

# Einfluss von Rinderausscheidungen auf die auswaschungsbedingten Verluste unter einem Gräserrasen

Jakob Troxler, Jean-Pierre Ryser, Jean-Paul Pittet, Hélène Jaccard und Bernard Jeangros,  
Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 1260 Nyon 1

Auskunft: Bernard Jeangros, E-Mail: bernard.jeangros@acw.admin.ch, Tel. +41 22 363 47 38



Foto ACW

Um die Risiken von Nahstoffverlusten unter einer Weide zu untersuchen, wurden die Einflüsse verschiedener Mengen an Kot und Harn in Lysimetern untersucht.

## Einleitung

Auf einer intensiv bewirtschafteten Weide können im Durchschnitt während einer Weidesaison eine oder zwei Kot- oder Harnstellen pro m<sup>2</sup> gezählt werden. Verschiedene Studien haben gezeigt, dass die Rinderausscheidungen Auswirkungen auf die Grasproduktion, aber auch auf die Verluste von Nahstoffen hatten (Decau *et al.* 2004; Smith *et al.* 2002; Stout *et al.* 1997; Cuttle et Bourne 1993). Um die Auswirkungen unter unseren Bedingungen näher zu erfassen, wurde in Changins ein Versuch mittels Lysimetern angesetzt. In einem ersten

Artikel beschrieben Troxler *et al.* (2008) die Auswirkungen der Rinderausscheidungen auf das Wachstum und den Nahstoffgehalt einer aus Gräsern bestehenden Grasnarbe. Das Einbringen von Harn bewirkte eine eindeutige Zunahme der Ausbeute an Trockenmasse. Die Wirkung von Rinderkot war viel bescheidener, setzte später ein und hielt länger an als diejenige von Harn.

Ziel dieses zweiten Artikels ist es, die Auswirkungen der Kot- und Harnausscheidungen auf die Nahstoffverluste durch Auswaschung zu bestimmen, und daraus praktische Empfehlungen zur Minimierung der Verlustrisiken und Umweltschäden zu formulieren.

## Material und Methoden

Der Versuch wurde in Changins von 1997 bis 2000 mittels 19 Lysimetern gefüllt mit Boden, der auf dem Betrieb von Changins entnommen wurde, durchgeführt (pH: 8.1, organische Substanz: 1.4%, Lehm: 27%; Troxler et al. 2008). Die Narbe bestand zu 95 % aus Englischem Raygrass (*Lolium perenne*, var. Arion) und zu 5 % aus Wiesenrispengras (*Poa pratensis*, var. Monopoly). Der Versuch gliederte sich in zehn Verfahrensweisen (Tab. 1). Die Kontrolle ohne Ausscheidungen und die acht Verfahren mit Ausscheidungen wurden in je zwei Lysimetern wiederholt, das Verfahren «unbewachsener Boden» und ohne Einfuhr hingegen nicht. Die acht Verfahren mit Ausscheidungen wurden durch eine Kombination von zwei Ausscheidungstypen (Kot und Harn, Tab. 2), zwei Einfuhreperioden (nur im Herbst oder im Frühling und im Herbst) und einer einfachen (eine 2 kg-Kotgabe oder eine 2 l-Harngabe) oder zweifachen Gabe (zwei Kotgaben oder zwei Harngaben) erhalten. Der Kot und der Harn wurden in den Jahren 1997 und 1998 eingebracht und die Nachwirkungen bis Ende 2000 gemessen. In allen Verfahren von 1997 bis 2000, mit Ausnahme des Verfahrens «unbewachsener Boden», wurde eine identische Mineraldüngung (6×20 kg/ha N, 16 kg/ha P, 27 kg/ha K und 20 kg/ha Mg) angewendet. Um die Weidenachzuehen wurde der Grasbewuchs alle vier Wochen gemäht (acht Schnitte/Jahr). Die Mengen des Auswaschungswassers und dessen Gehalt an Gesamtnährstoffen (N, P, K und Mg) wurden mit den Methoden des Sol-Conseil-Labors in Nyon regelmässig gemessen. Von der Applikation der ersten Kot- und Harngaben an (15.05.97) bis Dezember 2000 (15.12.00) wurden insgesamt 22 Sequenzen gemessen.

## Resultate und Diskussion

### Stickstoffverluste

Die von 1997 bis 2000 gemessenen Verluste an Gesamtstickstoff durch Auswaschung schwanken zwischen den Verfahrensweisen (Abb. 1). Während sie ohne Ausscheidungen (Kontrolle) oder mit ein bis zwei Kotgaben/Jahr (Verfahren 1Kh, 2Kh und 2Kfh) eindeutig weniger als 100 kg/ha betragen, erreichen sie ca. 500 kg/ha im Verfahren mit vier Harngaben/Jahr (4Hfh).

