

Umwelt

Nährstoffbilanz auf einem Milchviehbetrieb im Berggebiet

Bernard Jeangros und Jakob Troxler, Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, CH-1260 Nyon 1
Auskünfte: Bernard Jeangros, E-Mail: bernard.jeangros@acw.admin.ch, Tel. +41 22 363 47 38

Zusammenfassung

Von 1994 bis 2003 wurden auf dem Milchviehbetrieb La Frêtaz, wo seit 1994 auf den Dauerwiesen kein Handelsdünger ausgebracht wurde, drei Berechnungsmethoden zur Nährstoffbilanzierung verglichen. Der Vergleich von Nährstoffeinfuhr und -ausfuhr auf dem ganzen Betrieb weist beim Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K) und Magnesium (Mg) einen Null- bis Positivsaldo auf. Die zwei Methoden, welche den Nährstoffbedarf der Pflanzen mit der geschätzten oder gemessenen Nährstoffzufuhr vergleichen, zeigen hingegen ein kleines Stickstoff- und Phosphordefizit. Die Methode des gesamtbetrieblichen Nährstoffhaushaltes, offizielle Bilanz bis 2002, ergibt die grössten Defizite: -19 kg N/ha/Jahr und -7 kg P₂O₅/ha/Jahr. Die Bilanz des Kaliums ist bei allen drei Bewertungsmethoden positiv. Der viel höhere Überschuss bei der Methode des gesamtbetrieblichen Nährstoffhaushaltes gegenüber jener, welche die effektiv ausgebrachten Nährstoffmengen in Betracht zieht, zeigt, dass die Norm für die tierischen K-Ausscheidungen im Fall vom Milchviehbetrieb La Frêtaz zu hoch ist. Obwohl die Bilanzen je nach Methode und Nährstoff unterschiedlich sind, bleiben die Risiken für die Umwelt im Ganzen genommen gering.

Seit gut zehn Jahren müssen die Landwirte, welche in den Genuss von Direktzahlungen kommen wollen, den «ökologischen Leistungsnachweis» (ÖLN) erbringen. Vor allem Betriebe im Berggebiet, wo Dauergrünland vorherrscht, sind von der Verpflichtung, eine ausgewogene Nährstoffbilanz vorzuweisen, besonders betroffen. In der Schweiz wird diese Bilanz erstellt, indem der gesamte Stickstoff- und Phosphorbedarf der Kulturen dem Nährstoffanfall aus der Tierhaltung des Betriebs gegenübergestellt wird. Einzig eventuelle Nährstoffdefizite dürfen durch Düngerkäufe ausgeglichen werden. Dank einer vermehrten Berücksichtigung der Hofdünger und einer Einschränkung der Handelsdünger (Spiess 2005a und 2005b) führte die Einführung dieser Bilanz in der Schweizer Landwirtschaft zu einem Rückgang der Stickstoff- und Phosphorüberschüsse. Die Betriebe im Berggebiet sind zudem von

einer weiteren ÖLN-Anforderung betroffen, indem 7% der landwirtschaftlichen Nutzfläche mit ökologischen Ausgleichsflächen (ÖAF) belegt werden müssen.

Seit 1994 werden diese Anforderungen im auf 1200 m ü.d.M. gelegenen Milchviehbetrieb La Frêtaz/Bullet im Waadtländer Jura in die Praxis umgesetzt. Dabei wird auf den Dauerwiesen gänzlich auf Handelsdünger verzichtet, und das Verhältnis der ÖAF, vor allem extensive Weiden und wenig intensive Wiesen, wurde bis zu 20% gesteigert. Wir sind freiwillig über die gesetzlichen Anforderungen hinausgegangen, um die Auswirkungen des ÖLN klar zu verdeutlichen.

Dieser erste Artikel dient der Beurteilung der Nährstoffbilanz. Die Resultate der verschiedenen Methoden – u.a. die im Rahmen des ÖLN anerkannte Methode – werden dabei miteinander

verglichen. Abgesehen von Vergleichen durch Freyer und Pericin (1993) auf Bio-Betrieben wurden solche bisher kaum angestellt. Ein zweiter Artikel (in Vorbereitung) untersucht anhand verschiedener Indikatoren (Nährstoffgehalte in Heu und Emd, Nährstoffmengen in den Hofdüngern, Nährstoffzustand der Böden) die Entwicklung der Nährstoffverfügbarkeit über einen Zeitraum von zehn Jahren. Diese Entwicklung sollte die Ergebnisse der in diesem Artikel vorgestellten Bilanzen widerspiegeln.

