

Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumbilanzen ökologisch wirtschaftender Grünlandbetriebe im oberösterreichischen Voralpengebiet

I. Wieser, J. Heß und T. Lindenthal

Nutrient balances on organically managed grassland farms in Upper Austria

1. Einführung

Der Anteil der Grünlandfläche an der gesamten biologisch bewirtschafteten Fläche betrug 1994 in Österreich rund 85 %. In den westlichen Bundesländern, in denen das Dauergrünland die Hauptnutzungsform darstellt, betrug die von Biobauern genutzte Fläche in vielen Bezirken bereits über 20 % (SCHNEEBERGER et al., 1995).

Die Erstellung von Nährstoffbilanzen im Ökologischen Landbau stellt in Hinblick auf die Verbesserung der Nährstoffeffizienz ein wesentliches Indikationsinstrument dar.

Während in jüngerer Zeit für ökologisch wirtschaftende Gemischtbetriebe diverse Nährstoffbilanzen erstellt

wurden (KOEPP et al., 1989; NOLTE, 1989; FALTER et al., 1990; HILBERGER und GUTSER, 1990; JOHN et al., 1990), ist der Bereich der ökologisch wirtschaftenden Grünlandbetriebe in diese Hinsicht bislang nicht bearbeitet worden, lediglich für konventionell bewirtschaftetes Grünland liegen Nährstoffbilanzen vor (RIEDER, 1985; PFEFFER und SPIEKERS, 1989; PÖTSCH, 1995).

Auf Grünlandbetrieben verlassen im Gegensatz zu Ackerbaubetrieben die über das Wirtschaftsfutter dem Boden entzogenen Nährstoffe den Betrieb nur zu einem geringen Anteil über Fleisch und Milch. Der überwiegende Anteil der Nährstoffe, den die Pflanzen aufnehmen, kommt über die organischen Dünger wieder auf die Flächen zurück (SCHELLER, 1992).

Summary

In 1994 nutrient balances for nitrogen, phosphorus and potassium on nine organically managed grassland farms in the region Molln (Upper Austria) were calculated. On farmgate level the balances for N reached from -14 to +4,7 kg, for P from -1,9 to +5,8 kg and for K from -0,4 to +19,4 kg per hectare and year. For one farm in this region a cowshed balance was computed. The losses of the input of N amounted to 32¹⁾/40,4²⁾ %, of P 4,1¹⁾/22²⁾ % and of K 40,2¹⁾/47,6²⁾ %. At field level of middle-intensive utilized meadows of the same farm the balances for N varied from -75 to +4 kg, for P from -8,8 to +17,9 kg and for K from -64,3 to -16,1 kg per hectare and year.

Key words: organic farming, nutrient balances, grassland.

Zusammenfassung

Für das Jahr 1994 wurden auf neun biologisch wirtschaftenden Grünlandbetrieben in der Region Molln (Oberösterreich) Nährstoffbilanzen für Stickstoff, Phosphor und Kalium gerechnet. Auf Hofebene reichten die Bilanzen für N von -14 bis +4,7 kg/ha·a, für P von -1,9 bis +5,8 kg/ha·a und für K von -0,4 bis +19,4 kg/ha·a.

Bei der für einen Betrieb dieser Region erstellten Stallbilanz errechneten sich Verluste bei N von 32³⁾ bzw. 40,4⁴⁾ %, bei P von 4,1³⁾ bzw. 22⁴⁾ % und bei K von 40,2³⁾ bzw. 47,6⁴⁾ % des Inputs. Bei den Schlagbilanzen mittel-intensiv genutzter Wiesen dieses Betriebes ergaben sich N-Salden von -75 bis +4 kg/ha·a, P-Salden von -8,8 bis +17,9 kg/ha·a und K-Salden von -64,3 bis -16,1 kg/ha·a.

Schlagworte: Biologischer Landbau, Nährstoffbilanz, Grünland.

¹⁾ Calculations based on own measurements.
²⁾ Calculations based on data from literature.

³⁾ Berechnung basierend auf eigenen Messungen.
⁴⁾ Berechnung basierend auf Literaturdaten.

Im Rahmen einer Diplomarbeit (WIESER, 1996) wurden die Nährstoffflüsse eines biologisch wirtschaftenden, milchviehhaltenden Grünlandbetriebes (Betrieb Kirchwegger) in der Region Molln mittels Stoffbilanzen für die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium auf Hof- und Schlagebene bearbeitet. Zusätzlich werden die auf Basis von Betriebsaufzeichnungen erstellten Hofbilanzen acht weiterer biologisch wirtschaftender Grünlandbetriebe derselben Region aufgezeigt und diskutiert.

2. Material und Methoden

2.1 Standortverhältnisse

Die Region Molln, in der die neun untersuchten Betriebe liegen, befindet sich im oberösterreichischen Voralpengebiet, Kleinproduktionsgebiet Eisenwurzen und Inneres Salzkammergut. Die langjährige Jahresdurchschnittstemperatur der in der Region Molln befindlichen Gemeinde St. Pankratz (525 m NN) beträgt 6,9° C, die mittlere Jahresniederschlagssumme 1424 mm. Der Sommer des Untersuchungsjahres 1994 war durch seine extreme Trockenheit und Hitze geprägt, die Jahresniederschläge blieben in den Monaten Juli, August und September um fast 50 % hinter dem 30jährigen Mittel zurück, dennoch betrug die Gesamtjahresniederschlagssumme 1994 infolge eines feuchten Frühjahres und Spätherbstes 1339 mm.

