

Phosphor in österreichischen Grünlandböden

Phosphorus in Austrian grassland soils

Christine Weißensteiner^{1*}, Andreas Bohner² & Jürgen Kurt Friedel¹

Einleitung

Phosphor stellt im System Boden ein Makroelement dar, welches für viele lebenswichtige Funktionen im menschlichen, tierischen und pflanzlichen Organismus benötigt wird (BLUME et al. 2010). Der CAL-lösliche Phosphor gilt als pflanzenverfügbar und wird für die Düngeempfehlungen in der landwirtschaftlichen Praxis herangezogen. Die Ergebnisse verschiedener Studien zeigen, dass rund 75 – 90 % der untersuchten, österreichischen Grünlandböden an CAL-löslichem Phosphor (P) unterversorgt sind (LINDENTHAL 2000; HEINZLMAIER et al. 2008, 2009; HUEMER et al. 2012). Eine damit einhergehende Ertragsverminderung kann allerdings nicht in jedem Fall bestätigt werden (ELSÄSSER et al. 1998; LINDENTHAL 2000). Im Weiteren ist Phosphor hauptverantwortlich für die Eutrophierung von Gewässern (KUMMERT und STUMM 1989). Im Spannungsfeld der Bedarfsdeckung, ökonomischen Überlegungen und der Probleme bei Verlusten ergibt sich die Herausforderung eines effizienten Ressourceneinsatzes. Die Frage, in wieweit österreichische Grünlandböden tatsächlich mit Phosphor unterversorgt sind, soll anhand von Nährstoffbilanzen und Bodenuntersuchungen in repräsentativen österreichischen Grünlandgebieten geprüft werden.

Material und Methoden

Hoftorbilanzierung: Die Nährstoffbilanz stellt Zu- und Abgänge einer Ebene (Betrieb, Fläche) und eines Zeitraumes (Jahr) gegenüber. Für die Bodenfruchtbarkeit und um Verluste zu verhindern, sollte der Saldo (kg P / ha a) ausgeglichen sein (BAUMGÄRTEL et al. 2007; KOLBE und KÖHLER 2008). Bei der Hoftorbilanzierung stellt der Gesamtbetrieb die Bezugsebene dar. Als Zugänge wurden (Misch-) Futtermittel, Vieh und Einstreu und als Abgänge alle Verkäufe tierischer Erzeugnisse berücksichtigt. Zusätzlich kalkuliert wurden die Gesteinsverwitterung, atmosphärische Einträge und Verluste durch Erosion, Auswaschung und Abschwemmung. Die Datengrundlagen stellten der Standarddeckungsbeitrag, diverse Tabellenwerke und Informationen von Experten dar. Um die Bandbreite der P-Salden aufzuzeigen, wurden konventionelle und biologische Mutter- (Einsteller, Biojungrind) und Milchkuhbetriebe (4000 – 10000 L / a), Besatzdichten von 0,5 bis 2 GVE / ha sowie drei Intensitäten des Betriebsmitteleinsatzes (extensiv, abgestuft, intensiv) betrachtet. Der Saldo (kg P / ha a) bezieht sich auf eine Milch- bzw. Mutterkuheinheit. Die Hoftorbilanz kann, die Düngung betreffend, keine flächenspezifischen, aber eine gesamtbetriebliche Aussage treffen. Im Weiteren werden Nährstoffflüsse und deren Effizienz aufgezeigt, weshalb sie unterstützend für die Düngeplanung eingesetzt werden kann (FREYER und PERICIN 1993).

Untersuchungsgebiet: Die Bodenproben wurden in repräsentativen österreichischen Grünlandgebieten, dem Steirischen Ennstal und dem Steirischen Salzkammergut entnommen. Dabei wurden alle, im Untersuchungsgebiet möglichen, Bewirtschaftungsformen und Nutzungsintensitäten erfasst. Die Regionen liegen geologisch im Gebiet der Nördlichen Kalkalpen und der Grauwackenzone. Die Probeflächen befinden sich auf einer Seehöhe von 600 bis 1900 m. Die Böden sind überwiegend Braunerden, Kalkbraunlehme, diverse Rendzinen und Pararendzinen, Auböden und Gleye. Der Jahresniederschlag an den regionalen Wetterstationen reicht im langjährigen Mittel von 970 mm bis 1400 mm und die Jahresmittel-Temperatur von 5,9°C bis 7,0°C (ZAMG 2002).