Der Versuchsbetrieb «La Frêtaz»

Die Hauptmerkmale des Betriebs La Frêtaz sind in der Tabelle 1 beschrieben. Die Dauerwiesen und -weiden belegen beinahe 90% der landwirtschaftlichen Nutzfläche und werden unterschiedlich intensiv bewirtschaftet (Sahli *et al.* 1996). In den Jahren 1994 bis 2003 wurde nur den Kunstwiesen und den Kartoffelkulturen etwas Handelsdünger zugeführt. Zuvor wurde solcher Dünger praktisch auf der gesamten Grünfläche (im Schnitt 35 kg N, 34 kg P₂O₅ und 48 kg K₂O pro ha und pro Jahr) ausgebracht. Der Viehbesatz (0,81 GVE/ha) liegt etwas unter demjenigen der meisten Betriebe der Jurakette. Während der Vegetationsperiode ernähren sich die Milchkühe (6000 kg Milch/Kuh/Jahr) und das Jungvieh hauptsächlich auf den Weiden. Das Weidegras entspricht dabei im Schnitt 40% der Jahresration. Im Anbinde-

stall produzieren die Kühe im Winter Mist und Gülle, und im Sommer während dem Melken im Stall Vollgülle. Das Jungvieh, das im Winter im Laufstall gehalten wird, liefert Mist und ein wenig Harngülle.

Was wurde gemessen

Von 1994 bis 2003 wurde die Bilanz der Nährstoffzufuhr und -abfuhr auf dem Betrieb berechnet, indem die eingeführten Mengen an Kraftfutter, Mineralstoffe, Heu, Stroh und Handelsdünger oder die ausgeführten Produkte (Milch, Fleisch, Kartoffel, Mist für Privatgärten) registriert wurden. Für den Stickstoff- (N), Phosphor- (P), Kalium- (K) und Magnesium- (Mg) gehalt der Milch, des Fleisches und der Kartoffeln haben wir die Angaben von Ryser *et al.* (2001) verwendet. Für das Kraftfutter, die Mineralstoffe und die Handelsdünger wurden die vom Fabrikanten angegebenen Gehalte übernommen. Zudem wurden Stroh-, Heu- und Mistgehalt untersucht. Beim Stickstoff haben wir zwei relevante Quellen geschätzt: Die Stickstofffixierung durch die Leguminosen und die atmosphärischen Ablagerungen.

In den Jahren 1994 bis 2003 wurde der Nährstoffhaushalt für N und P nach der «Methode des gesamtbetrieblichen Nährstoffhaushalts – Version Westschweiz», offiziell in Kraft seit 1994 (SRVA 1995; Bilanz AEF1), berechnet. Wir erinnern daran, dass in dieser Bilanz, mit Ausnahme der extensiven Mähwiesen, alle Wiesentypen den gleichen Stickstoff- und Phosphorbedarf aufweisen. Um methodische Verzerrungen der Ergebnisse vorzubeugen, wurde diese Methode bis ins Jahr 2003 angewandt, dies auch nach der Einführung der «Suisse-Bilanz» im Jahre 2002 (SRVA, 2005a und 2005b). Der Nährstoffhaushalt wurde zudem unter Berücksichtigung der Bewirtschaftungsintensität der Wiesen und Weiden (Bilanz AEF2), ge-

Tab. 1. Hauptmerkmale des Milchviehbetriebs «La Frêtaz» (Jura, 1200 m)