Die Region gehört zu den Nördlichen Kalkalpen. Das Hauptgestein bilden Hauptdolomit, Rauhwaacke und verschiedene Kalke.

Bei den Böden des Betriebes Kirchwegger handelt es sich vorwiegend um kalkarme bis kalkfreie Braunlehme (pH-Wert 6,1–7,1) mit hohem Schluffanteil (63–74 %). Lediglich die Wiese „Sägeplatz“ ist vom Typ her ein kalkhaltiger Schwemmboden (pH 6,9, Schluffanteil 65 %), bei „Bernegger unten“ handelt es sich um eine Pararendzina (pH 7, Schluffanteil 77 %). Alle Böden sind hoch mit Humus versorgt (6–17 %). Die Phosphatversorgung (CAL) der mittelintensiv genutzten Böden reicht von 7 bis 50 mg P₂O₅/100 g. Auf der ungedüngten Magerwiese „Hohe Leiten“ liegt die Phosphatversorgung lediglich bei 1 mg/100 g Boden. Beim Kalium variiert die Versorgung der gedüngten Wiesen von 6 bis 19 mg K₂O/100 g Boden (CAL) und beträgt auf der ungedüngten Wiese 10 mg/100 g.

2.2 Betriebsbeschreibungen

Bei allen untersuchten Betrieben handelt es sich um organisch-biologisch wirtschaftende Grünlandbetriebe mit

Milchviehwirtschaft. Eine Charakterisierung der Betriebe ist Tabelle 1 zu entnehmen. Der Anteil an Ackerland in den Betrieben macht maximal 2,5 % der landwirtschaftlichen Gesamtfläche aus.

Tabelle 1: Charakterisierung des Betriebes Kirchwegger (KW) und acht weiterer biologisch wirtschaftender Grünlandbetriebe (A–H)
Table 1: Characterization of the farm Kirchwegger (KW) and of eight additional organically managed grasslandfarms (A–H)

	Betrieb KW	Betrieb A	Betrieb B	Betrieb C	Betrieb D
Höhe in m NN	520	500	500	520	600
Bergbauernzone	3	2	2	2	3
Umstellung auf Biologischen Landbau	1992	1991	1985	1992	1980
Landwirtschaftliche Fläche (ha)	15	51,7	30	32	16
davon Ackerland in %	–	2,5	1	–	0,8
Anteil ext. und wenig int. Wiesen in %	27	11,3	17,9	12,5	17,9
Tierbesatz in GVE/ha	0,92	1,0	1,0	1,1	1,1

	Betrieb E	Betrieb F	Betrieb G	Betrieb H
Höhe in m NN	520	530	500	450
Bergbauernzone	1	2	2	2
Umstellung auf Biologischen Landbau	1991	1992	1992	1991
Landwirtschaftliche Fläche (ha)	20,2	37	13,3	31,5
davon Ackerland in %	0,2	–	–	–
Anteil ext. und wenig int. Wiesen in %	14,5	100	100	61,9
Tierbesatz in GVE/ha	1,4	0,6	1,1	1,2

ext ... extensiv, int ... intensiv

2.3 Berechnung der Bilanzen

Für die Berechnung der *Hofbilanzen* aller neun Betriebe wurden die Daten aus den Betriebsaufzeichnungen der Jahre 1993 und 1994 gemittelt. Für die Stall- und Schlagbilanzen wurden Werte aus dem Jahre 1994 verwendet.

In die Hofbilanzen gingen die Zu- und Verkaufsprodukte der Betriebe über den Zeitraum eines Jahres ein. Als Importquellen traten Kraft- und Mineralstofffutter, Einstreu, Steinmehl, mineralische Ergänzungsdünger und Vieh auf. Kraftfutter, Stroh und Vieh stammen aus konventionellen Betrieben. Auf der Outputseite standen Milch, Vieh und auf einem Betrieb auch Grundfutter.

Von den am Betrieb Kirchwegger eingesetzten Kraftfuttermitteln und dem Stroh wurden Nährstoffanalysen für N, P und K durchgeführt. Die erhaltenen Werte wurden auch

für die Hoftorbilanzberechnungen der anderen Betriebe herangezogen. Über den N-Gehalt der Milch gaben die von der Molkerei gemessenen Rohproteingehalte Aufschluß. Bei allen anderen In- und Outputgrößen wurden Literaturwerte (LENKEIT et al., 1972; ARC, 1980; DLG, 1991; HYDRO AGRI DÜLMEN, 1993) bzw. Herstellerangaben (AGRANA, 1994; BRANDSTETTER, 1994; SANVITA, 1994) herangezogen.

Für die Berechnung der *Schlagbilanzen*, die nur am Betrieb Kirchwegger vorgenommen wurde, wurde die Zeitspanne ab der letzten Nutzung des Jahres 1993 (beginnend mit der Herbstdüngung) bis einschließlich der letzten Ernte des Jahres 1994 gewählt. Die Schlagbilanzen für P und K wurden berechnet, indem die Düngung als Input und die Ernte (Nettoertrag) als Output angesetzt wurde.

Hierzu wurden alle sieben bilanzierten Wiesen hinsichtlich der Erträge (Trockensubstanz) untersucht (10 à 1 m²-Schnitte/ha hochgerechnet auf den Hektarertrag = Bruttoertrag – Bröckelverluste = Nettoertrag). Die Erfassung der auf der Fläche ausgebrachten N-, P- und K-Mengen basierte beim Mist auf der Anzahl der ausgebrachten Fuhren und den gemessenen Nährstoffgehalten (zwei Drittel der insgesamt ausgebrachten Fuhren wurden abgewogen, das fehlende Drittel wurde auf Basis der erhobenen Werte bemessen). Regelmäßig wurden vor der Ausbringung von Mist und Jauche repräsentative Proben für die N-, P- und K-Analyse gezogen. Für die Ermittlung der ausgebrachten Jauchemengen wurde das Faßvolumen mit der Anzahl der ausgebrachten Fässer multipliziert.