Die mittleren Stickstoffverluste sind dreimal höher in den Verfahren mit Harngaben als in denjenigen mit Kotgaben, wobei die grössten Verluste im Verfahren mit zwei Harngaben im Herbst (2Hh und 4Hfh) festgestellt wurden. Zwei auf den Frühling und den Herbst verteilte Harngaben (2Hfh) haben weniger Verluste zur Folge als zwei Harngaben im Herbst (2Hh). Dies ist zu einem guten

**Zusammenfassung** ■ Rinderkot und -harn wurden während zwei Jahren, in zwei Jahreszeiten und in einfacher oder in doppelter Menge, auf einem in Lysimetern angebauten Gräserrasen ausgebracht, um Nährstoffverluste durch Auswaschung zu erfassen. Die Gesamtstickstoffverluste schwankten zwischen 18 und 226 kg/ha/Jahr: während sie in den Verfahren «ohne Ausscheidungen» oder «mit Kot» 50 kg/ha/Jahr unterschritten, gingen sie in den Verfahren mit zwei Harngaben pro m<sup>2</sup> im Herbst weit über 100 kg/ha/Jahr hinaus. Die Gesamtphosphorverluste waren unbedeutend und immer tiefer als 1 kg/ha/Jahr. Trotz einer je nach Verfahren sehr unterschiedlichen scheinbaren Bilanz (Einfuhren – Ausfuhren durch die acht Jahresernten) waren die Gesamtkaliumverluste kaum von den Ausscheidungen beeinflusst. Während sie sehr nah bei 30 kg/ha/Jahr lagen, erreichten sie 49 kg/ha/Jahr im Verfahren mit der überschüssigsten K-Bilanz (+716 kg/ha/Jahr mit vier Uringaben pro Jahr). Die Gesamtmagnesiumverluste betragen im Durchschnitt 70 kg/ha/Jahr. Sie waren immer höher als die Bilanzwerte und wurden wenig von den Ausscheidungen beeinflusst. Zur Limitierung der Nährstoffverluste auf der Weide, vor allem beim Stickstoff, sollte eine homogene Verteilung der Exkremente durch eine angepasste Koppelanordnung und -zahl, eine kurze Verweildauer pro Koppel und einen regelmäßigen Weiderhythmus über die ganze Saison begünstigt werden. Im Herbst sollte die Vollweide gemieden werden.

**Tab. 1 |** Jährliche Stickstoff-, Phosphor-, Kalium- und Magnesiummengen (kg/ha/Jahr), die durch Mineraldüngung und Ausscheidungen zugeführt wurden, durch Ernten exportiert wurden und durch Auswaschung verloren gingen (Durchschnittswert von 2 Lysimetern, ausgenommen für das Verfahren «unbewachsener Boden»)

Verfahren	Kontrolle	1Kh	2Kh	2Kfh	4Kfh	1Hh	2Hh	2Hfh	4Hfh	Unbew. Boden
Ausscheidungstyp	–	Kot	Kot	Kot	Kot	Harn	Harn	Harn	Harn	–
Applikation im Frühling <sup>1</sup>	–	–	–	1	2	–	–	1	2	–
Applikation im Herbst <sup>2</sup>	–	1	2	1	2	1	2	1	2	–
<b>Stickstoff (N)</b>										
Zufuhr Mineraldüngung	120	120	120	120	120	120	120	120	120	0
Zufuhr Ausscheidungen <sup>3</sup>	0	71	142	130	260	144	288	268	536	0
Atmosphärische Deposition	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Export durch die Ernten <sup>3</sup>	85	81	105	94	106	111	126	177	235	0
Scheinbare Bilanz <sup>4</sup>	60	135	181	181	299	178	307	236	447	25
Verlust durch Auswaschung <sup>5</sup>	18	20	26	26	46	91	144	87	226	147
<b>Phosphor (P)</b>										
Zufuhr Mineraldüngung	16	16	16	16	16	16	16	16	16	0
Zufuhr Ausscheidungen <sup>3</sup>	0	25	50	42	83	0	0	1	1	0
Export durch die Ernten <sup>3</sup>	18	16	21	19	21	20	22	29	33	0
Scheinbare Bilanz <sup>4</sup>	-2	25	45	39	79	-4	-6	-13	-16	0
Verlust durch Auswaschung <sup>6</sup>	0,14	0,15	0,30	0,20	0,33	0,21	0,15	0,20	0,18	0,26
<b>Kalium (K)</b>										
Zufuhr Mineraldüngung	27	27	27	27	27	27	27	27	27	0
Zufuhr Ausscheidungen <sup>3</sup>	0	21	42	48	96	252	504	495	990	0
Export durch die Ernten <sup>3</sup>	115	106	125	117	133	143	165	231	301	0
Scheinbare Bilanz <sup>4</sup>	-88	-58	-56	-42	-10	135	365	291	716	0
Verlust durch Auswaschung <sup>6</sup>	24	23	33	28	26	30	31	28	49	23
<b>Magnesium (Mg)</b>										
Zufuhr Mineraldüngung	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0
Zufuhr Ausscheidungen <sup>3</sup>	0	18	35	30	60	4	8	6	12	0
Export durch die Ernten <sup>3</sup>	10	9	11	10	11	13	13	19	22	0
Scheinbare Bilanz <sup>4</sup>	10	29	44	40	69	12	15	8	10	0
Verlust durch Auswaschung <sup>6</sup>	70	68	66	67	70	70	82	76	74	67

