

# Umwelt

## Sind Handelsdünger auf einem Bergbetrieb mit Milchvieh nötig?

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 36 34 738

### Zusammenfassung

Die Entwicklung der Verfügbarkeit von Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K) und Magnesium (Mg) wurde über zehn Jahre auf dem Milchviehbetrieb La Frêtaz/Bullet (VD; 1200 m. ü. M.) verfolgt, nach dem Verzicht von Handelsdüngergaben auf Dauerwiesen und -weiden im Jahre 1994. Die über den betriebseigenen Hofdünger ausgebrachten Nährstoffmengen wiesen in den Jahren 1994 bis 2003 tendenziell auf eine leichte Abnahme hin. Die Gehalte im Heu und Emd sowie jene in den Böden an leicht verfügbaren P, K und Mg (Methode Dirks-Scheffer) blieben mehr oder weniger stabil. Die Bodengehalte an mobilisierbaren Nährstoffen (Extraktion mit Ammoniumacetat + EDTA) haben sich dagegen in gewissen Fällen verringert, besonders bei Schnittnutzung auf Dauerwiesen (P und Mg). In der Zeitspanne von zehn Jahren hat der Verzicht von Handelsdüngergaben auf Dauerwiesen und -weiden keine markante Abnahme der Verfügbarkeit der Nährstoffe nach sich gezogen. Für den Stickstoff, und in einem geringeren Mass für den Phosphor, weisen jedoch gewisse Indikatoren auf eine leichte Verarmung hin, die langfristig gesehen zu einer Verminderung des Produktionspotenzials führen könnte. Für N, P und Mg stimmen die beobachteten Entwicklungen ziemlich gut mit den Bilanzergebnissen überein, die auf dem Vergleich zwischen Bedarf der Kulturen und den verfügbaren Nährstoffen beruhen. Die Entwicklung des verfügbaren Kaliums erklärt sich besser an Hand der Bilanz zwischen Zufuhr und Ausfuhr auf Betriebsebene.

Seit 1993 verfolgt die Agrarpolitik mehrere umweltbezogene Ziele, insbesondere die Senkung der Gewässerbelastung durch Stickstoff und Phosphor aus der Landwirtschaft. Seit 1994 wurden im auf 1200 m. ü. M. gelegenen Milchviehbetrieb La Frêtaz/Bullet (Waadtländer Jura) die Anforderungen des «Ökologischen Leistungsnachweises» (ÖLN) in die Praxis umgesetzt. Auf einem solchen Betrieb, wo Grünland vorherrscht, hat die Einführung des ÖLN vor allem zu einem starken Rückgang der Handelsdüngergaben geführt. Um die Auswirkungen dieser Dünger gut nachweisen zu können, haben wir beschlossen, über die gesetzlichen Anforderungen hinauszugehen, und auf Dauerwiesen und -weiden auf jegliche Handelsdüngergabe zu verzichten.

Die Beurteilung der Stickstoff- (N), Phosphor- (P), Kalium- (K)

und Magnesium-Jahresbilanz (Mg) war Gegenstand eines ersten Artikels (Jeangros und Troxler 2006). Während die Bilanz der Nährstoffzufuhr und -ausfuhr auf dem Betrieb (Bilanz Ein-/Ausfuhr) bei allen vier Stoffen einen Null- bis Positivsaldo aufweist, so zeigt ein Vergleich zwischen dem Bedarf der Kulturen und den verfügbaren Nährstoffen ein leichtes Stickstoff- und Phosphordefizit, einen sehr hohen Kaliumüberschuss und eine relativ ausgeglichene Bilanz beim Magnesium. In diesem zweiten Artikel werden wir versuchen, folgende zwei Fragen zu beantworten:

1) Führte der zehnjährige Verzicht von Handelsdüngergaben auf den Dauerwiesen und -weiden zu einer verminderten Fruchtbarkeit?

2) Welche Beurteilungsmethode der Nährstoffbilanz passt am

besten zur beobachteten Entwicklung der Nährstoffverfügbarkeit?

Die Entwicklung der Nährstoffverfügbarkeit wurde anhand folgender Indikatoren untersucht: Mit den Hofdüngern ausgebrachte Nährstoffmengen, Heu- und Emdgehalt sowie Nährstoffzustand des Bodens. Unseres Wissens wurde noch nie eine derartige Untersuchung in einem Bergbetrieb und über einen so langen Zeitraum durchgeführt.

### Der Betrieb La Frêtaz

Die Hauptmerkmale des Betriebs La Frêtaz wurden im ersten Artikel beschrieben (Jeangros und Troxler, 2006). Wir erinnern daran, dass die Dauerwiesen und -weiden beinahe 90 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche von 34 ha ausmachen und unterschiedlich intensiv bewirtschaftet werden. In den Jahren 1994 bis 2003 wurden nur den Kunstwiesen und Kartoffelkulturen etwas Handelsdünger zugeführt. Zuvor wurde solcher Dünger praktisch auf der gesamten Grünlandfläche ausgebracht (im Schnitt 35 kg N, 34 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und 48 kg K<sub>2</sub>O pro ha und pro Jahr).