Zur Berechnung umfassenderer, über die einfache Input-/Outputbilanz (Düngung minus Ernte) hinausgehender N-Schlagbilanzen wurden Werte aus der Literatur herangezogen. Auf der Zufuhrseite wurden zusätzlich Größen für die biologische N₂-Bindung (NOLTE, 1989; PÖTSCH, 1995; REIWÖGER, 1996) und die Einträge aus der Atmosphäre über Depositionen (AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG, 1993) angesetzt, auf der Abfuhrseite wurden gasförmige Verluste (Denitrifikation, NH₃-Ausgasung) und Auswaschungsverluste nach BRIEMLE (1988) und PÖTSCH (1995) unter Berücksichtigung des am Hof gegebenen N-Niveaus geschätzt. Aufgrund der großen Unsicherheiten bei der Ausgasung von NH₃ während und nach der Wirtschaftsdüngerausbringung auf der Wiese wurde hier mit Schwankungsbreiten bei den Verlusten in Abhängigkeit von der Düngerart gerechnet. Für Mist wurden derartige Verluste mit 5 bis 15 %, für Jauche und Gülle mit 15 bis 65 % des Gesamt-N angenommen (MINISTERIE VAN LANDBOUW EN VISSERIJ, 1985 zit. in

ISERMANN, 1990). Erosionsverluste und Oberflächenabfluß wurden nicht berücksichtigt.

Ausgehend von den für die Schlagbilanzen ermittelten und den im Rahmen der Hoftorbilanz für das Jahr 1994 erhaltenen Daten wurde die *Stallbilanz* erstellt. In die Stallbilanz gingen die Nährstoffmengen, die über Fütterung, Einstreu sowie über weitere Zuschlagstoffe zum Wirtschaftsdünger in die tierische Produktion und ihr Umfeld (Wirtschaftsdüngeraufbereitung) gelangen, ein. Auf der Ausgangsseite der Bilanz standen sowohl Rottemist, Jauche und die beim Weidegang abgesetzten Exkremate als auch die tierischen Verkaufsprodukte Milch und Fleisch.

Die Abschätzung der Erträge auf den in den Schlagbilanzen nicht erfaßten Schlägen (7,9 ha) erfolgte auf Basis von Literaturangaben (DIETL, 1994) unter Berücksichtigung der Standortgegebenheiten und der Nutzungsintensität. Daraus ergab sich die am Betrieb vorhandene Grundfuttermenge. Die Ermittlung der Mistmenge wurde auf zweierlei Arten vorgenommen. Zum einen wurde die Gesamtzahl der ausgebrachten Fuhren mit einem Durchschnittsgewicht multipliziert, zum anderen wurde die anfallende Menge mittels GVE-Faustzahlen (LÖHR, 1990; SCHECHTNER, 1991; HYDRO AGRI DÜLMEN, 1993) berechnet. Nährstoffanalysen des Mistes und der Jauche wurden vorgenommen. Der Jaucheanfall wurde über die ausgebrachten Mengen berechnet. Bei den auf der Weide anfallenden Exkrementen mußte auf Literaturwerte (RAUHE, 1968; SAUERLANDT und TIETJEN, 1970; KORIATH, 1980 zit. in VETTER und STEFFENS, 1986) zurückgegriffen werden. Für alle anderen In- und Outputgrößen der Stallbilanz konnten die Daten aus der Hoftorbilanz übernommen werden.

3. Ergebnisse

3.1 Hoftorbilanzen

Die Ergebnisse der Hoftorbilanzen der neun untersuchten Betriebe sind in Tabelle 2 dargestellt.

Beim *Stickstoff* trat in der Regel aufgrund der in allen Betrieben geringen Kraftfutterimporte (0,1–1,5 kg/GVE·d) ein negativer Saldo in einer Größenordnung von bis zu 14 kg/ha·a auf. Am Betrieb Kirchwegger (1,6 kg Kraftfutter/GVE·d) fiel die Bilanz im Durchschnitt von zwei Jahren in etwa ausgeglichen aus, auf Betrieb F hatte der relativ hohe Futterzukauf (Biertreber) eine positive Bilanz von 4,7 kg/ha zur Konsequenz.

Für *Phosphor* ergaben sich mit Ausnahme des Betriebes H relativ ausgeglichene Bilanzsalden. Der positive Saldo in

der Höhe von 5,8 kg/ha'a am Hof H ist auf den im Vergleich zu den anderen acht Biobetrieben hohen Zukauf mineralischer phosphorhaltiger Ergänzungsdünger zurückzuführen. Generell läßt sich für die Betriebe sagen, daß von der Möglichkeit des Zukaufes phosphorhaltiger Ergänzungsdünger nur in einem sehr geringen Ausmaß (0–6,9 kg P/ha'a) Gebrauch gemacht wurde. Der phosphorhaltige Minerale Dünger wurde vor allem auf Weiden eingesetzt, wo entweder wegen der befürchteten schlechteren Futterraufnahme durch die Weidetiere und/oder wegen der Hanglage eine Wirtschaftsdüngerausbringung nicht vorgenommen wurde.