<sup>1</sup> Applikation Mitte Mai, 1= einfache Applikation, 2= zweifache Applikation

<sup>2</sup> Applikation Mitte September, 1= einfache Applikation, 2= zweifache Applikation

<sup>3</sup> Durchschnittswert 1997–1998

<sup>4</sup> Summe der Zufuhren – Export durch Grasernten, Durchschnittswert 1997–1998

<sup>5</sup> (Summe der Verluste vom 15.05.97 bis 15.04.99)/2

<sup>6</sup> (Summe der Verluste vom 15.05.97 bis 17.04.00)/3

Teil auf ein besseres Wachstum der Narbe und auf höhere Stickstoffausfuhren im 2Hfh-Verfahren zurückzuführen (Tab. 1).

Verschiedene Studien bestätigen, dass die Menge des im Boden vorhandenen Stickstoffes umso grösser ist, je später der Termin der Uringabe ist (Cuttle und Bourne 1993; Stout *et al.* 1997). Wenn die Pflanzen diesen Stickstoff nicht aufnehmen, nehmen die Auswaschungsrisiken stark zu. Vertes *et al.* (1997) beobachteten eine Stickstoffauswaschung von 48 kg/ha nach einer Harn-gabe im Monat Mai, während sie für dieselbe Harn-gabe im September 127 kg/ha betrug. Eine feinere Analyse

der Abbildung 1 zeigt, dass die Unterschiede zwischen den Verfahren mehrheitlich am Ende des ersten Winters (Messung 27.02.98) und vor allem des zweiten (Messung 26.03.99) zustande kamen. Die hohen Verluste, die am Ende des Winters 1998/99 beobachtet wurden, erklären sich durch die starken Niederschläge im Februar und im März 1999 (200 mm, während sie im 1998 in der gleichen Periode 35 mm betragen). Seit dem 15.04.99, d. h. sechs Monate nach der letzten Gabe von Ausscheidungen, nehmen die Stickstoffverluste durch Auswaschung erheblich ab und die Unterschiede zwischen den Verfahren gleichen sich allmählich aus. Bis 27.02.98 waren die

**Tab. 2 | Durchschnittsgehalt an Nährstoffen (g/kg) von Rinderkot und -harn, die in den Verfahren mit Ausscheidungen in 1997 und 1998 verabreicht wurden (Durchschnittswerte von 4 Analysen)**

	TS	OS	N <sub>tot</sub>	P	K	Mg
Kot	112,1	89,5	3,25	1,04	1,21	0,75
Harn	53,0	22,7	6,70	0,01	12,38	0,15

TS: Trockensubstanz  
OS: organische Substanz

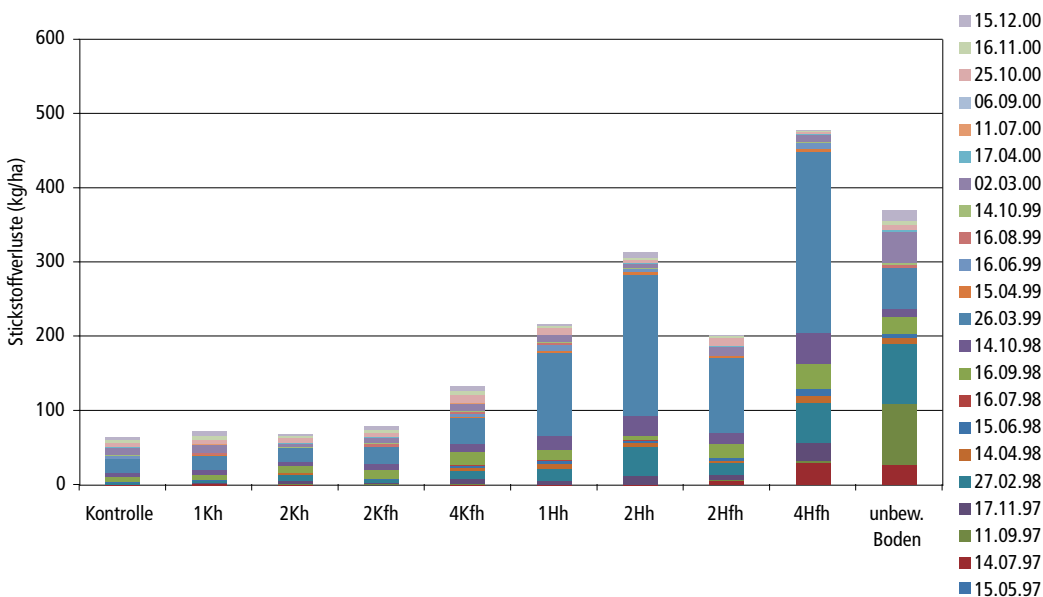
festgestellten Verluste im Verfahren «unbewachsener Boden» am höchsten. Diese Verluste sind hauptsächlich durch die Mineralisation der organischen Substanz bedingt, hat doch keine Zufuhr stattgefunden, weder an mineralischen Düngern noch an Ausscheidungen.