Während der Vegetationsperiode (anfangs Mai bis Ende Oktober) ernähren sich die 17 Milchkühe (6000 kg Milch/Kuh/Jahr) und das Jungvieh (durchschnittlich 11 GVE) hauptsächlich auf den Weiden. Das Weidegras entspricht dabei im Schnitt 40 % der Jahresration. Im Winter setzt

sich die Ration vor allem aus Heu und Emd zusammen. Die Milchkühe erhalten durchschnittlich 500 kg Kraftfutter pro Jahr. Im Anbindestall produzieren die Kühe im Winter Mist und Jauche, und im Sommer während des Melkens im Stall Vollgülle. Das Jungvieh, das im Winter im Laufstall gehalten wird, liefert Mist und etwas Harngülle.

Die meisten Böden von La Frêtaz gehören zum Bodentyp der Braunerde. Sie sind flach- bis mitteltiefgründig (10 bis 50 cm), humos (organisches Material: 4 bis 12 %) und sauer bis schwach sauer (pH: 5,1 bis 6,7). Sie enthalten durchschnittlich 24 % Ton (18 bis 33 %) und 45 % Silt (39 bis 51 %).

### Messungen und Analysen

Die zwischen dem 1. Mai 1994 und 30. April 2004 ausgebrachten Gülle- und Mistmengen wurden genau aufgezeichnet, wobei berücksichtigt wurde, dass ein Jahr am 1. Mai begann und am 30. April des Folgejahres endete. Jeder Miststreuer wurde dabei gewogen, und die ausgebrachten Harn- und Vollgüllemengen geschätzt, indem der veränderte Grubenstand systematisch gemessen wurde (Schleppschlauchverteilung). Der Gehalt an N ( $N_{\text{tot}}$ ),  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  und Mg von 203 Gülle- und 126 Mistproben wurde untersucht, um so die jährlich mit dem Hofdünger auf dem Betrieb La Frêtaz ausgebrachten Nährstoffmengen zu bestimmen.

Anfangs Winter wurden jährlich separat auf allen Heu- und Emdstößen mit einer Sonde Proben entnommen (5 bis 8 Proben pro Jahr). Der N-, P-, K- und Mg-Gehalt des Heus und Emds wurde mit den üblichen chemischen Methoden ermittelt.

Im Herbst 1994 und 2002 wurden auf sämtlichen Betriebsparzellen (n = 57) sowie auf

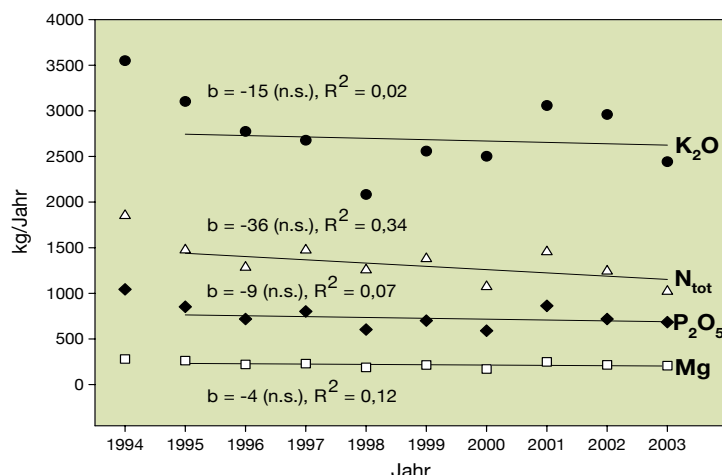


Abb. 1. Entwicklung in den Jahren 1994 bis 2003 der jährlich auf dem Betrieb La Frêtaz in Form von Gülle und Mist ausgebrachten Mengen an N ( $N_{\text{tot}}$ ),  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  und Mg (b zeigt die Steigung der linearen Regression, der Hinweis in Klammern präzisiert, ob diese Steigung signifikant von 0 abweicht oder nicht).

kleinen, auf den verschiedenen Dauerwiesen und -weidetypen verteilten permanenten Probeflächen (n = 18) Bodenproben entnommen. Alle Proben wurden in einer Bodentiefe von 0 bis 10 cm durchgeführt (inkl. Ackerfläche). Der Bodengehalt an leicht verfügbarem P-, K- und Mg wurde nach einer «sanften» Extraktion mit  $CO_2$ -gesättigtem Wasser (P und K, Dirks-Scheffer-Methode) oder einer 0,0125 n  $CaCl_2$ -Lösung (Mg) untersucht. Der Gehalt an mobilisierbarem P, K und Mg wurde nach einer sauren Extraktion mit einer Ammoniumacetat-EDTA-Lösung gemessen (Walther *et al.*, 2001).