Klima ¹	Temperatur	6,3 °C
	Niederschlagsmenge	1376 mm
Böden	Tiefgründigkeit	10 - 50 cm
	Tongehalt ²	18 - 30 %
	Organische Substanz ²	4 - 12 %
	pH ²	5,1 - 6,7
Bodennutzung	Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN)	34,2 ha
	Wiesen und Weiden	33,7 ha
	- Intensive Kunstwiesen (K _{in})	3,3 ha
	- Intensive Dauerwiesen (D _{in})	8,4 ha
	- Mittelintensive Dauerwiesen und -weiden (D _{mi})	9,8 ha
	- Wenig intensive Dauerwiesen und -weiden (D _{wi}) ³	8,6 ha
	- Extensive Dauerwiesen und -weiden (D _{ex}) ³	3,6 ha
Kartoffeln	0,5 ha	
Futtermittel ⁴	Heu und Emd	85 t TS/Jahr
	Weidegras	60 t TS/Jahr
	Kartoffeln	20 t/Jahr
Vieh ¹	Milchkühe	17 Tiere
	Aufzuchtrinder	20 - 24 Tiere (Sommer)
		8 - 10 Tiere (Winter)
	Besatzstärke	0,81 GVE/ha

¹ Jahresdurchschnitte (1994-2003); ² Tiefe 0-10 cm; ³ Davon insgesamt 6,8 ha ökologische Ausgleichsfläche;

⁴ Betriebseigene Futtermittel, Jahresdurchschnitte (1994-2003); TS: Trockensubstanz; GVE: Grossvieheinheit.

mäss Angaben von Ryser *et al.* (2001) berechnet. Diese zweite Berechnungsmethode kommt der «Suisse-Bilanz» nahe, welche die Wiesentypen berücksichtigt. Die Bilanz AEF2 wurde auch für K und Mg erstellt.

Schliesslich wurden alle Gülle- und Mistgaben von 1994 bis 2003 genauestens aufgezeichnet und die Trockensubstanz-, N, P, K und Mg-Gehalte von 203 Gülle- und von 126 Mistproben untersucht. Dies ermöglichte uns, die angewandte Düngung pro Wiesentyp zu bewerten, indem ihr Bedarf (Ryser *et al.* 2001) mit den effektiv ausgebrachten Nährstoffmengen verglichen wurde (Düngungsplanmethode).

Nährstoffzufuhr und -abfuhr

Der Vergleich von Nährstoffzufuhr und -abfuhr, auch manchmal Hoforbilanz genannt, wird in mehreren Ländern angewandt,

um die Nährstoffbilanz zu beurteilen. Es handelt sich dabei um eine einfache und geeignete Vorgehensweise für Betriebe mit relativ geschlossenem Nährstoffzyklus wie Milch- oder Mastbetriebe mit betriebseigenem Futter.

Die bedeutendste Stickstoffzufuhr erfolgt über die biologische Fixierung durch Leguminosen und die atmosphärischen Ablagerungen (Tab. 2). Von den gemessenen Quellen stellt das Kraftfutter die wichtigste Stickstoffquelle dar. Die Zufuhr von Phosphor und Magnesium erfolgt vor allem über die Mineralstoffe. Die wichtigste Kaliumzufuhr erfolgt über das Stroh. Obwohl Handelsdünger nur noch spärlich verwendet werden, liefern sie einen nicht zu unterschätzenden Stickstoff- und Kaliumanteil.

Auf einem Milchviehbetrieb wie La Frêtaz ist die Nährstoff-

Tab. 2. Jahresbilanz der Nährstoffeinfuhr und -ausfuhr auf dem Milchviehbetrieb «La Frêtaz» (Durchschnittswerte 1994-2003)

Nährstoffe		N (kg/Jahr)	P ₂ O ₅ (kg/Jahr)	K ₂ O (kg/Jahr)	Mg (kg/Jahr)
Einfuhr					
Kraftfutter	9,0 t	198	78	51	18
Mineralstoffe	1,7 t	0	163	1	35
Heu	0,5 t TS	8	4	14	1
Stroh (Einstreu)	19,8 t TS	77	42	188	8
Handelsdünger	0,7 t	119	36	105	5
Biologische Fixierung ¹	33,7 ha	849	0	0	0
Atmosphärische Ablagerungen ²	34,2 ha	855	0	0	0
Total		2106	322	360	67
Ausfuhr³					
Milch	103,0 t	567	227	171	12
Fleisch	4,3 t	106	77	8	1
Kartoffeln	3,9 t	11	6	19	1
Laufstallmist	1,9 t	10	6	18	2
Total		693	316	216	16
Bilanz (Einfuhr - Ausfuhr)		1413	6	144	51
	pro ha	41	0	4	1

¹ Schätzung basierend auf einer Gesamtmenge von 5 kg fixiertem Stickstoff pro dt TS geernteten Leguminosen (Jorgensen und Ledgard, 1997); ² Geschätzt auf 25 kg N/ha/Jahr; ³ Ohne Berücksichtigung der Verluste.