Die *K-Bilanzen* fielen auf sieben der neun untersuchten Betriebe ebenfalls im wesentlichen ausgeglichen aus. Nur am Betrieb Kirchwegger und am Betrieb C wurde eine deutliche Überbilanz in der Höhe von 12 bzw. 19,4 kg/ha'a festgestellt. Beiden Betrieben gemeinsam ist die Aufstallungsform (Liegeboxenlaufstall), die größerer Mengen Stroh (1,6 bzw. 2,7 kg/GVE'd) bedarf, welches gänzlich zugekauft wurde. Durchschnittlich gelangten auf diesem Weg pro Jahr 11,8 bzw. 23 kg/ha K in den Betriebskreislauf der beiden Betriebe.

3.2 Stallbilanz des Betriebes Kirchwegger

Die in Tabelle 3 dargestellten Ergebnisse der Stallbilanz sind mit Unsicherheiten behaftet, da aus arbeitstechnischen Gründen ein Teil der Werte nicht gemessen werden konnten (siehe 2.3). Eine beachtliche Diskrepanz ergab sich hierbei bei der Berechnung der am Hof anfallenden Rottemistmengen zwischen der Berechnung nach GVE-Faustzahlen und eigenen Messungen. Bei zweiterer Methode wurde ein höherer Stalldüngeranfall ermittelt, was in einem beträchtlich höheren Output und somit, vor allem beim Phosphor, einer höheren Effizienz im Stall resultierte.

Insgesamt gingen in der tierischen Produktion je nach Mistanfallsberechnung 40,4 bzw. 32 % des N-, 22 bzw. 4,1 % des P- und 47,6 bzw. 40,2 % des K-Inputs verloren.

3.3 Schlagbilanzen einzelner Wiesen des Betriebes Kirchwegger

Für schlagspezifische Bilanzen des Jahres 1994 wurden sieben repräsentative Schläge des Betriebes Kirchwegger ausgewählt. Neben sechs mittel intensiv genutzten Wiesen mit 3–4maliger Nutzung (Frauenmantel-Glatthaferwiesen reiner Ausbildung bzw. mit Feuchtezeigern) wurde auch die einmal genutzte, ungedüngte extensive Wiese „Hohe Lei-

Tabelle 2: Hoftorbilanzen für die Nährstoffe N, P, K des Betriebes Kirchwegger (KW) und weiterer acht biologisch wirtschaftender Grünlandbetriebe (A-H)

Table 2: Farm gate balances for the nutrients N, P, K on the farm Kirchwegger (KW) and on further eight organically managed grasslandfarms (A-H)

Zukäufe	Betrieb KW			Angaben in kg/Jahr Betrieb A			Betrieb B		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Kraftfutter	157	28	55	77	14	25	77	14	29
Mineralisches Futter	0	36	0	0	38	0	0	32	0
Einstreu	67	12	177	92	16	242	10	2	25
Mineralischer Dünger	0	2	12	0	18	8	0	6	42
Vieh	16	4	1	399	100	26	0	0	0
Summe	240	82	245	568	186	301	87	54	96
Verkäufe	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Grundfutter	0	0	0	179	28	171	0	0	0
Milch	197	41	62	295	58	86	285	57	86
Vieh	47	12	3	246	62	17	166	41	11
Summe	244	53	65	720	148	274	451	98	97
Saldo	-4	+29	+180	-152	+38	+27	-364	-44	-1
Saldo pro ha	-0,3	+1,9	+12	-2,9	+0,7	+0,5	-12	-1,5	0
Zukäufe	Betrieb C			Betrieb D			Betrieb E		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Kraftfutter	35	6	12*	16	3	6	117	19	37
Mineralisches Futter	0	17	0	0	32	0	0	51	0
Einstreu	280	49	735	8	1	21	24	4	63
Mineralischer Dünger	0	1	5	0	55	21	0	0	0
Vieh	18	4	1	0	0	0	0	0	0
Summe	333	77	753	24	91	48	141	74	100
Verkäufe	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Grundfutter	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Milch	429	81	122	145	29	44	217	41	62
Vieh	147	38	11	82	21	6	203	51	14
Summe	576	119	133	227	50	50	420	92	76
Saldo	-243	-42	+620	-203	+41	-2	-279	-18	+24
Saldo pro ha	-7,6	-1,3	+19,4	-12,7	+2,6	-0,1	-13,8	-0,9	+1,2
Zukäufe	Betrieb F			Betrieb G			Betrieb H		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Kraftfutter	387	65	7	60	10	19	281	49	68
Mineralisches Futter	0	42	0	0	13	0	0	42	0
Einstreu	68	12	179	21	3	43	32	6	84
Mineralischer Dünger	0	0	0	0	0	0	0	216	79
Vieh	18	4	1	35	9	2	42	11	3
Summe	473	123	187	116	35	64	355	324	234
Verkäufe	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Grundfutter	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Milch	189	37	56	238	43	64	552	104	156
Vieh	110	28	7	65	17	5	146	38	10
Summe	299	65	63	303	60	69	698	142	166
Saldo	+174	+58	+124	-187	-25	-5	-343	+182	+68
Saldo pro ha	+4,7	+1,6	+3,4	-14	-1,9	-0,4	-10,9	+5,8	+2,2

* geschätzter Wert

Tabelle 3: Stallbilanz des Betriebes Kirchwegger im Jahre 1994
Table 3: Cowshed balance on the farm Kirchwegger in 1994

Input	Angaben in kg					
	N		P		K	
Grundfutter ¹⁾	1640		290		1485	
Kraftfutter	169		25		57	
Mineralstoffmischung	0		39		0	
Steinmehl	0		1		7	
Stroh	71		12		186	
Summe	1880		367		1735	
Output	N ²⁾		P ²⁾		K ²⁾	
Wirtschaftsdünger	771	929	223	288	737	864
Exkrememente auf Weiden ⁴⁾	121	121	14	14	115	115
Milch	174	174	36	36	54	54
Vieh	54	54	14	14	4	4
Summe	1120	1278	287	352	910	1037
Saldo	760	602	80	15	825	698
Saldo in % des Input	40,4	32	22	4,1	47,6	40,2

¹⁾ Bruttoertragsberechnung für 50 % der Schläge nach Ertragsmessungen, für die restlichen Schläge Ertragsschätzung nach DIETL (1994). Abzüge für Feldverluste je nach Nutzungsweise (LBL, 1993).

