100	167	15,3	6	141	203	12,6	1	89	127	4,4	6	78	134	8,1	2
Sommer	90	161	9,7	9												
Herbst	104	171	14,5	6	145	192	10,8	1	89	117	-3,6	6	80	123	3,9	3
Frühwinter					142	184	8,5	1	89	116	-3,0	6				
Spätwinter	105	165	13,2	6	147	181	10,3	1	89	118	-1,0	6	78	129	4,1	1
kgD5%		15				14				5				8		
Verfahren ³⁾		**				*				**				ns		
Jahr* Verfahren ³⁾		ns				ns				ns				**		

¹⁾ N-Düngung = N-gesamt

²⁾ N-Effizienz = (TS-Ertrag_{Verfahren x} - TS-Ertrag_{Kontrolle}) / N-Düngung_{Verfahren x}

³⁾ ns = nicht signifikant; * = p<0,05; ** = p<0,01

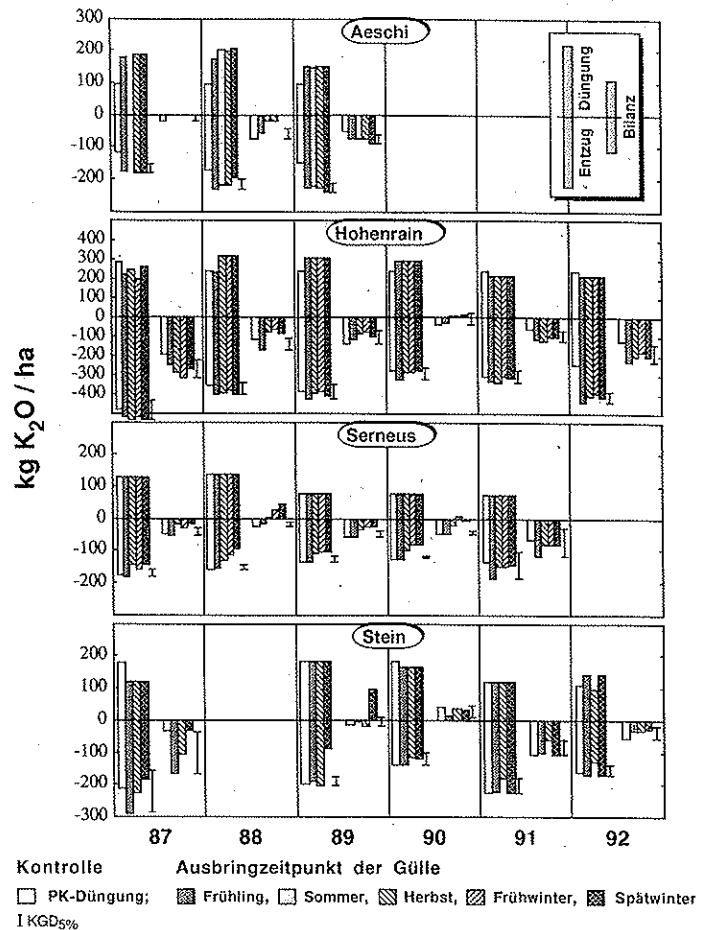
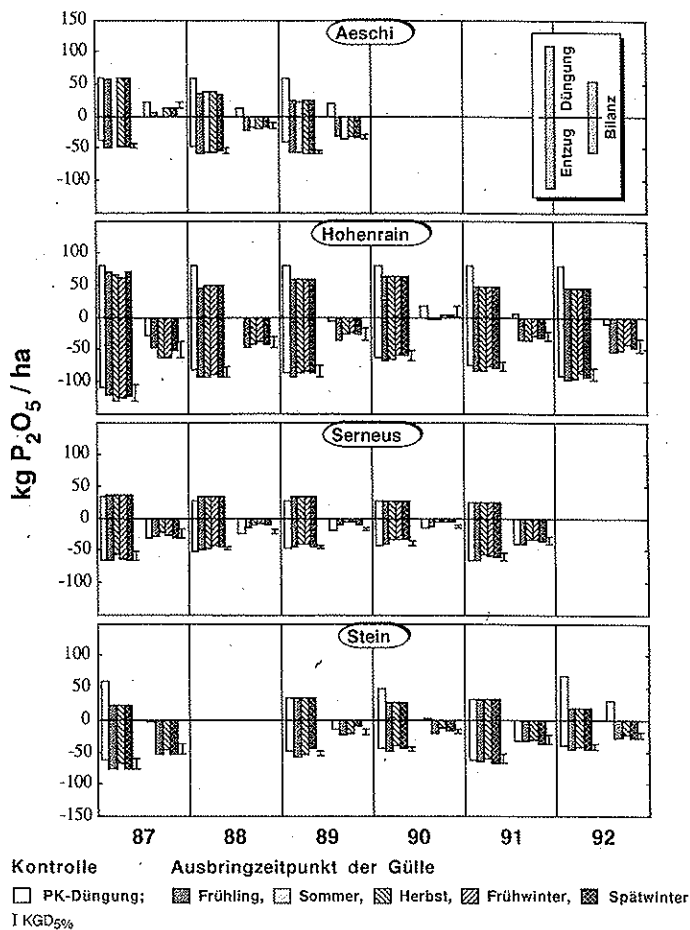