Tabelle 1 gibt die mittlere scheinbare Stickstoffbilanz (Zufuhr – Ausfuhr durch Grasernten) über die Jahre 1997 und 1998 an. Diese Bilanz ist für alle Verfahren mit einer aus Gräsern bestehenden Grasnarbe positiv (von +60 bis +447 kg/ha/Jahr), zum Teil weil diese in den Lysimetern nicht sehr gut wuchs (Troxler *et al.* 2008). In den Jahren 1997 und 1998 schwankten die jährlichen auswaschungsbedingten Stickstoffverluste zwischen 18 und 226 kg/ha/Jahr. Der Vergleich der scheinbaren Bilanzen mit den jährlichen auswaschungsbedingten Verlusten zeigt eine sehr gute Beziehung, wenn die Verfahren mit Kotgaben

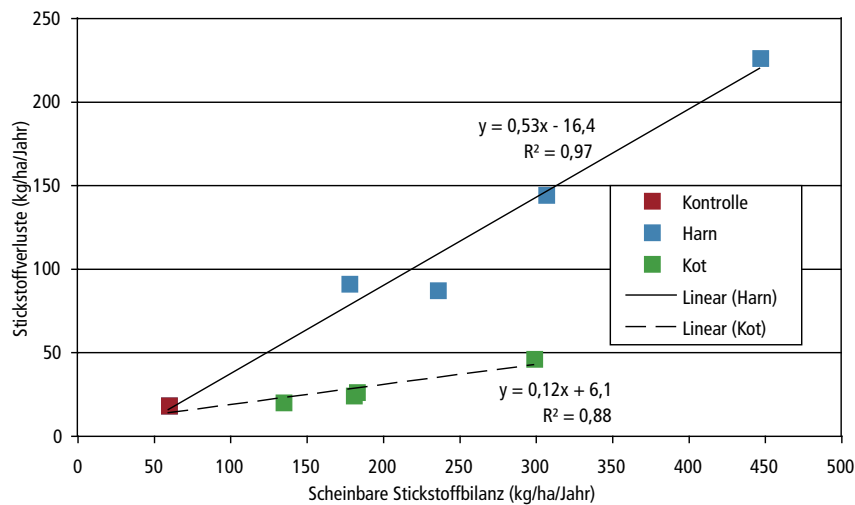
und diejenigen mit Harngaben einzeln genommen werden (Abb. 2). Jedes Kilogramm Stickstoff, das in den Ausscheidungen enthalten ist, von den Pflanzen nicht aufgenommen und durch die Ernten ausgeführt wird, hat bei Harngaben eine Zunahme der Stickstoffverluste von 0,53 kg zur Folge, während die Zunahme bei Kotgaben nur 0,12 kg beträgt.

Die bei diesem Versuch festgestellten Mengen an ausgewaschenem Stickstoff stimmen mit den Beobachtungen von Laurent *et al.* (2000) und von Vertes *et al.* (1994 und 1997) überein. Die höheren Verluste bei Harngaben gegenüber einer Mineraldüngerzufuhr oder Ausscheidungen in Form von Kot wurden bereits beschrieben (Decau *et al.* 2004; Stout *et al.* 1997). Urin enthält mehr Stickstoff als Kot (Tab. 2), wobei dieser Stickstoff vor allem als Harnstoff vorliegt. Eine Harnstoffgabe bewirkt hohe Stickstoffkonzentrationen, welche die Aufnahmefähigkeit der Pflanzendecke und das mikrobielle Reorganisationsvermögen bei weitem übersteigen (Laurent *et al.* 2000). Zudem versickert der Harn sofort in den Boden, wo der Harnstoff hydrolysiert und nitrifiziert wird, und damit auswaschbar wird. Demgegenüber liegt der Kot-Stickstoff grösstenteils in organischer Form vor und muss vor dem Versickern in den Boden mineralisiert werden.