²⁾ Mistanfall nach LÖHR (1990), SCHECHTNER (1991), HYDRO AGRIC DÜLMEN (1993). Jaucheanfall nach Berechnung der Ausbringmengen. Nährstoffgehalte von Mist und Jauche bei der Ausbringung nach Durchschnittswerten aus den Wirtschaftsdüngeranalysen (N_{ges} , feldfallend).

³⁾ Mistanfall nach Zahl der ausgebrachten Fuhren und durchschnittlichem Fuhrengewicht. Jaucheanfall und Nährstoffgehalte von Mist und Jauche siehe ²⁾.

⁴⁾ Nährstoffanfall mit Kot und Harn nach RAUHE (1968), SAUERLANDT und TIETJEN (1970), KORIATH (1980) zit. in VETTER und STEFFENS (1986).

ten“ (Kalkmagerwiese des Alpenbereiches, nährstoffreiche Ausbildung) untersucht.

Die Bruttoerträge der mittel-intensiv genutzten Wiesen bewegten sich zwischen 71,4 und 94,2 dt TS/ha, die extensive Wiese erlangte einen Ertrag von 25,1 dt TS/ha.

Beim *Phosphor* ergaben sich bei der einjährigen Bilanz im Untersuchungsjahr für die gedüngten Wiesen sowohl negative als auch positive Schlagbilanzsalden von - 8,8 bis + 17,9 kg/ha'a (Tab. 4).

Die *K-Bilanzen* (Tabelle 5) fielen für alle Schläge negativ aus und erreichten Werte von - 64,3 bis - 16,1 kg/ha'a. Auf der Wiese ohne K-Nachlieferung über Düngung (Hohe Leiten) wurden 33 kg/ha entzogen.

Bei den *N-Schlagbilanzen* der gedüngten Wiesen ergaben sich mit einer Ausnahme (+ 4 kg/ha'a auf der Wiese „Bernegger oben“, bei Annahme einer geringeren Ausgasungsrate) negative Stickstoffbilanzsalden von - 75 bis - 19 kg/ha'a. Auf der ungedüngten Magerwiese Hohe Leiten hatte die Schlagbilanz für N aufgrund der atmosphäri-

Tabelle 4: Phosphorbilanzen von sieben Wiesen des Betriebes Kirchwegger
Table 4: Phosphor balances of seven meadows on the farm Kirchwegger

Schlag	Angaben in kg/ha und Jahr						
	Sägeplatz	Felder	Gold-nagel	Bernegger unten	Bernegger oben	Rapolten	Hohe Leiten
1. P-Zufuhr	16,7	41,3	19,0	23,2	41,5	22,6	0
Kot + Harn der Weidetiere ¹⁾	2,2	0	0	0	0	0	0
2. P-Abfuhr							
Ernte	27,7	23,4	19,9	27	28	18,2	3,4
Saldo	- 8,8	+ 17,9	- 0,9	- 3,8	+ 13,5	+ 4,4	- 3,4

¹⁾ Berechnet nach RAUHE (1968), SAUERLANDT und TIETJEN (1970), KORIATH (1980) zit. in VETTER und STEFFENS (1986).

Tabelle 5: Kaliumbilanzen von sieben Schlägen des Betriebes Kirchwegger
Table 5: Potassium balances of seven meadows on the farm Kirchwegger

Schlag	Angaben in kg/ha und Jahr						
	Sägeplatz	Felder	Gold-nagel	Bernegger unten	Bernegger oben	Rapolten	Hohe Leiten
1. K-Zufuhr	51,1	78,6	75	96,8	119,8	73,6	0
Kot + Harn der Weidetiere ¹⁾	19,5	0	0	0	0	0	0
2. K-Abfuhr							
Ernte	134,9	102,2	109	125,3	135,9	105,1	33
Saldo	- 64,3	- 23,6	- 34	- 28,5	- 16,1	- 31,5	- 33

¹⁾ Berechnet nach RAUHE (1968), SAUERLANDT und TIETJEN (1970), KORIATH (1980) zit. in VETTER und STEFFENS (1986).

schen Einträge und der biologischen N_2 -Bindung je nach Annahme der Verluste über Denitrifikation und Auswaschung einen gering positiven bzw. negativen Saldo (+ 8 bzw. - 12 kg/ha'a).

4. Diskussion

Für die Interpretationen aller erstellten Bilanzen sei darauf verwiesen, daß es sich bis auf die Hoftorbilanzen um einjährige Ergebnisse handelt.