TS: Trockensubstanz.

ausfuhr gering: 20 kg/ha/Jahr Stickstoff, unter 10 kg/ha/Jahr für die anderen Nährstoffe. Die Milch stellt die Hauptausfuhr dar: 82 % der Gesamtausfuhr für N, 72 % für P, 73 % für K und 75 % für Mg. Es muss jedoch bemerkt werden, dass die Nährstoffverluste, die eigentlich der Ausfuhr gleichkommen, nicht erfasst wurden. Beim Stickstoff können diese bedeutend sein. Menzi (2005) gibt an, dass in den Schweizer Regionen mit starker Viehkonzentration Verluste durch Ammoniakemissionen 50 kg N/ha/Jahr übersteigen können.

Im Endeffekt ist die Phosphorbilanz perfekt ausgeglichen und beim Kalium und Magnesium leicht positiv. Beim Stickstoff hingegen ist die Bilanz deutlich positiv (+41 kg N/ha/Jahr). Vergleicht man diesen Überschuss jedoch mit dem Stickstoffüberschuss von 100 bis 500 kg N/ha/Jahr, den einige Autoren für schweizerische und europäische

Milchbetriebe nennen (Jarvis und Menzi 2004; Aarts *et al.* 1992), so bleibt dieser doch eher bescheiden. Dieses Resultat zeigt, dass die Risiken von Stickstoffverlusten auf dem Betrieb La Frêtaz relativ gering sind, und dass die Streichung der Handelsdünger auf den Dauersperrasen also tatsächlich notwendig war, um eine möglichst ausgewogene Nährstoffeinfuhr und -ausfuhrbilanz zu erhalten.

Gesamtbetrieblicher Nährstoffhaushalt

Der gesamte Nährstoffanfall aus der Tierhaltung (Tab. 3) wird auf einfache Art, aufgrund des Viehbestands auf dem Betrieb und der Normen für tierische Ausscheidungen (SRVA 1995), berechnet. Für die Weide erfolgen mit Ausnahme des Stickstoffs keine Abzüge. In La Frêtaz entspricht der Bedarf der Wiesen und Weiden mehr als 95 % des betrieblichen Gesamtbedarfs. Die Berücksichtigung der Wiesentypen (Bilanz AEF2)

schwächt den durch die offizielle Methode (Bilanz AEF1) empfohlenen Bedarf ab: -16 % beim Stickstoff, -10 % beim Phosphor.

Unter der Rubrik «Zukauf und Export von Dünger» finden sich vor allem die Handelsdünger und das Stroh, welche Phosphor, Kalium und Magnesium zuführen (Stroh liefert in der gesamtbetrieblichen Nährstoffhaushaltsbilanz keinen Stickstoff).

Die Gesamtbilanz ist beim Phosphor und Magnesium leicht negativ, beim Stickstoff deutlich ausgeprägter. Beim Kalium ist ein deutlicher Überschuss (+59 kg K₂O/ha/Jahr) festzustellen, was bestätigt, dass die tierischen Ausscheidungen gegenüber dem Bedarf der Wiesen zu viel Kalium aufweisen.

Zusammengefasst kann festgestellt werden, dass gemäss gesamtbetrieblicher Nährstoffhaushaltsbilanz eine zusätzliche Stickstoff- und Phosphorzufuhr – beispielsweise in Form von Handelsdünger – notwendig gewesen wäre, um den Bedarf der Wiesen und der Kartoffeln optimal abdecken zu können. Mit der offiziellen Methode, welche die Wiesentypen nicht berücksichtigt (Bilanz AEF1), hätten sich die Zusatzgaben auf 19 kg N und 7 kg P₂O₅ pro ha düngbare Fläche belaufen können. Unter Berücksichtigung der Wiesentypen (Bilanz AEF2), wäre es möglich gewesen, 10 kg/ha N und 3 kg/ha P₂O₅ beizugeben. Wird mit der zugelassenen Fehlermarge in der offiziellen Methode gerechnet, so hätten diese Mengen sogar noch um einige Kilogramm höher sein können (bewilligte Maximalüberschreitung: 10 % des betrieblichen Gesamtbedarfs).