Abb. 1. Dünge-, Entzug und Bilanz (Düngung - Entzug) von P_2O_5 an vier Standorten abhängig vom Ausbringzeitpunkt der Gülle.

Abb. 2. Dünge-, Entzug und Bilanz (Düngung - Entzug) von K_2O an vier Standorten abhängig vom Ausbringzeitpunkt der Gülle.

weise der mineralischen PK-Düngung im Kontrollverfahren bestimmt. Am selben Standort war die Güllemenge pro Gabe bei allen Ausbringzeitpunkten jeweils gleich (Tab. 1).

Beim Phosphat traten Unterschiede in der Bilanz hauptsächlich zwischen den Gülleverfahren und der Kontrolle mit PK-Düngung auf (Abb. 1). Sie konnten ausschliesslich an Standorten festgestellt werden, wo die mineralische PK-Düngung nicht mit der in der Gülle enthaltenen P-Menge übereinstimmte (Abb. 1: Standorte Aeschi, Hohenrain und Stein (1987, 1990 und 1992)). Die mineralische PK-Düngung wurde nach der Düngungsnorm (Walther *et al.* 1987) bemessen, weshalb in den Kontrollverfahren mehr P_2O_5 gedüngt wurde als in den Gülleverfahren. Zusätzlich entzogen die Pflanzen der Kontrollverfahren weniger P_2O_5 , weil sie bei einem kleineren N-Angebot weniger gut wuchsen. Dies hatte im Vergleich zu den Gülleverfahren eine weniger negative oder sogar eine positive P_2O_5 -Bilanz der Kontrollverfahren zur Folge.

Das Ausbringen der Gülle im Frühling bewirkte eine deutlich negativere K_2O -

Bilanz als bei den andern Gülleverfahren (Abb. 2). Dies lässt sich mit den geringeren Kalientzügen in den Herbst- und Winterverfahren erklären.

Die Höhe der P_2O_5 - und der K_2O -Entzüge war eng mit den TS-Erträgen gekoppelt. Von 1987 bis 1990 verringerte sich der P_2O_5 - und K_2O -Entzug in Hohenrain, Serneus und Stein stetig und stieg danach wieder an (Abb. 1 und 2). Im Jahr 1990 mit den vermutlich witterungsbedingt tiefsten TS-Erträgen fiel die Bilanz an allen Standorten am wenigsten negativ aus. Überhaupt spielten an jedem Standort die von Jahr zu Jahr stark unterschiedliche Witterung sowie die Verfügbarkeit des Stickstoffs (N) für das Wachstum der Wiesenpflanzen eine grössere Rolle als das Phosphat- und Kaliangebot. Ein stickstoffbedingtes geringeres Wachstum der Pflanzen hatte eine geringere P_2O_5 - und K_2O -Aufnahme zur Folge.