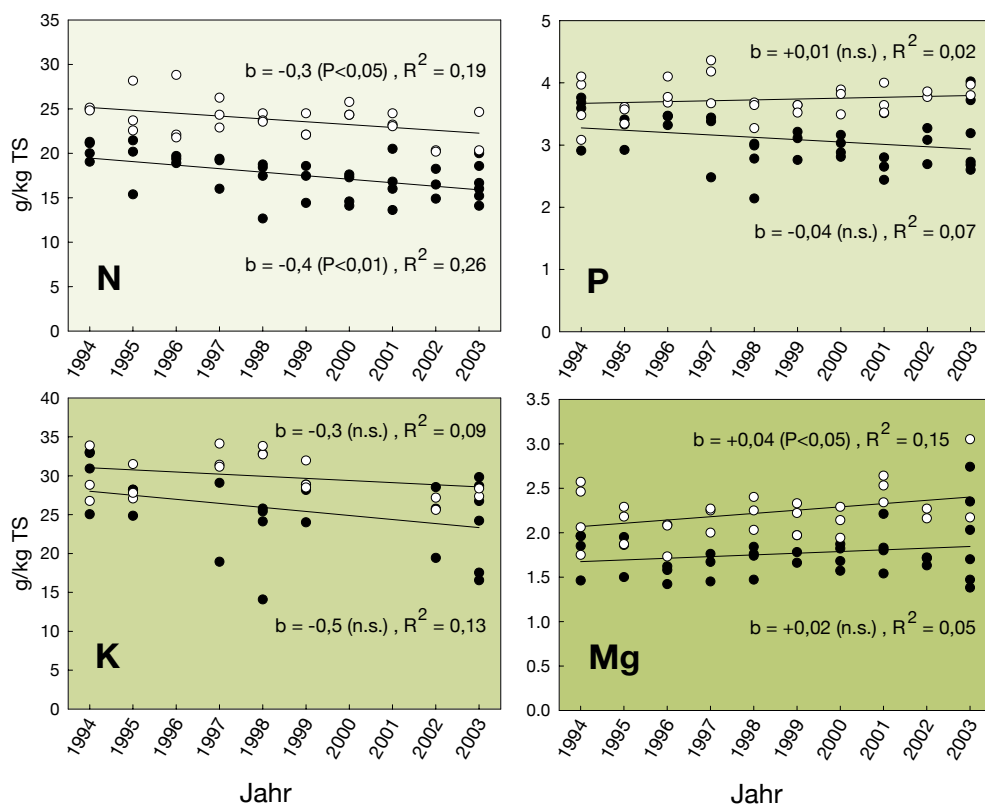
### Nährstoffmengen im Hofdünger

Abbildung 1 zeigt die jährlich mit dem Hofdünger auf den Parzellen des Betriebs La Frêtaz ausgebrachten Nährstoffmengen. Diese Dünger wurden ausnahmslos an Ort produziert und verließen den Betrieb nie. Die starken jährlichen Schwankungen pro Nährstoff erklären sich teilweise durch die Tatsache, dass je nach Witterungsbedingungen Zugaben entweder vor oder nach dem 1. Mai – dem Stichtag für die Jahrestrennung – erfolgten. Diese Schwankungen gleichen sich von einem Jahr zu Jahr aus und haben die langfristige Entwicklung der jährlich ausgebrachten Nährstoffmengen in keiner Weise beeinflusst.

Um die Entwicklung langfristig beurteilen zu können, wurde für jeden Nährstoff eine lineare Regression ermittelt. Das Jahr 1994 wurde dabei ausgeklammert, da die damals ausgebrachten Mengen teilweise aus Hofdüngerbeständen stammten, die deutlich über dem Schnitt lagen. Für den Zeitraum 1995-2003 (n = 9), ist die Steigung der vier Regressionen negativ, aber nie in signifikanter Weise. Mit -2,8 % pro Jahr ist die relative Regression bei N ( $N_{\text{tot}}$ ) am deutlichsten, und mit -0,6 % bei  $K_2O$  am geringsten.

Während man davon ausgeht, dass die im Hofdünger vorhandene Gesamtmenge an  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  und Mg von den Pflanzen genutzt werden kann, so ist dies beim Stickstoff nicht der Fall. Der verfügbare Stickstoff ( $N_{\text{verf}}$ ) stellt im Schnitt 60% des gesamten Stickstoffs dar. Dabei variiert dieses Verhältnis je nach Tierart, Aufstallungssystem und örtlichen Bedingungen (Walther *et al.* 2001). Diese drei Faktoren blieben während der Dauer dieser Studie relativ stabil, weshalb angenommen werden kann, dass die Entwicklung der  $N_{\text{verf}}$ -Menge ähnlich für  $N_{\text{tot}}$  verläuft.