Verfügbare Hofdünger

Tabelle 4 gibt die Mengen und die Gehalte der jährlich auf dem

Tab. 3. Jährlicher gesamtbetrieblicher Nährstoffhaushalt auf dem Milchviehbetrieb «La Frêtaz»
(Durchschnittswerte 1994-2003, düngbare Fläche¹: 33,8 ha)

Nährstoffe	N ² (kg/Jahr)	N ³ (kg/Jahr)	P ₂ O ₅ ² (kg/Jahr)	P ₂ O ₅ ³ (kg/Jahr)	K ₂ O ³ (kg/Jahr)	Mg ³ (kg/Jahr)
Nährstoffanfall aus der Tierhaltung (A)	1074 ⁴	1074 ⁴	912	912	4794	317
Gesamtbedarf des Betriebs (B)	1791	1502	1197	1082	3083	400
Bedarf der Wiesen und Weiden	1741	1452	1161	1046	2955	394
Bedarf der Kartoffeln	50	50	36	36	128	6
Zwischenbilanz (A-B)	-717	-428	-285	-170	1711	-83
Zukauf und Export von Dünger	98	98	66	66	256	11
Gesamtbilanz	-619	-330	-219	-103	1966	-73
pro düngbare ha	-19	-10	-7	-3	59	-2

¹ Beinhaltet auch die extensiven Weiden;

² Bedarf der Wiesen und Weiden gemäss offizieller Methode im Jahre 1994 (Bilanz AEF);

³ Bedarf der Wiesen und Weiden unter Berücksichtigung der verschiedenen Typen (Bilanz AEF2);

⁴ N = 0,6 x (N_{tot} - 521 kg für Weiden - 45 kg für extensives Futter).

Betrieb La Frêtaz ausgebrachten Hofdünger an. Der Vergleich der beobachteten Gehalte mit den Referenzwerten von Ryser *et al.* (2001) zeigt, dass die verteilte Gülle stark verdünnt war (8 bis 10 Mal bei der Harn- und Vollgülle aus dem Anbindestall, beinahe 20 Mal bei der Harngülle aus dem Laufstall). Diese starken Verdünnungen erklären sich mit den bedeutenden Eingängen von Regenwasser und Abwässern in die Güllengruben (Mistabwasser und Ablauf auf befestigten und nicht überdachten Laufplätzen, Haushalt- und Reinigungsabwässer). Sie boten keine Probleme, denn die Lagerkapazität in den Gruben ist

gross (800 m³). Berücksichtigt man die Verdünnung, so liegen die Güllengehalte ziemlich nahe bei den Referenzwerten (beim Kalium sind sie dennoch etwas höher, beim Phosphor etwas tiefer). Die Mistgehalte entsprechen ebenfalls den Normen, auch wenn der Phosphorgehalt etwas darüber, der Kaliumgehalt etwas darunter liegt.

Die gesamthaft in den Hofdüngern verfügbaren Nährstoffe liegen unter der gemäss gesamtbetrieblicher Nährstoffhaushaltsbilanz anfallenden Menge (siehe Tab. 3), nämlich -25 % beim Stickstoff, -17 % beim Phosphor, -42 % beim Kalium und

-29 % beim Magnesium. Bei den letzten drei erklärt sich die Abweichung teilweise durch die Tatsache, dass die berechneten Mengen in der gesamtbetrieblichen Nährstoffhaushaltsbilanz auch die Ausscheidungen auf den Weiden berücksichtigen. Geht man davon aus, dass das Vieh in La Frêtaz durchschnittlich ein Drittel seines Lebens auf den Weiden verbringt, so ist die gemessene Nährstoffmenge in den Hofdüngern beim Magnesium durchaus kohärent. Die relativ hohe Phosphormenge scheint darauf hinzuweisen, dass dieser Mineralstoff im Stall mehr ausgeschieden wird als auf der Weide. Beim Kalium