Bei Vollweide in tiefen Lagen können im Durchschnitt 1,3 Kot- und Harnstellen pro m<sup>2</sup> und Weidesaison gezählt werden (persönliche Beobachtungen). Somit



**Abb. 1 | Gesamtstickstoffverluste durch Auswaschung vom 15.05.97 bis 15.12.00 (22 Sequenzen) bei verschiedenen Kot- und Harngaben (Legende zu den Verfahren: s. Tab. 1).**



**Abb. 2 |** Zusammenhang zwischen der scheinbaren Stickstoffbilanz und den auswaschungsbedingten Stickstoffverlusten (Durchschnitt der Jahre 1997 und 1998); rotes Symbol = Kontrolle ohne Ausscheidungen, blaue Symbole = Verfahren mit Harngaben, grüne Symbole = Verfahren mit Kotgaben; durchgehender Strich = Regression über die Kontrolle ohne Ausscheidungen und die Verfahren mit Harngaben; unterbrochener Strich = Regression über die Kontrolle ohne Ausscheidungen und die Verfahren mit Kotgaben).

können die durch Auswaschung verursachten Stickstoffverluste auf einer von Englischem Raygrass betonten Weide und mit einer Mineraldüngung von 120 kg/ha/Jahr auf ca. 50 kg/ha/Jahr geschätzt werden unter der Voraussetzung, dass die Ausscheidungen gleichmässig verteilt sind. In den Zonen mit einer hohen Harnstellenkonzentration können die Verluste viel höher sein. Dieser Situation kann durch eine gute Weideführung vorgebeugt werden: gezielte Anordnung und Anzahl der Koppeln, kurze Verweildauer in den einzelnen Koppeln und regelmässiger Weidegang während der ganzen Weidesaison. Da die Verlustrisiken unter den im Herbst entstandenen Harnstellen besonders hoch sind, sollte eine Vollweide am Ende der Weidesaison vermieden werden. Schliesslich kann eine Nutzung, wo die Mahd abwechselnd mit Weidegang betrieben wird, weitgehend zur Herabsetzung der Stickstoffverluste beitragen (Laurent *et al.* 2000).

### Phosphorverluste

Die im Auswaschungswasser von 1997 bis 2000 gemessenen Gesamtphosphorverluste sind sehr tief. Sie liegen zwischen 0,5 und 1,3 kg/ha (Abb. 3) und sind etwas ausgeprägter in den Verfahren mit 2 Kotgaben im Herbst (2Kh und 4Kfh). In allen Verfahren traten die P-Haupt-

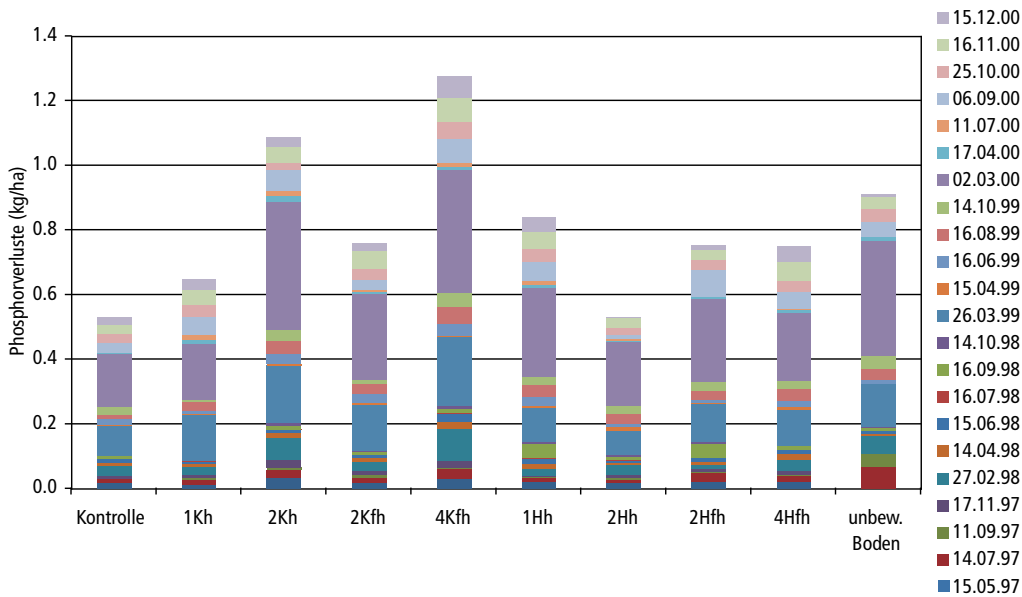
verluste spät gegen Ende des Winters 1998/99 ein (Messung 26.03.99), vor allem gegen Ende des Winters 1999/00 (Messung 2.03.00), der sich durch starke Niederschläge im Februar (122 mm) auszeichnete.