Da die Anzahl Tiere, aber auch die Dauer der Stallhaltung und die Kraftfutter- und Mineralstoffgaben von Jahr zu Jahr unverändert blieben, wieder spiegelt die Entwicklung der



**Abb. 2. Entwicklung in den Jahren 1994 bis 2003 der N-, P-, K- und Mg-Gehalte des Heus und Emds, das jährlich auf dem Milchviehbetrieb La Frêtaz geerntet wird (die ausgefüllten Punkte stehen für das Heu, die hohlen Punkte für das Emd; b zeigt die Steigung der linearen Regression; der Hinweis in Klammern präzisiert, ob diese Steigung signifikant von 0 abweicht oder nicht).**

Nährstoffmengen im Hofdünger ihre Gesamtverfügbarkeit auf dem Betrieb La Frêtaz. Die Messungen zeigen, dass diese Verfügbarkeit tendenziell ganz leicht gesunken ist.

### Heu und Emd

Abbildung 2 verdeutlicht die Entwicklung des Nährstoffgehalts im Heu und Emd. Die gegenüber dem Heu systematisch höheren Gehalte im Emd lassen sich leicht dadurch erklären, dass das Emd früher als das Heu geerntet wird. Beim Kalium – insbesondere beim Heu – variiert der Gehalt von einer Probe zur anderen am stärksten. Offensichtlich reagiert dieser Nährstoff am stärksten auf die unterschiedliche Bewirtschaftungsintensität. Die im Heu von La Frêtaz festgestellten Kaliumgehalte liegen oft etwas unter den Werten von Daccord *et al.* (2006). Dennoch sind sie gegenüber den für die Berechnung der Düngungsnorm (Walther *et al.* 2001) verwendeten Referenzgehalten hoch. Die Werte der anderen drei Nährstoffe liegen ihm

Rahmen der von Daccord *et al.* (2006) angegebenen Werte.

In den Jahren 1994 bis 2003 gingen die Stickstoffgehalte beim Heu und Emd leicht zurück. Beim P (Emd) und K (Heu und Emd) stellt man ebenfalls einen leichten – aber nicht signifikanten – Rückgang fest. Der Mg-Gehalt nahm sogar über die Jahre hinweg leicht zu, beim Emd sogar signifikant. Die gegenläufige Entwicklung beim K- und Mg-Gehalt widerspiegelt den bestens bekannten Antagonismus zwischen diesen beiden Nährstoffen.

Die N-, P-, K- und Mg-Gehalte beim Heu und Emd widerspiegeln nicht nur die Verfügbarkeit dieser Nährstoffe im Boden. Sie werden auch durch das Entwicklungsstadium der Pflanzen bei der Ernte und durch die botanische Zusammensetzung, insbesondere den Anteil der Leguminosen und Kräuter, beeinflusst. In den Jahren 1994 bis 2003 schwankte das Erntedatum von Heu und Emd aufgrund der

unterschiedlichen Witterungsbedingungen; es wurde aber nicht fortschreitend vorgezogen oder hinausgeschoben. Regelmässige Beobachtungen der botanischen Zusammensetzung der Dauerwiesen und –weiden von La Frêtaz haben gezeigt, dass sich ihre botanische Zusammensetzung zwischen 1994 und 2003 nur wenig verändert hat, und dass der Anteil der Leguminosen stabil blieb (zu Beginn der Saison lagen sie unter 15 %). Somit kann angenommen werden, dass die P-, K- und Mg-Gehalte beim Heu und Emd vor allem die Verfügbarkeit dieser Nährstoffe in den Böden widerspiegeln. Diese Verfügbarkeit geht also bei P und K nicht zurück, und scheint bei Mg sogar etwas anzusteigen.

Heikler ist die Interpretation des N-Gehalts. Der Stickstoffgehalt des Grasbestandes widerspiegelt nämlich schlecht die Verfügbarkeit dieses Nährstoffes im Boden (Huguenin-Elie *et al.* 2006). Zur besseren Beurteilung der Situation haben wir einen «Indice de nutrition azotée» (INN) berechnet (Thélier-Huché *et al.* 1999). Der «INN» verbindet den Stickstoffgehalt des Grasbestandes mit der Anhäufung der Biomasse über dem Boden und widerspiegelt das Stickstoffangebot des Bodens (Cruz *et al.* 2006). Ein «INN» zwischen 80 und 100 wird als genügend beurteilt. Liegt er zwischen 60 und 80, so ist das Stickstoffangebot produktionslimitierend (Thélier-Huché *et al.* 1999). Von 1994 bis 2003 wurden regelmässig auf elf permanenten Probeflächen die produzierte Grasmenge sowie dessen Stickstoffgehalt gemessen. Im Schnitt erreichten intensiv genutzte Wiesen einen «INN» von 75, mittel intensiv genutzte Wiesen einen Wert von 68 und wenig intensiv genutzte Wiesen einen Wert von 63. In neun von elf Fällen ging der «INN» zwi-