4.1 Stickstoff

Biologisch wirtschaftende Betriebe verzichten auf den Zukauf leichtlöslicher mineralischer N-Dünger. Dennoch ist auf biologisch wirtschaftenden Grünlandbetrieben mit Milchviehhaltung eine ausgeglichene *N-Bilanz* auf Hoftorebene möglich. Erreicht wurde diese am Betrieb Kirchwegger durch den Kraftfutterzukauf. Auf dem Betrieb F be-

Tabelle 6: Stickstoffbilanzen von sieben Schlägen des Betriebes Kirchwegger
Table 6: Nitrogen balances of seven meadows on the farm Kirchwegger

Schlag	Sägeplatz	Felder	Angaben in kg/ha und Jahr				Hohe Leiten
			Goldnagel	Bernegger unten	Bernegger oben	Rapolten	
1. N-Zufuhr							
Wirtschaftsdünger ¹⁾	36	85	81	98	135	82	0
Kot + Harn der Weidetiere ²⁾	20	0	0	0	0	0	0
Symb. N ₂ -Bindung ³⁾	30	9	15	12	6	15	12
Asymb. N ₂ -Bindung ⁴⁾	10	10	10	10	10	10	10
N-Depositionen ⁵⁾	18	18	18	18	18	18	18
Summe	114	122	124	138	169	125	40
2. N-Abfuhr							
Entzug über Ernte	143	107	112	118	125	119	27
Ausgasung am Feld aus Wirtschaftsdünger ⁶⁾	3–11	4–13	7–27	9–37	10–39	7–28	0
Verluste aus Kot + Harn auf der Weide ⁶⁾	1,0–5,0	0	0	0	0	0	0
Auswaschung ⁷⁾	10	10	10	10	10	10	0–10
Denitrifikation ⁸⁾	20	20	20	20	20	20	5–15
Summe	177–189	141–150	149–169	157–185	165–194	156–177	32–52
Saldo	–63 bis –75	–19 bis –28	–25 bis –45	–19 bis –47	+ 4 bis –25	–31 bis –52	+ 8 bis –12

¹⁾ N_{ges}, feldfallend

²⁾ berechnet nach RAUHE (1968), SAUERLANDT und TIETJEN (1970), KORIATH (1980) zit. in VETTER und STEFFENS (1986)

³⁾ nach PÖTSCH (1995) und REIWÖGER (1996)

⁴⁾ in Anlehnung an NOLTE (1989)

⁵⁾ geschätzt in Anlehnung an AMT DER OÖ. LANDESREGIERUNG (1993)

⁶⁾ nach Ministerie von LANDBOUW EN VISSERIJ (1985) zit. in ISERMANN (1990)

⁷⁾ geschätzt in Anlehnung an BRIEMLE (1988) und PÖTSCH (1995)

⁸⁾ geschätzt in Anlehnung an BRIEMLE (1988)

wirkte der Futterzukauf sogar eine positive Bilanz. Bei sieben der neun untersuchten biologisch bewirtschafteten Betrieben ergab sich allerdings ein negativer Saldo von bis zu 14 kg/ha und Jahr. Diese Art der Hoftorbilanz zeichnet aber noch kein vollständiges Bild der N- Flüsse auf dem Gesamtbetrieb. Es fehlen noch speziell für den Ökologischen Landbau wichtige Größen wie die symbiontische und asymbiontische N₂-Fixierung und auch die durchaus erheblichen N-Einträge aus der Atmosphäre in die landwirtschaftlichen Böden. Zudem kann auch der Boden durch Mineralisierung einen Beitrag zur N-Versorgung am Standort leisten (ELSÄSSER, 1995). Auf der anderen Seite müssen aber auch die auftretenden Verluste, wie sie bei der tierischen und pflanzlichen Erzeugung anfallen und dem

Betriebskreislauf verloren gehen, beachtet werden. In der Tierhaltung (Stallbilanz) gingen am Betrieb Kirchwegger je nach Mistanfallsmengenberechnung 40,4 bzw. 32 % des gesamten, in die Tierhaltung eingehenden N verloren. Verluste treten bereits im Stall gasförmig auf und setzen sich während der Lagerung der Wirtschaftsdünger in gasförmiger und wasserlöslicher Form fort (ISERMANN, 1990).

Auf der Ebene der Schlagbilanzen, also im Bereich der pflanzlichen Erzeugung, wurde versucht, mit Hilfe von Literaturangaben (siehe 2.3) eine möglichst vollständige N-Bilanz zu berechnen. Daß diese Bilanzen bis auf zwei Schläge negativ ausgefallen sind, kann mehrere Ursachen haben: – einige Bilanzgrößen können unter- bzw. überschätzt worden sein, – die N-Mineralisierung aus der organischen Substanz kann zumindest in diesem Jahr größer als die Immobilisierung gewesen sein.

Die Pflanzenbestände der mittel-intensiv genutzten Wiesen mit Ausnahme des Sägeplatzes weisen einen Ertragsanteil an Wiesenkerbel (*Anthriscus sylvestris*) bzw. auf der schattig gelegenen Fläche an Kälberkropf (*Chaerophyllum hirsutum*) von über 10 % auf (REIWÖGER, 1996). Beide Kräuter sind N-Zeiger und wirken sich in diesen Ertragsanteilen negativ auf die Futterqualität aus (DIETL, 1982). Die negative N-Bilanz kann daher nicht als Düngungsdefizit gewertet werden, zumal in den vorangegangenen rund fünf Jahren sich die Nutzungsintensität und das Düngungsniveau nach Aussagen des Betriebsleiters im Vergleich zum Untersuchungsjahr kaum verändert haben.