Tab. 4. Menge und Nährstoffgehalt der jährlich auf dem Milchviehbetrieb «La Frêtaz» ausgebrachten Hofdünger (Durchschnittswerte 1994-2003)

Hofdüngertypen		TS	N _{tot}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
Gülle aus Anbindestall (Winter)	388 m ³ /Jahr	8,8	0,63	0,12	2,01	0,06
Vollgülle aus Anbindestall (Sommer)	612 m ³ /Jahr	9,1	0,53	0,19	1,45	0,08
Harngülle aus Laufstall (Winter)	221 m ³ /Jahr	4,0	0,16	0,08	0,96	0,03
		(kg/t)				
Stapelmist (Winter)	95 t/Jahr	185	5,37	4,39	4,60	1,08
Laufstallmist (Winter)	47 t/Jahr	190	5,00	3,43	9,71	0,93
		(kg/Jahr)				
Gesamtmenge der verfügbaren Nährstoffe	-	-	1351	758	2770	224

TS: Trockensubstanz.

könnte eine Überschätzung der Ausscheidungsnorm teilweise die namhafte Abweichung zwischen dem theoretisch angenommenen Nährstoffanfall und der in den Hofdüngern gemessenen Menge erklären.

Beim Stickstoff sieht die gesamtbetriebliche Nährstoffhaushaltsbilanz für die Weide einen Abzug vor. Diese ist offensichtlich zu gering und/oder es ging bis zum Zeitpunkt des Ausbringens ein nicht zu unterschätzender Teil der im Stall ausgeschiedenen Stickstoffmenge verloren (wahrscheinlich in Form von Ammoniak).

Nährstoffbedarf und effektive Nährstoffzufuhr

Tabelle 5 verdeutlicht den Nährstoffbedarf jedes Wiesentyps, sei dies bei Mäh- oder Weidenutzung. Wegen der direkten Rückführung von Nährstoffen während des Weidens haben die Weideflächen einen geringeren Nährstoffbedarf im Vergleich zu den Mähwiesen. Berücksichtigt man die Nutzungsart, so liegt der Gesamtbedarf je nach Nährstoff 19 bis 28% unter dem vorher geschätzten Bedarf (siehe Tab. 3).

Im Durchschnitt der 10 Jahre liegen die Stickstoff-, Phosphor-

und Magnesiumzufuhren oft unter dem Bedarf. Das Stickstoffdefizit erreicht 18 bis 31 kg/ha/Jahr für die intensive und mittelintensive Wiesen. Der Phosphor- und Magnesiummangel ist vor allem bei Kunstwiesen markant. Die Kaliumzufuhren liegen hingegen oft über dem Bedarf.

Die gesamthaft auf den Wiesen und Weiden ausgebrachten Nährstoffmengen weichen leicht von jenen in Tabelle 4 ab, da ein kleiner Teil der Hofdünger auf den Kartoffelflächen ausgebracht wurde und die Kunstwiesen auch etwas Handelsdünger erhielten.

Der Phosphor-, Kalium- und Magnesiumbedarf der Dauerwiesen und -weiden konnte also mit dem betriebseigenen Hofdünger beinahe gedeckt werden. Hingegen ist die Stickstoffzufuhr auf intensive und mittelintensive Wiesen ungenügend. Kunstwiesen waren deutlich untergedüngt. Bei keinem der Nährstoffe war die Zufuhr genügend.

Die Häufung der Abweichungen zwischen Zufuhr und Bedarf auf der gesamten düngbaren Fläche (Tab. 5) ergibt einen Negativsaldo beim Stickstoff, Phosphor und Magnesium, der nahe bei jenem der Bilanz AEF2 (siehe

Tab. 3) liegt. Beim Kalium erhält man einen Überschuss, der aber viermal geringer ist im Vergleich zur Bilanz AEF2. Dies bestätigt, dass die gesamthaft in den Hofdüngern von La Frêtaz zur Verfügung stehende Kaliummenge unter den Normen für tierische Ausscheidungen liegt.