Die scheinbare Phosphor-Jahresbilanz ist in der Kontrolle ohne Ausscheidungen und in den Verfahren mit Harngaben leicht negativ (Tab. 1). Sie fällt in den vier Verfahren mit Kot positiv aus, wobei letzterer viel mehr Phosphor als der Harn enthält (Tab. 2). Wenn auch die P-Jahresverluste sehr schwach sind, sind sie zum Teil mit der scheinbaren Bilanz verbunden ( $R^2 = 0,60$ ).

Die geringen in diesem Versuch gemessenen Gesamtphosphorverluste bestätigen die Beobachtungen von Sinaj *et al.* (2002). Diese Autoren zeigten, dass die meisten Böden ein hohes P-Fixierungsvermögen besitzen und dass auch bei starker P-Konzentration in der Bodenlösung und trotz bevorzugter Fließwege im Profil die Auswaschungsrisiken schwach waren.

### Kaliumverluste

Die zwischen 1997 und 2000 gemessenen Kaliumverluste sind ziemlich ausgeprägt (Abb. 4). Von den zehn untersuchten Verfahren weisen neun Verluste von nahezu 100 kg/ha nach. Das 4Hfh-Verfahren sticht



**Abb. 3 |** Gesamtposphorverluste durch Auswaschung vom 15.05. 97 bis 15.12.00 (22 Sequenzen) für verschiedene Kot- und Hargaben (Legende zu den Verfahren: s. Tab. 1).

durch höhere Verluste (174 kg/ha) hervor. Die K-Verluste verteilen sich ziemlich gleichmässig über die ganze Versuchsperiode und die Endwinter-Höchstwerte waren viel weniger ausgeprägt als für N und P.

Die scheinbare K-Bilanz schneidet für die Kontrolle und für die Verfahren mit Kot negativ ab und ausgesprochen positiv in den Verfahren mit Hargaben, wo die K-Einfuhr durch die Ausscheidungen sehr hoch ist (Tab. 1). Mit Ausnahme des Verfahrens 4Hfh sind hingegen die auswaschungsbedingten Jahresverluste in den Verfahren mit Hargaben nicht höher als in der Kontrolle und in den Verfahren mit Kotgaben (ca. 30 kg/ha/Jahr). Vorausgesetzt, dass die scheinbare Bilanz nicht +400 kg/ha/Jahr überschreitet, scheinen also in unserem Versuch die K-Verluste kaum von den Ausscheidungen beeinflusst zu werden. Die Mengen des durch Auswaschung verlorengegangenen K liegen in unserem Versuch leicht unter denjenigen, die von Alfaro *et al.* (2004) und von Kayser *et al.* (2007) beobachtet wurden. Die Autoren stellten fest, dass die Verluste durch hohe und späte Gaben von K, sei es als Mineraldünger oder als Harn, begünstigt werden. Unsere Ergebnisse zeigen, dass der in unserem Versuch genutzte Boden ein gutes Kaliumretentionsvermögen besitzt.

### Magnesiumverluste

Die ziemlich hohen von 1997 bis 2000 beobachteten Magnesiumverluste liegen in der gleichen Grössenordnung wie Stickstoffverluste. Die Verluste liegen in allen Verfahren ziemlich nahe beieinander, und zwar kaum tiefer in der Kontrolle und in den Verfahren mit Kotgaben oder bei «unbewachsenem Boden» (zwischen 237 und 249 kg/ha) als in den Verfahren mit Hargaben (zwischen 249 und 285 kg).

Die höchsten Mg-Verluste wurden jedes Jahr Endwinter beobachtet (Messungen 27.02.98, 26.03.99 und 2.03.00). Die scheinbare Mg-Bilanz ist in allen Verfahren positiv, und zwar leicht erhöht in den Verfahren mit Kotgaben gegenüber denjenigen mit Hargaben (Tab. 1). Die auswaschungsbedingten Mg-Verluste gehen immer über die Bilanz hinaus und werden von dieser kaum beeinflusst. In den Verfahren mit Harneinfuhr sind die Verluste fünf- bis zehnmal höher als die scheinbare Bilanz. Die in diesem Versuch gemessenen Mg-Verluste sind erstaunlich hoch, wenn man von der scheinbaren Bilanz sowie von den einigen in der Literatur erwähnten Werten ausgeht. Grund dafür sind wahrscheinlich die Bodeneigenschaften des in diesem Versuch verwendeten Bodens, weshalb diese Werte nur mit Vorsicht verallgemeinert werden sollen.