Beurteilung von P- und K-Testzahlen

Der Verlauf der Phosphat- und Kali-Vorräte im Boden (mit der CO_2 -Methode ana-

lysiert) kann nicht eindeutig mit den P_2O_5 - und K_2O -Bilanzen erklärt werden. Weil der Verlauf der P- und K-Testzahlen sich stark gleicht, wird im folgenden nur auf die Beschreibung der P-Testzahl eingegangen. Längerfristig führen negative P_2O_5 -Bilanzen zu einer Abnahme der P-Testzahl. Tatsächlich konnte dies an den Standorten Aeschi, Serneus und Stein beobachtet werden, wo die P-Testzahl im Verlauf der Versuche zwischen 20 und 40 % abnahm (Abb. 3). Auch in Hohenrain war bei der P-Testzahl bis 1991 eine abnehmende Tendenz zu beobachten. Allerdings erstaunt, dass trotz negativen P_2O_5 -Bilanzen (Abb. 1) die P-Testzahl der Gülleverfahren im Jahr 1992 relativ zum mineralischen PK-Verfahren stark anstieg (Abb. 3).

Zur Interpretation der P- und K-Testzahlen gilt es zu beachten, dass die Pflanzen nicht nur das mittels Bodenanalysen erfasste Phosphat und Kali aufnehmen. Sie sollten im Futterbau immer zusammen mit weiteren Kriterien wie Zusammensetzung des Pflanzenbestandes und Mineralstoffgehalt im Futter beurteilt werden. Die gleichen Kriterien sollen zur Bemessung

der Düngergaben herangezogen werden (Walther *et al.* 1994).

Folgerung

Im Futterbau garantiert das Güllen im Frühling die höchste Stickstoffwirkung. Ohnehin ist es empfehlenswert, die Gülle während der Wachstumsperiode der Wiesenpflanzen auszubringen. Einerseits wird so der grösste Nutzen für die Futterproduktion erzielt. Andererseits kann mit dem regelmässigen Verteilen von kleineren Güllegaben auf alle Aufwüchse das N-Verlustrisiko noch verringert und damit die N-Wirkung noch gesteigert werden. Das Ausbringen während der Wachstumsperiode der Wiesenpflanzen entspricht der Forderung nach einem gezielten und effizienten Einsatz der Gülle. Dies hilft auf dem Landwirtschaftsbetrieb, einen wertvollen Dünger pflanzengerecht und umweltschonend einzusetzen und Kosten zu sparen.

DANK

Herzlichen Dank für die gute Zusammenarbeit gebührt den Mitgliedern der Gruppe «Hofdünger im Naturfutterbau»: J. Blum, M. Brühlmann, W. Dietl, A. Egger, R. Elmer, H. Hebeisen, V. Pavlovic, N. Roder, H. Schüpbach, W. Stauffer, R. Sutter. Wir danken den Herren Eduard Brunner, Andreas und Georg Florin und Hans Koller, dass sie uns ihre Wiesen zur Verfügung gestellt haben.

LITERATUR

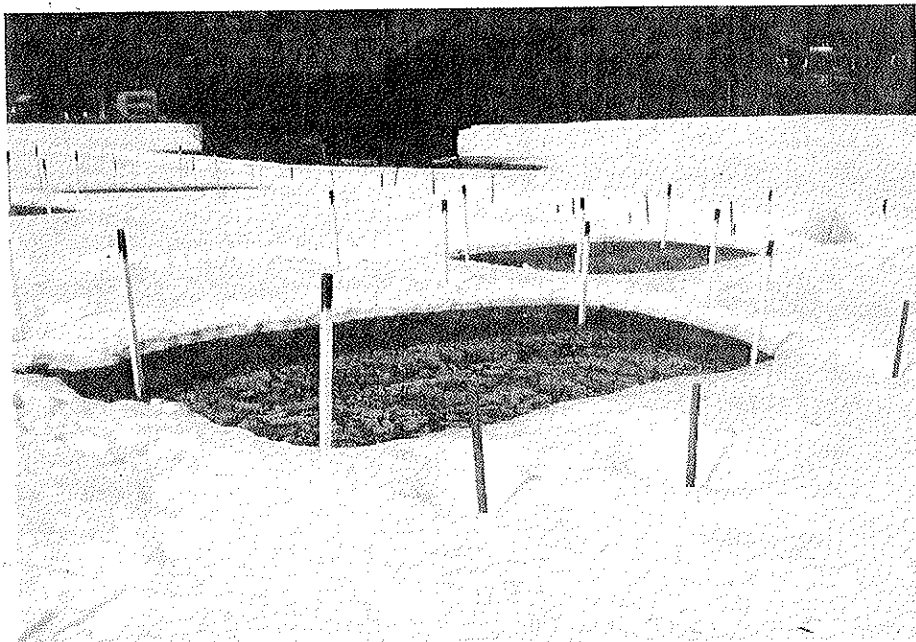
BLW und BUWAL (Bundesamt für Landwirtschaft, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft), (Hrsg.) 1996. Düngen zur richtigen Zeit. Form Nr. 319.012 d, EDMZ, Bern.