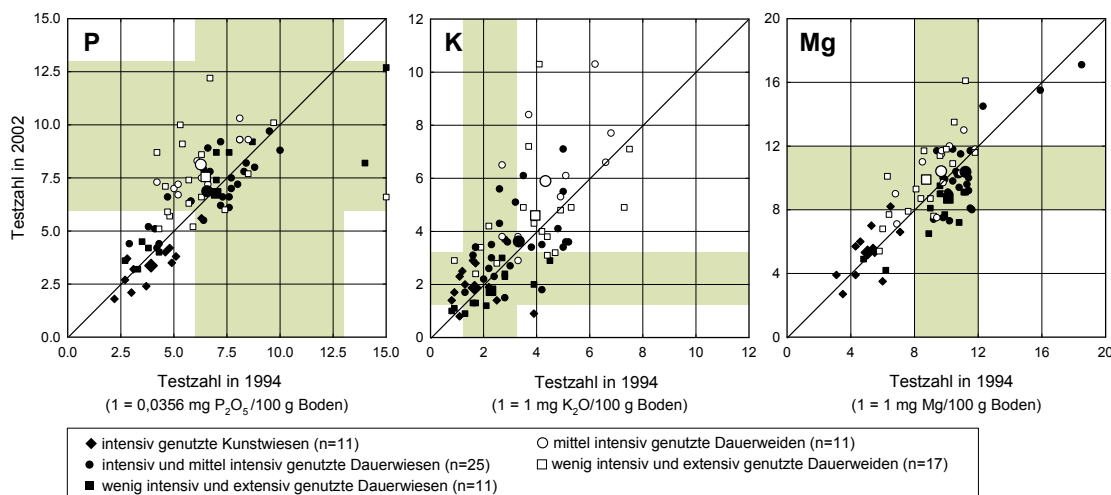


Abb. 3. Entwicklung der leicht verfügbaren P-, K- und Mg-Bodengehalte (sanfte Extraktion) für jeden Wiesen- und Weidentyp des Milchviehbetriebs La Frêtaz zwischen den Jahren 1994 und 2002 (jeder Punkt entspricht einer Parzelle; die Punkte unter der Diagonalen zeigen eine Gehaltsabnahme zwischen 1994 und 2002, die Punkte über der Diagonalen eine Gehaltszunahme; die grünen Bereiche entsprechen dem Nährstoffzustand «genügend» bei einem Tongehalt zwischen 20 und 25%; die grossen Symbole verdeutlichen den Durchschnitt pro Wiesentyp).

schen 1994 und 2003 zurück (lineare Regression mit einer negativen Steigung), in sechs Fällen in signifikanter Weise. Dieser Rückgang des «INN» war vor allem bei wenig intensiv genutzten Wiesen ausgeprägt. Gesamthaft scheint es also, dass das Stickstoffangebot im Boden nicht sehr hoch war und zu einem leichten Rückgang neigte. Bei den wenig intensiv genutzten Wiesen entspricht diese Entwicklung unseren Erwartungen.

### Nährstoffzustand des Bodens

Abbildung 3 gibt die leicht verfügbaren P-, K- und Mg-Gehalte im Boden von La Frêtaz (n = 75) in den Jahren 1994 und 2002 an. Sie zeigt, wie sich der Nährstoffzustand des Bodens gesamthaft bei den verschiedenen Wiesen- und Weidentypen entwickelt hat, auch wenn es schwierig ist, aufgrund der Heterogenität der landwirtschaftlich genutzten Böden die Abweichung zwischen zwei auf derselben Parzelle beobachteten Werten, die zeitlich einige Jahre auseinanderliegen, zu interpretieren (Neyroud *et al.* 2007).

Gesamthaft kann zwischen den Jahren 1994 und 2002 kein Rückgang der leicht verfügbaren Nährstoffe festgestellt werden. Im Schnitt bleiben

die Gehalte unter den Wiesen (schwarze Symbole) eher stabil, und steigen unter den Weiden (weisse Symbole) tendenziell sogar leicht an. Zahlreiche unter den Kunstwiesen gemessenen P-Werte entsprechen sowohl im 1994 als auch im 2002 dem Nährstoffzustand «mässig» (Walther *et al.* 2001). Unter den Dauerwiesen und -weiden können hingegen die meisten P-Gehalte als «genügend» bezeichnet werden. Die meisten K-Gehalte entsprechen dem Nährstoffzustand des Bodens «genügend» oder «Vorrat». Beim Mg zeigt sich das gleiche Bild wie beim P, nämlich ein «mässiger» Nährstoffzustand unter zahlreichen Kunstwiesen und ein allgemein «genügender» Nährstoffzustand in den anderen Fällen.