4.2 Phosphor

Bei Phosphor ergaben sich trotz des in acht Betrieben geringen Einsatzes phosphorhaltiger Ergänzungsdünger (0 bis 55,3 kg/Jahr) wegen zusätzlicher relativ geringer P-Importe über zugekauftes Kraftfutter, mineralisches Futter und Einstreu auf Hofebene ausgeglichene Salden. Der einzige Betrieb (Betrieb H), der Rohphosphate in etwas größerem Umfang (216 kg P/Jahr) zukaufte, hat eine positive Hoftorbilanz in der Höhe von 5,8 kg/ha*a. Am Betrieb Kirchwegger ergab sich eine positive Hoftorbilanz von 1,9 kg/ha. Daß der Durchschnitt der sechs mittel-intensiv genutzten Schläge des Betriebes Kirchwegger eine positive P-Bilanz von 3,7 kg/ha ergibt, weist bei Betrachtung der Hoftorbilanz darauf hin, daß im Untersuchungsjahr diese Wiesen bezüglich der Mistdüngung gegenüber anderen Schlägen leicht bevorzugt wurden.

4.3 Kalium

In der Regel fielen die *Kaliumbilanzen* der Betriebe auf Hofebene in etwa ausgeglichen aus. Ausnahmen bilden hier der Betrieb Kirchwegger und der Betrieb C. Beide Betriebe kauften für ihren Liegeboxenlaufstall jährlich größere Mengen Stroh zu. Daß sich dennoch am Betrieb Kirchwegger auf Schlagebene durchwegs negative Bilanzen ergeben, ist zum einem dem Kaliluxuskonsum der Wiesenbestände (RUSSEL, 1973; RIEDER, 1985), zum anderen den innerbetrieblichen K-Verlusten zuzuschreiben. In der Stallbilanz gingen je nach Art der Mistmengenberechnung 47,6 bzw. 40,2 % des K-Inputs verloren. NOLTE (1989) ermittelt zwar ebenfalls innerbetriebliche K-Verluste in derselben Größenordnung (durchschnittlich 45 %), diese sind aber auf eine andere Form der Kompostierung zurückzuführen. Am Betrieb Kirchwegger wurde im Gegensatz zu NOLTE (1989) nur rund ein Drittel des Mistes als Feldmiete kompostiert. Die Lagerdauer betrug 5 bis 6 Monate, die Miete war stets mit einem Kompostvlies abgedeckt. Der andere Teil des Mistes (zwei Drittel) wurde über der Jauchegrube auf der Mistplatte gelagert, die anfallenden Sickersäfte gelangten in die Jauchegrube und bedeuten so lediglich eine Nährstoffverschiebung zur Jauche hin, aber keine Verluste aus dem Betriebskreislauf (KÖHNLEIN und VETTER, 1953; NOLTE, 1989; MENZI et al., 1991). Trotz all dieser Maßnahmen nahmen die K-Verluste in der Stallbilanz überraschend hohe Ausmaße an.

5. Literatur

- AGRANA (1994): Persönliche Mitteilungen.
- AMT DER OÖ. LANDESREGIERUNG (1993): Saurer Regen in Oberösterreich, Meßbericht 6 (10-Jahresmeßbericht). Abt. Umweltschutz, Unterabt. Luftreinhaltung und Energietechnik des Amtes der oö. Landesregierung, Linz.
- ARC (Hrsg.) (1980): Body Composition of Cattle. In: The Nutrient Requirement of Ruminant Livestock, Commonwealth Agric. Bureau, Old Woking, Surrey, 24–38.
- BRANDSTETTER (1994): Persönliche Mitteilungen.
- BRIEMLE, G. (1988): Nachlieferung an Mineralstickstoff aus dem Boden unter Wirtschaftsgrünland und Konsequenzen für die N-Düngung. *Das wirtschaftseigene Futter* 34 (2), 117–141.
- DIETL, W. (1982): Ökologie und Wachstum von Futterpflanzen und Unkräutern des Graslandes. *Schweiz. Landw. Forschung* 21 (1/2), 85–110.
- DIETL, W. (1994): Wiesenbau und Weidenutzung. Vorle-
- sungsunterlage, FAP Zürich Reckenholz, Univ. f. Bodenkultur, Wien.
- DLG (1991): Futterwerttabellen für den Wiederkäuer. DLG-Verl., Frankfurt/Main.
- ELSÄSSER, M. (1995): Reduzierte Düngung von Dauergrünland unter Berücksichtigung der Stickstofflieferung des Standortes – ein Beitrag zum Wasserschutz. *Z. f. Kulturtechnik u. Landesentw.* 36, 53–57.
- FALTER, H., M. KÜCKE und E. PRZEMECK (1990): Erhebungen zur P-, K- und Mg-Bilanz in drei alternativ wirtschaftenden Betrieben in Niedersachsen. In: Nährstoffdynamik und Nährstoffbilanz in alternativ wirtschaftenden Betrieben. *Landbauforschung Völkenrode* 113, 31–41.
- HILBERER, U. und R. GUTSER (1990): Erhebungen zur P-, K- und Mg-Bilanz in drei alternativ wirtschaftenden Betrieben in Bayern. In: Nährstoffdynamik und Nährstoffbilanz in alternativ wirtschaftenden Betrieben. *Landbauforschung Völkenrode* 113, 51–58.
- HYDRO AGRI DÜLMEN GMBH (1993): Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau. 12. Aufl., Verlagsunion Agrar, Dülmen.
- ISERMANN, K. (1990): Ammoniakemissionen der Landwirtschaft als Bestandteil ihrer Stickstoffbilanz und Lösungsansätze zur hinreichenden Minderung. In: KTBL und VDI (Hrsg.): *Ammoniak in der Umwelt – Kreisläufe, Wirkungen, Minderung*. Braunschweig.
- JOHN, F., V. RÖMHELD und H. MARSCHNER (1990): Erhebungen zur P-, K- und Mg-Bilanz in drei alternativ wirtschaftenden Betrieben in Baden-Württemberg. In: Nährstoffdynamik und Nährstoffbilanz in alternativ wirtschaftenden Betrieben. *Landbauforschung Völkenrode* 113, 42–50.
- KÖHNLEIN, J. und H. VETTER (1953): Die Stalldüngerrotte bei steigender Stroheinstreu. *Z. f. Pflanzenern., Düng., Bodenk.* 63, 119–141.
- KOEPEL, H., S. KAFFKA und F. SATTLER (1989): Nährstoffbilanz und Energiebedarf im landwirtschaftlichen Betriebsorganismus. *Verl. Freies Geistesleben, Stuttgart*.
- KORIATH, H. (1980): Aufbereitung und Verwertung der Gülle. *Zit. in: VETTER, H. und G. STEFFENS (1986): Wirtschaftseigene Düngung*. DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
- LBL – LANDWIRTSCHAFTLICHE BERATUNGSZENTRLE LINDAU (1993): *Betriebsplanung – Grundlagen der LBL*. 8. Aufl., Lindau, Schweiz.
- LENKEIT, W., K. BREIREM und E. CRASEMANN (Hrsg.) (1972): *Wachstum und Mineralumsatz*. In: *Handbuch*