Schlussfolgerungen

■ Es bestehen mehrere Methoden zur Nährstoffbilanzierung auf einem Betrieb: Vergleich der Nährstoffzufuhr und -abfuhr, Methode des gesamtbetrieblichen Nährstoffhaushalts und Vergleich des Düngerbedarfs und der effektiven Düngergzufuhr (Düngungsplan).

■ Die von 1994 bis 2003 auf dem Milchviehbetrieb La Frêtaz durchgeführten Beobachtungen und Berechnungen haben es erlaubt, diese drei Methoden unter wirklichen Bedingungen miteinander zu vergleichen.

■ Vergleicht man die drei Methoden, so sind die Stickstoff- und Phosphordefizite bei der Methode des gesamtbetrieblichen Nährstoffhaushalts am grössten.

■ Die Stickstoffbilanz zeigt die grössten Schwankungen je nach Methode. Bei der ersten Methode ergibt sich ein Überschuss

Tab. 5. Bewertung der effektiven Düngung jedes gedüngten Wiesentyps des Milchviehbetriebs «La Frêtaz» (B: Bedarf gemäss Ryser et al., 2001; Z: Effektive Hof- und Handelsdüngergzufuhr¹; Durchschnittswerte 1994-2003)

Wiesen- typ ²	Nutzungs- art ³	Fläche (ha)	Ertrag (dt TS/ ha/Jahr)	N			P ₂ O ₅			K ₂ O			Mg		
				B	Z ⁴	Z-B	B	Z	Z-B	B	Z	Z-B	B	Z	Z-B
				(kg/ha/Jahr)			(kg/ha/Jahr)			(kg/ha/Jahr)			(kg/ha/Jahr)		
K _{in}	S	3,30	65	80	49	-31	52	19	-33	156	94	-62	20	5	-15
D _{in}	S	8,43	55	60	46	-14	44	44	0	132	174	42	17	14	-3
D _{mi}	S	1,74	50	50	24	-26	35	26	-9	95	106	11	13	8	-5
D _{mi}	S/W	1,92	45	40	17	-23	25	21	-4	50	99	49	10	6	-4
D _{mi}	W	6,14	35	30	12	-18	12	20	8	8	51	43	5	5	0
D _{wi}	S	1,94	40	15	7	-8	24	18	-6	60	30	-30	0	5	5
D _{wi}	W	6,66	30	0	4	4	12	8	-4	12	27	15	0	2	2
Total		30,13	1344	1147	738	-409	852	730	-121	2134	2703	568	282	214	-68

¹ Handelsdünger nur auf dem Typ K_{in}; ² Siehe Tabelle 1 für die Bedeutung der Abkürzungen; ³ S = Schnitt, W = Weide.

⁴ N_{verf} = 0,7 x N_{tot} für Gülle und N_{verf} = 0,3 x N_{tot} für Mist; TS: Trockensubstanz.

von 41 kg/ha/Jahr, während die beiden anderen Methoden ein Defizit von 10 bis 19 kg N pro düngbare Hektare ausweisen.

■ Der Vergleich der Ein- und Ausfuhren ergibt beim Phosphor und Magnesium eine ausgeglichene Bilanz, während beide mit den zwei anderen Methoden leicht defizitär sind.

■ Die Kaliumbilanz ist immer positiv, je nach Berechnungsmethode etwas stärker oder schwächer. Der bei der Methode des gesamtbetrieblichen Nährstoffhaushalts ausgewiesene Überschuss (59 kg K₂O/ha/Jahr, gegenüber weniger als 20 kg bei den anderen beiden Methoden) weist darauf hin, dass die Normen für die K-Ausscheidungen im Fall des Milchviehbetriebs La Frêtaz zu hoch liegen.

■ Generell zeigen die Bilanzen auf dem Betrieb La Frêtaz, dass die Risiken für die Umwelt gering sind.

Literatur

■ Aarts H. F. M., Biewinga E. E. & Van Keulen H., 1992. Dairy farming systems based on efficient nutrient management. *Netherlands Journal of Agricultural Science* **40**, 285-299.

■ Freyer B. & Pericin C., 1993. Methoden der Nährstoffbilanzierung und ihre Anwendung am Beispiel von drei Bio-Betrieben. *Landwirtschaft Schweiz* **6** (10), 611-614.