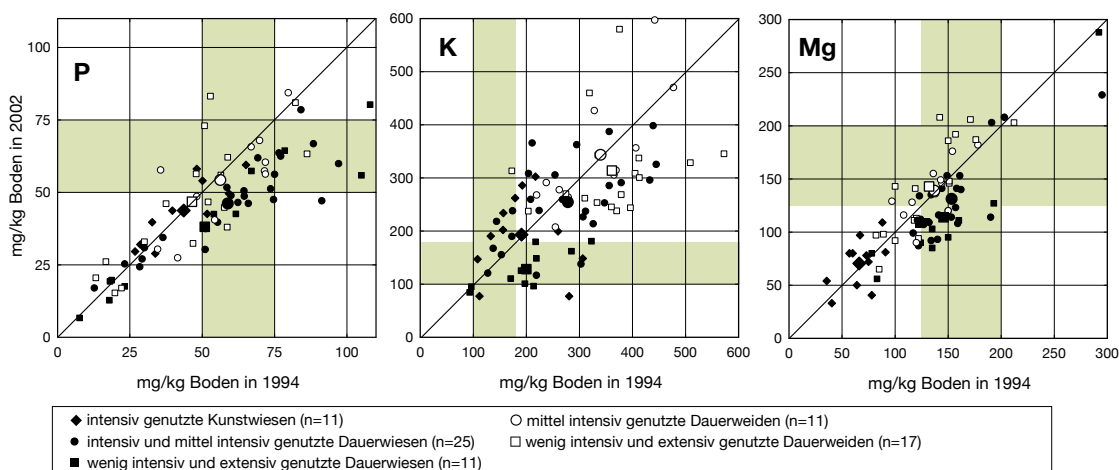
Die höheren Gehalte bei den Dauerwiesen und -weiden im Vergleich zu den Kunstwiesen müssen mit Vorsicht interpretiert werden. Unter den Dauerwiesen und -weiden liegen die Nährstoffe, insbesondere das Phosphor, an der Oberfläche des Bodens konzentrierter vor. In Kunstwiesenböden hingegen sind die Nährstoffe dank dem Pflügen und der Bodenbearbeitung in einer Tiefe von rund 20 cm ziemlich regelmässig verteilt. In diesem Fall hätten unserer Meinung nach Bodenproben in einer Tiefe von 0

bis 20 cm – wie dies Walther *et al.* (2001) für Ackerflächen empfehlen – zu ähnlichen Resultaten geführt wie jene in einer Tiefe von 0 - 10 cm. Hingegen kann man sich fragen, ob die Interpretationsskala der Bodenuntersuchungen, welche für Ackerflächen und Dauerwiesen und -weiden identisch ist, den Nährstoffzustand des Bodens bei Letzteren nicht überbewerten.

Die Entwicklung der P-, K- und Mg-Gehalte zeigt einen leicht abweichenden Verlauf, wenn diese Stoffe mit einer aggressiveren Methode (Extraktion mit Ammoniumacetat + EDTA; Abbildung 4) gewonnen werden. In diesem Fall stellt man bei den Dauerwiesen einen leichten Rückgang bei P und Mg fest. Bei den Dauerweiden und Kunstwiesen trifft dies jedoch nicht zu. Die Bilanzen zwischen effektiven Zu- und Ausfuhren pro Wiesentyp (Jeangros und Troxler 2006) liefern keine Erklärung zu diesen unterschiedlichen Entwicklungen.

Die Bodengehalte an mobilisierbarem K neigen ihrerseits dazu, unter den wenig intensiv genutzten und extensiv genutzten Dauerwiesen und -weiden abzunehmen. Bei den anderen Typen bleiben sie stabil. Bei den wenig intensiv und extensiv genutzten

**Abb. 4. Entwicklung der mobilisierbaren P-, K- und Mg- Bodengehalte (Extraktion mit Ammoniumacetat + EDTA) für jeden Wiesen- und Weidentyp des Milchviehbetriebs La Frêtaz zwischen den Jahren 1994 und 2002 (jeder Punkt entspricht einer Parzelle; die Punkte unter der Diagonalen zeigen eine Gehaltsabnahme zwischen 1994 und 2002, die Punkte über der Diagonalen eine Gehaltszunahme; die grünen Bereiche entsprechen dem Nährstoffzustand «genügend» bei einem Tongehalt zwischen 20 und 25%; die grossen Symbole verdeutlichen den Durchschnitt pro Wiesentyp).**



Dauerwiesen erklärt sich die Entwicklung recht gut durch die effektive Zufuhr von Nährstoffen, die unter dem Bedarf liegt (Jeangros und Troxler 2006).