- der Tierernährung 2, Leistungen und Ernährung, Parey Verl., Hamburg.
- LÖHR, L. (1990): Faustzahlen für den Landwirt. Leopold Stocker Verlag, Graz.
- MENZI, H., J.-M. BESSON und F. BERGMANN (1991): Anfall und Zusammensetzung von Mist und Gülle bei Milchkühen. Landw. Schweiz, 4 (11), 619–624.
- MINISTERIE VAN LANDBOUW EN VISSERIJ (1985): Dierlijke Mest. Zit. in: ISERMANN, K. (1990).
- NOLTE, C. (1989): Bilanzierung des Nährstoffkreislaufes auf dem biologisch-dynamisch bewirtschafteten „Boschheide Hof“ sowie Untersuchungen zum Phosphor- und Kaliumgehalt in drei ausgewählten Böden im Vergleich zu drei Böden eines benachbarten konventionellen Betriebes. Diss. Univ. Bonn.
- PFEFFER, E. und H. SPIEKERS (1989): Stickstoffbilanz in Milchviehbetrieben. In: Tierzüchter 41, 246–247.
- PÖTSCH, E. M. (1995): Nährstoffbilanzen, Futterinhaltsstoffe und Bodenkennwerte als Wegweiser zur sachgemäßen Grünlanddüngung. In: Alpenländisches Expertenforum „Düngung im alpenländischen Grünland“, BAL Gumpenstein, 23.–25. Mai 1995.
- RAUHE, K. (1968): Stallmist, Jauche und Gülle. In: Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung. 2/2, Springer Verlag, Wien, New York, 908–947.
- REIWÖGER, H. (1996): Wiesenvegetation und Wiesenbewirtschaftung auf einem ökologisch wirtschaftenden Milchviehbetrieb in Molln/Oberösterreich unter dem Aspekt des abgestuften Wiesenbaues. Diplomarbeit, Inst. f. Botanik, Univ. f. Bodenkultur, Wien.
- RIEDER, J. B. (1985): Der Nährstoffkreislauf im Landwirtschaftsbetrieb. Die Grüne, 7, 5–12.
- RUSSEL, E. J. (1973): Soil Condition and Plant Growth. 10. Aufl., Longman, London.
- SANVITA (1994): Herstellerangabe.
- SAUERLANDT, W. und C. TIETJEN (1970): Humuswirtschaft des Ackerbaues. DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
- SCHECHTNER, G. (1991): Wirtschaftsdünger – Richtige Gewinnung und Anwendung. BMLF, Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz, Wien.
- SCHELLER, E. (1992): Die Düngungspraxis im ökologischen Landbau – unverantwortlich oder wissenschaftlich fundiert? In: VOGTMANN, H. (Hrsg.): Ökologische Landwirtschaft. Alternative Konzepte 70, Verl. C. F. Müller, Karlsruhe, 93–110.
- SCHNEEBERGER W., C. LUNZER und A. POSCH (1995): Förderung der Biobetriebe in Österreich. Der Förderungsdienst 43, 242–250.
- WIESER, I. (1996): Nährstoffbilanzen und differenzierte Nutzungsintensität auf einem biologisch wirtschaftenden Grünlandbetrieb in der Gemeinde Molln (Oberösterreich). Diplomarbeit, Inst. f. Ökologischen Landbau, Univ. f. Bodenkultur, Wien.

Danksagung

Der Familie Kirchwegger und den anderen Betriebsleitern wird für ihre Kooperationsbereitschaft gedankt. Ebenfalls gilt der Dank den an den Untersuchungen beteiligten Personen bzw. Institutionen insbes. Dr. W. Dietl (FAP Zürich Reckenholz), Dr. W. Wenzl (Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein), dem Bundesamt für Agrarbiologie Linz sowie dem Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft Wien.

Anschrift der Verfasser

Dipl.-Ing. Irmgard Wieser, O. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Jürgen Heß, Vertr. Ass. Dipl.-Ing. Thomas Lindenthal, Institut für Ökologischen Landbau der Universität für Bodenkultur, Gregor Mendel-Str. 33, A-1180 Wien.

Eingelangt am 15. Juli 1996

Angenommen am 29. Juli 1996