■ Jarvis S. C. & Menzi H., 2004. Optimising best practice for N management in livestock systems: meeting production and environmental targets. *Grassland Science in Europe* **9**, 361-372.

■ Jorgensen F. V. & Ledgard S. F., 1997. Contribution from stolons and roots to estimates of the total amount of N₂ fixed by white clover (*Trifolium repens* L.). *Annals of Botany* **80**, 641-648.

■ Menzi H., 2005. Ammoniak-Emissionen aus der Schweizer Landwirtschaft. *Schriftenreihe der FAL* **57**, 59-65.

■ Ryser J.-P., Walther U. & Flisch R., 2001. DBF 2001, données de base pour la fumure des grandes cultures et des herbages. *Revue suisse d'agriculture* **33** (3), 1-80.

■ Sahli A., Thöni E., Amaudruz M., Koenig A. & Jeangros B., 1996. Beurteilung von Wiesenbeständen. AGFF-Merkblatt Nr. 8, 8 S.

■ Spiess E., 2005a. Die Stickstoffbilanz der Schweiz. *Schriftenreihe der FAL* **57**, 26-31.

■ Spiess E., 2005b. Die Phosphorbilanz der Schweiz. *Schriftenreihe der FAL* **57**, 82-85.

■ SRVA, 1995. Marche à suivre pour le calcul de l'appréciation de l'équilibre de la fumure (AEF). Internes Dokument, 7 S.

■ SRVA, 2005a. Wegleitung Suisse-Bilanz. Zugang: http://www.srva.ch/files/per2006/guide_SB_2006.pdf [6. März 2006].

■ SRVA, 2005b. Suisse-Bilanz, Düngerbilanz ÖLN – Formular. Zugang: http://www.srva.ch/files/per2006/form_SB2006.pdf [6. März 2006].

RÉSUMÉ

Bilan des éléments fertilisants sur une exploitation laitière de montagne

De 1994 à 2003, trois méthodes de calcul du bilan des éléments fertilisants ont été comparées dans l'exploitation laitière de La Frêtaz où plus aucun engrais du commerce n'est appliqué sur les prairies permanentes depuis 1994. La comparaison des importations et des exportations au niveau de l'exploitation met en évidence un solde nul à positif pour l'azote (N), le phosphore (P), le potassium et le magnésium. Les deux méthodes comparant les besoins des plantes aux apports d'éléments fertilisants, estimés ou mesurés, indiquent au contraire un léger déficit pour N et P. L'appréciation de l'équilibre de la fumure (AEF), bilan officiel jusqu'en 2002, est la méthode qui affiche les déficits les plus importants: -19 kg N/ha/an et -7 kg P₂O₅/ha/an. Le bilan du potassium est positif quelle que soit la méthode d'appréciation. L'excédent beaucoup plus élevé obtenu avec la méthode AEF qu'avec celle basée sur les apports effectifs d'engrais indique que la norme de déjection du potassium est trop élevée pour l'exploitation de La Frêtaz. Globalement, bien que les bilans diffèrent selon la méthode et l'élément fertilisant, les risques d'atteintes à l'environnement sont faibles.

SUMMARY

Nutrients balance on a mountain dairy farm

From 1994 to 2003 three methods to measure the nutrients balance were compared on the dairy farm La Frêtaz (VD). Since 1994 no mineral fertilisers were applied on permanent grassland. At the whole farm level the difference between nutrients inputs and outputs was zero or positive for nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K) and magnesium. Both methods comparing the plant requirements to the estimated or measured nutrients supply indicate a small deficit for N and P. The official method used in Switzerland until 2002 (AEF), which relies on an estimation of the nutrients supplied by livestock, leads to the highest deficits: -19 kg N/ha/year and -3 kg P/ha/year. All three methods show an excess of potassium. The surplus was much higher with the AEF approach than with the method taking into account the nutrients really supplied by the fertilizers. This means that the norm for K excretion by cattle is too high for the dairy farm La Frêtaz. On the whole, though the results differ according to the method and the nutrient, the risks of environment enrichment are small.

Key words: dairy farm, nutrients balance, nitrogen, phosphorus, potassium.