Der Vergleich der Bodengehalte an mobilisierbarem P und Mg mit den von Walther *et al.* (2001) gelieferten Referenzwerten zeigt, dass diese oft unter dem Nährstoffzustand «genügend» liegen. Dieses Bild ist gegenüber 1994 im Jahre 2002 noch ausgeprägter. Beim K hingegen entsprechen die gemessenen Gehalte der Versorgungsklasse «genügend», «Vorrat» oder «angereichert».

### Nährstoffentwicklungen und -bilanzen

Die Entwicklung einiger Indikatoren der Stickstoffverfügbarkeit (Menge in den Hofdüngern und «Indice de nutrition azotée») zeigt eine leichte Verarmung zwischen den Jahren 1994 und 2003, wie es auch die Stickstoffbilanz aus dem Vergleich zwischen Bedarf der Kulturen und verfügbaren Nährstoffen (AEF1 und AEF2; Jeangros und Troxler 2006) erwarten liess. Diese Verarmung widerspricht hingegen der Zu- und Ausfuhrbilanz, die einen positiven Saldo aufwies. Daraus kann geschlossen werden, dass ein Teil des Stickstoffes unweigerlich verloren geht, in diesem Falle wahrscheinlich vor allem in Form von Am-

moniak (Menzi 2005), und dass eine Zu- und Ausfuhrbilanz, die den Stickstoffverlust nicht berücksichtigt, keine korrekte Vorhersage der Stickstoffverfügbarkeit erlaubt. Insofern ist es eine der «Suisse-Bilanz»-ähnlichen Vergleichsbilanz zwischen Bedarf der Kulturen und verfügbaren Nährstoffen, welche über die zehn Jahre am besten mit der Entwicklung der Stickstoffverfügbarkeit auf dem Betrieb La Frêtaz übereinstimmt.

Gemäss den gewählten Indikatoren scheint die Phosphorverfügbarkeit mal abzunehmen (ausgebrachte Hofdüngermenge, Bodengehalte an mobilisierbarem P unter den Dauerwiesen), mal stabil zu bleiben (Heu- und Emdgehalt, Bodengehalt an leicht verfügbarem P, Bodengehalt an mobilisierbarem P unter den Weiden). Diese Beobachtungen stimmen mit den Resultaten der beiden Berechnungsmethoden der Phosphorbilanz überein (Jeangros und Troxler 2006). Der Gesamtvergleich des Bedarfs der Kulturen und der verfügbaren Nährstoffe ergab nämlich ein sehr leichtes P-Defizit, und die Bilanz zwischen Zufuhr und Ausfuhr war völlig ausgeglichen.

Beim K-Gehalt des Heus und Emds sowie beim Bodengehalt an mobilisierbarem K unter den wenig intensiv und extensiv ge-

nutzten Dauerwiesen und -weiden kann ein leichter Rückgang der Kaliumverfügbarkeit festgestellt werden. Die anderen Indikatoren haben sich praktisch nicht entwickelt. Diese relative Stabilität von K entspricht der Bilanz zwischen Zufuhr und Ausfuhr (+4 kg K<sub>2</sub>O/ha/Jahr), erstaunt aber, wenn man sie mit dem deutlich positiven Saldo (+59 kg K<sub>2</sub>O/ha/Jahr) aus dem Gesamtvergleich zwischen Bedarf der Kulturen und der verfügbaren Nährstoffe (Jeangros und Troxler 2006) vergleicht. Dieser bedeutende Saldo erklärt sich mit der Tatsache, dass es sich beim K-Gehalt in der Bedarfsberechnung der Wiesen und Weiden um einen idealen Gehalt handelt, der deutlich unter demjenigen der Normen für die K-Ausscheidungen (Walther *et al.* 2001) liegt. Hätten wir die effektiv beobachteten Gehalte im Heu und Emd von La Frêtaz (Abb. 2) berücksichtigt, so wäre die durch Hofdünger zugeführte K-Menge gesunken, für einen Bilanzausgleich aber in ungenügender Weise. Sollte das Kalium eines Tages im Rahmen des ÖLN mit berücksichtigt werden, so müsste gut über die Wahl der Bewertungsmethode nachgedacht werden. Eine Bilanz zwischen Zufuhr und Ausfuhr könnte einem «Suisse-Bilanz»-ähnlichen Ansatz vorgezogen werden. Die Probleme, die sich aber aufgrund des stark variierenden K-Gehalts im Rauhfutter

stellen, bleiben für die Betriebe, welche grosse Mengen Rauhfutter oder Hofdünger kaufen oder verkaufen, bestehen.

Unter den vier beobachteten Nährstoffen ist die Entwicklung beim Magnesium am kleinsten. Bei den Hofdüngern sowie in einigen Wiesentypen wurde ein leichter Rückgang festgestellt, beim Heu und Emd hingegen ein leichter Anstieg. Diese Situation erstaunt nicht, bedenkt man, dass die beiden Bilanzen praktisch ausgeglichen sind (Jean-gros und Troxler 2006) und dass dieses Element im Gegensatz zu den anderen drei, früher nicht regelmässig in Form von Handelsdünger ausgebracht wurde.