Walther U., Ryser J.P., Flisch R. und Siegenthaler A., 1987. Düngungsrichtlinien für den Acker- und Futterbau. Eidg. Forschungsanstalten FAP, RAC und FAC (Hrsg.), Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau (LBL).

Walther U., Menzi H., Ryser J.P., Flisch R., Jeangros B., Kessler W., Maillard A., Siegenthaler A.F. und Vuilloud P.A., 1994. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau. Eidg. Forschungsanstalten FAP, RAC und FAC (Hrsg.), *Agrarforschung* 1 (7), 1-40.

Walther U., 1996. Stickstoffdüngung auf dem IP-Betrieb planen. *UFA-Revue* 2, 27-29.

Schweiz. Bundeskanzlei (Hrsg.), 1993. Verordnung über umweltgefährdende Stoffe (StoV), EDMZ, Bern



Aus Versuchsgründen wurde ein Verfahren mit Gülle auf Schnee angewandt. Für die Praxis steht Güllen auf Schnee nicht mehr zur Diskussion (Gewässerschutz). (Foto: R. Elmer)

Stauffer W. und Enggist A., 1990. Einfluss von Gülleausbringtermin, Kultur und Wiesenumbuch auf die Nitratauswaschung in einem Lysimeterversuch. *Landwirtschaft Schweiz* 3 (7), 373-379.

Zimmermann M., Koch B., Kessler W. und Besson J.M., 1997. Gülle auf Wiesen ausbringen - wann? *Agrarforschung* 4 (2), 61-64.

RÉSUMÉ

L'époque d'application du lisier décide de l'efficacité de l'azote

L'utilisation ciblée du lisier est une condition nécessaire pour une fumure judicieuse des prairies et respectueuse de l'environnement. Des essais en champs dans quatre sites des régions de collines et de montagnes en Suisse ont été conduits de 1985 à 1992 dans le but d'étudier l'influence de l'époque d'application du lisier sur la dynamique des éléments nutritifs. Les résultats montrent que l'efficacité de l'azote a été la plus élevée lorsque le lisier a été appliqué au printemps en comparaison d'une application en été, en automne, au début de l'hiver ou en arrière-hiver (épandage sur la neige). L'époque d'application n'a pas influencé le bilan du phosphore et du potassium des parcelles (apports - exportations par les plantes). Il en a été déduit que le lisier est à épandre en petite quantité pour chaque repousse et qu'ainsi on évite les pertes d'azote et économise des engrais de valeur.

SUMMARY

Time of slurry application determines nitrogen efficiency

An accurate slurry application is the basis of a legitimate fertilization of meadows considering

plant requirements and environmental aspects. From 1985 to 1992 the effect of the timing of slurry supply on nutrient cycles was investigated in field experiments at four sites in the mountain and hill region of Switzerland. The results show that nitrogen efficiency was highest, if slurry is supplied in spring compared to summer, autumn, early winter and late winter (slurry application onto snow cover). Time of application did not have any influence on nutrient balance (fertilization - capturing by plants) of phosphate and potassium. It is concluded, that supplying slurry in small quantities to regrowing swards prevents nitrogen losses and economizes a valuable fertilizer.

KEY WORDS: slurry, application time, nitrogen efficiency, nitrogen losses