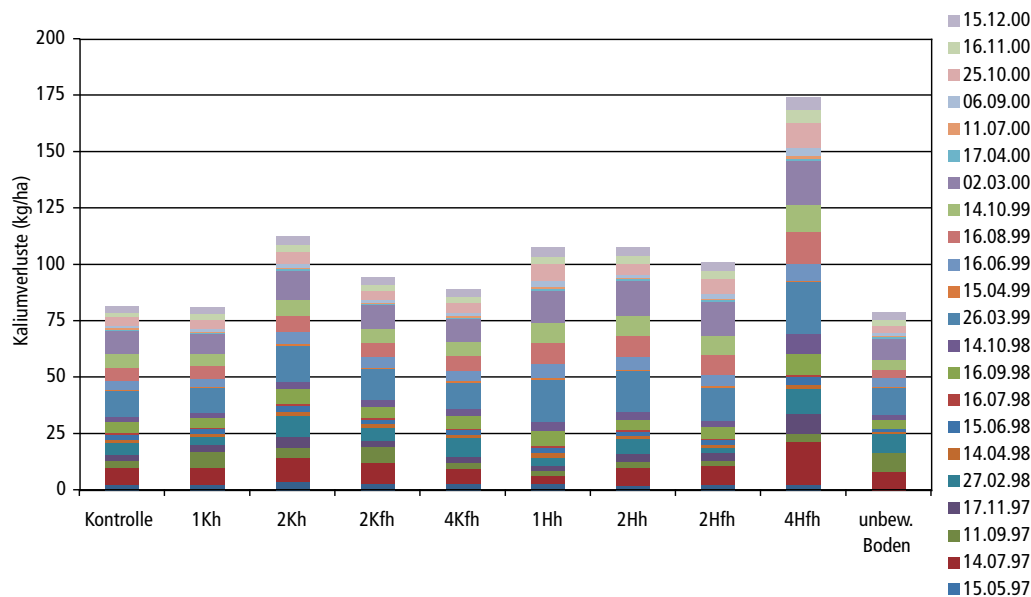


Abb. 4 | Gesamtkaliumverluste durch Auswaschung vom 15.05. 97 bis 15.12.00 (22 Sequenzen) für verschiedene Kot- und Harngaben (Legende zu den Verfahren: s. Tab. 1).

## Schlussfolgerungen

- In den Bedingungen unseres Versuchs erreichten die auswaschungsbedingten Jahresverluste ca. 50 kg N, 30 kg K und 70 kg Mg pro ha und pro Jahr. Die Phosphorverluste waren praktisch gleich Null (weniger als 1 kg/ha/Jahr).
- Die Stickstoff-Auswaschungsrisiken wurden von den Harngaben erheblich erhöht. Die Verluste verhielten sich proportional zur scheinbaren Stickstoff-Bilanz (Einfuhr – Ausfuhren durch die Ernten) und in den Verfahren mit zwei Harngaben pro m<sup>2</sup> im Herbst lagen sie über 100 kg/ha/Jahr.
- Die Kalium- und Magnesium-Verluste wurden wenig von den Rinderausscheidungen beeinflusst.
- Die in diesem Versuch erhaltenen Ergebnisse können ohne Berücksichtigung der Vegetations-, Boden- und Klimabedingungen (Niederschläge) nicht verallgemeinert werden.
- Um die auswaschungsbedingten Verluste auf der Weide zu begrenzen sind Massnahmen, welche eine gleichmässige Verteilung der Ausscheidungen auf der gesamten Weidefläche begünstigen, immer empfehlenswert: gezielte Anordnung und Anzahl der Koppeln, kurze Verweildauer in den einzelnen Koppeln und regelmässiger Weidegang während der ganzen Weidesaison. Im Herbst sollte die Vollweide vermieden werden. ■