### Schlussfolgerungen

Der zehnjährige Verzicht von Handelsdüngergaben auf Dauerwiesen und -weiden zog auf dem Betrieb La Frêtaz keine markante Abnahme der verfügbaren Nährstoffe nach sich.

Beim **Stickstoff** und in einem geringeren Mass beim **Phosphor** weisen jedoch gewisse Indikatoren auf eine leichte Verarmung hin, die langfristig zu einer Verminderung des Produktionspotentials führen könnte.

Der Vergleich zwischen dem Bedarf der Kulturen und der verfügbaren Nährstoffe mit einer «Suisse-Bilanz»-ähnlichen Methode ermöglicht gegenüber der Bilanz zwischen Zufuhr und Ausfuhr eine bessere Vorhersage über die Entwicklung des verfügbaren **Stickstoffs**.

Die Entwicklung der Verfügbarkeit von **Phosphor** stimmt ziemlich gut mit dem Resultat der beiden Berechnungsmethoden der Bilanz überein, die mal ein leichtes Defizit, mal eine ausgeglichene Situation nachweist.

Die Bilanz zwischen Zufuhr und Ausfuhr zeigt ein Resultat,

das besser mit der effektiven Entwicklung beim **Kalium** übereinstimmt, als der Vergleich zwischen dem Bedarf der Kulturen und dem theoretisch verfügbaren Kalium.

Die geringe Entwicklung beim **Magnesium** stimmt gut mit dem Resultat der beiden Berechnungsmethoden der Bilanz überein, die eine ausgeglichene Situation nachweisen.

### Literatur

Die Literaturliste ist beim Autor erhältlich.

## RÉSUMÉ

### Les engrais du commerce sont-ils indispensables pour une exploitation laitière de montagne?

L'évolution de la disponibilité en azote (N), phosphore (P), potassium (K) et magnésium (Mg) a été observée pendant 10 ans sur l'exploitation laitière de La Frêtaz/Bullet (VD; altitude 1200 m) après l'abandon en 1994 des apports d'engrais du commerce sur les herbages permanents. Les quantités d'éléments fertilisants épandus avec les engrais de ferme produits sur l'exploitation ont eu tendance à légèrement diminuer de 1994 à 2003. Les teneurs des foins et des regains ainsi que les teneurs des sols en P, K et Mg facilement disponibles (méthode Dirks-Scheffer) sont restées à peu près stables. Les teneurs des sols en éléments mobilisables (extraction à l'acétate d'ammonium + EDTA) ont diminué dans certains cas, en particulier dans les prairies de fauches permanentes (P et Mg). Dans l'ensemble, l'abandon pendant 10 ans de tout apport d'engrais du commerce sur les prairies et les pâturages permanents n'a pas entraîné de baisse marquée de la disponibilité en éléments fertilisants. Toutefois, certains indicateurs révèlent un léger appauvrissement en N, et dans une moindre mesure en P, qui pourrait réduire à long terme le potentiel de production des prairies. L'évolution observée de la disponibilité en N, P et Mg concorde assez bien avec le résultat du bilan basé sur la comparaison des besoins des cultures et des éléments fertilisants disponibles. L'évolution de la disponibilité en K s'explique mieux à partir du bilan des importations et des exportations au niveau de l'exploitation.

## SUMMARY

### Are mineral fertilizers essential for a mountain dairy farm?

Changes in the availability of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K) and magnesium (Mg) have been observed during 10 years on the Swiss dairy farm La Frêtaz/Bullet (1200 m a.s.l.) after the practice of mineral fertilization on permanent grassland was withdrawn in 1994. The amounts of nutrients applied with livestock manure produced on the farm tended to decrease slightly from 1994 to 2003. The nutrient contents of hay (1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> cut) and the soil content in readily available P, K and Mg (extraction with CO<sub>2</sub>-saturated water) remained more or less stable during 10 years. The content of extractable soil nutrients (extraction with ammonium acetate + EDTA) decreased in some cases, particularly in permanent meadows (P and Mg). Overall, the withdrawal of mineral fertilization on permanent grassland during 10 years did not cause a marked decrease in the nutrient availability. However, some indicators reveal a slight impoverishment in N, and to a lesser extent in P, which could decrease in the long term the grassland yield. The observed small changes in the N, P and Mg availability agrees rather well with the estimated nutrient balance based on the overall comparison of plant requirements and nutrient supply. The stability of the K availability can be better explained by the comparison of K inputs and outputs at the whole farm level.

**Key words:** dairy farm, livestock manure, soil nutrient content, nutrient availability, nutrient balance