**Riassunto****Influenza delle deiezioni bovine sulle perdite da lisciviazione sotto un prato di graminacee**

Sull'arco di due anni sono state applicate delle deiezioni bovine di sterco e urina in 2 periodi dell'anno e in quantità semplice e doppia, su di un prato di graminacee coltivato in lisimetri, per valutare la perdita di sostanze nutritive da lisciviazione. Le perdite di azoto totale da lisciviazione variavano tra i 18 ed i 226 kg/ha/anno. Nei processi senza deiezioni o con solo sterco, le perdite erano inferiori ai 50 kg/ha/anno, superando invece nettamente i 100 kg/ha/anno nei processi con 2 apporti d'urina / m<sup>2</sup> in autunno. Le perdite totali in fosforo sono state trascurabili, sempre inferiori a 1 kg/ha/anno. Nonostante un bilancio apparente (contributi - esportazioni dagli otto raccolti annuali) molto variabile a seconda del procedimento, le perdite totali in potassio non sono state influenzate dalle deiezioni. Molto spesso vicine ai 30 kg/ha/anno, hanno raggiunto i 49 kg/ha/anno nel processo con il K bilancio più eccedente (+ 716 kg/ha/anno con 4 apporti d'urina all'anno). Le perdite in magnesio totale sono pari ad una media di 70 kg/ha/anno. Sempre superiori al bilancio sono state poco influenzate dalle deiezioni. Per contenere il rischio di perdite al pascolo, in particolare in azoto, dovrebbe essere favorita un'equa distribuzione delle deiezioni attraverso una disposizione, un numero adatto di parchi, una breve durata di sosta per parco e un ritmo di pascolo regolare durante tutta la stagione. In autunno il pascolo integrale dovrebbe essere evitato.

**Literatur**

- Alfaro M. A., Jarvis S. C. & Gregory P. J., 2004. Factors affecting potassium leaching in different soils. *Soil Use and Management* **20**, 182–189.
- Cuttle S. P. & Bourne P. C., 1993. Uptake and leaching of nitrogen from artificial urine applied to grassland on different dates during the growing season. *Plant and soil* **150**, 77–86.
- Decau M. L., Simon J. C. & Jacquet A., 2004. Nitrate leaching under grassland as affected by mineral nitrogen fertilisation and cattle urine. *Journal of Environmental Quality* **33**, 637–644.
- Kayser M., Müller J. & Isselstein J., 2007. Potassium leaching from cut grassland and from urine patches. *Soil Use and Management* **23**, 384–392.
- Laurent F., Vertès F., Farruggia A. & Kerveillant P., 2000. Effets de la conduite de la prairie pâturée sur la lixiviation du nitrate. Propositions pour une maîtrise du risque à la parcelle. *Fourrages* **164**, 397–420.
- Sinaj S., Stamm C., Toor G. S., Condron L. M., Hendry T., Di H. J. Cameron K. C. & Frossard E., 2002. Phosphorus exchangeability and leaching losses from two grassland soils. *J. Environ. Qual.* **31**, 319–330.

**Summary****Effect of cattle excreta on leaching losses under a grass sward**

Urine and dung of dairy cattle have been applied for two years at two periods of the year and in single or double quantity on a grass sward to assess nutrients losses by leaching. The total nitrogen losses varied from 18 to 226 kg/ha/year. Treatments without excreta or with dung applications led to N losses under 50 kg/ha/year, while losses exceeded clearly 100 kg/ha/year in the treatments with 2 urine applications in autumn. The total phosphorus losses were negligible, always under 1 kg/ha/year. For potassium, the apparent balance (input - export by the eight annual harvests) varied very much depending on the treatment, but K losses were hardly influenced by cattle excreta. K losses were very often close to 30 kg/ha/year and reached 49 kg/ha/year in the treatment with the largest K surplus (+716 kg/ha/year with 4 urine applications per year). The total magnesium losses averaged 70 kg/ha/year. They exceeded always the apparent balance and were little influenced by cattle excreta. To limit the risk of leaching losses during grazing, particularly of nitrogen, an even distribution of cattle excreta should be promoted by an adequate design and number of paddocks, a short length of stay per paddock and a regular pace throughout the grazing season. In autumn, full grazing should be avoided.

**Key words:** cattle excreta, grass sward, leaching losses, nitrogen, phosphorus, potassium.

- Smith K. A., Beckwith C. P., Chalmers A. G. & Jackson D. R., 2002. Nitrate leaching following autumn and winter application of animal manures to grassland. *Soil Use and Management* **18**, 428–434.
- Stout W. L., Fales S. A., Muller L. D., Schnabel R. R. & Priddy W. E., 1997. Nitrate Leaching from Cattle Urine and Feces in Northeast USA. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **61**, 1787–1794.
- Troxler J., Ryser J.-P. & Jeangros B., 2008. Influence des déjections bovines sur un gazon de graminées cultivé en lysisimètres. *Revue suisse Agric.* **40** (6), 259–265.
- Vertès F., Simon J. C. & Le Corre L., 1994. Nitrate leaching under pastures: study of the soil-plant system in a lysimeter experiment. Grassland and society. Proc. 15th General Meeting of the European Grassland Federation, 466–470.
- Vertès F., Simon J. C., Le Corre L. & Decau M. L., 1997. Les flux d'azote au pâturage. II- Etude des flux et de leurs effets sur le lessivage. *Fourrages* **151**, 263–280.