Bodenproben-Analysen: Die Datenbasis für die Beurteilung des Phosphor-Versorgungszustandes stellten 153 Bodendaten dar. Die Analysen wurden laut den entsprechenden ÖNORMEN durchgeführt. Als Routinemethode für den pflanzenverfügbaren Phosphor wurde die in Österreich übliche Calcium – Acetat – Lactat – Methode (CAL-Methode nach ÖNORM L 1087) angewandt. Der Gesamtelementgehalt an Phosphor (P_t) wurde mittels Mikrowellenaufschluss und Zugabe von Königswasser bestimmt. Den anorganischen Gesamtgehalt (P_i) erhält man durch Extraktion mit 0,1 M H₂SO₄. Der Gesamtgehalt an organischem Phosphor ergibt sich aus der Subtraktion P_t - P_i. Der Humusgehalt wurde nach ÖNORM L 1080 ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Bezüglich der langfristigen Entwicklung des Phosphor-Versorgungszustandes der Böden erlauben die Ergebnisse der exemplarischen Hoftorbilanzierung eine Beurteilung hinsichtlich einer Zehrung oder Mehrung. Dabei bedingen vor allem die Entscheidungen des Landwirtes über die Art und Intensität des Betriebsmitteleinsatzes das Ergebnis der Salden. Große Mengen an P werden durch den Einsatz von Ergänzungsfuttermitteln (intensive Milchviehhaltung) in den Betrieb eingebracht. Mineralstoffe und Stroh spielen eine untergeordnete Rolle, können aber bei extensiven Betriebsformen (Mutterkuhhaltung) bereits zu einem ausgeglichenen bzw. positiven P-Saldo beitragen. Die Bandbreite der Milchviehbetriebe hinsichtlich P-Salden reicht, je nach Intensität des Betriebsmitteleinsatzes (ohne zusätzlichen Mineralstoffeinsatz) und Besatzdichte von etwa -7 bis +15 kg P / ha a. Betrachtet man die Ergebnisse differenzierter, so kann, interpretiert nach FREYER und PERICIN (1993) (Tabelle 1), folgendes festgestellt werden: Ausgegliche Salden finden sich bei konventionellen Betrieben (abgestufter bis intensiver Einsatz von externen Betriebsmitteln, 1 bis 2 GVE/ha) bei niedrigen (4000 L / a) bis moderaten (7000 L / a, bis ca. 1,2 GVE / ha) Milchleistungen. Dabei bedingt der generell geringe Einsatz

Tabelle 1: Einstufung der P-Bilanzen nach FREYER und PERICIN 1993

Phosphor -Hoftorbilanz	Saldo in kg P / ha a
stark defizitär	< -13
schwach defizitär	-13 bis -4,5
ausgeglichen	+/-4,5
schwach überschüssig	+4,5 bis +13
stark überschüssig	> +13

oder die Reduktion von Kraftfuttermitteln im unteren Leistungsbereich (4000 - 5000 L / a) geringfügig negative Salden (bis etwa -3 kg P / ha a, bei 2 GVE / ha). Eine Ergänzung mit Düngestoffen ist meist nicht notwendig, entscheidend ist jedoch der Bodenvorrat. Schwach defizitäre Bilanzen treten bei sogenannten „Low-Input“ Systemen auf. Werden im Extremfall weder Kraftfutter, Stroh oder Mineralstoffe zugeführt aber dennoch, aufgrund ausgezeichneten Grundfutters und Zuchtleistungen, Milchleistungen von bis zu 6000 L / a erzielt, so kann dies bereits ab einer Besatzdichte von etwa 1 GVE / ha zu einem schwach defizitären Saldo (ca. -5 kg P / ha a) führen. Bei einer Besatzdichte von 1,5 GVE / ha ergibt sich bei einer Leistung von 6000 L / a ein Saldo von ungefähr -7 kg P / ha a und selbst bei 4000 L / a werden etwa -5 kg P / ha a dem Boden entzogen. Maßnahmen zum Ausgleich sollten durchgeführt werden. Demgegenüber treten schwach bis stark überschüssige Bilanzen bei hohen Milchleistungen (kon) und einem entsprechend hohen Einsatz von Kraftfuttermitteln auf. Betrachtet man den Extremfall, so wird bei einer Milchleistung von 10000 L / a bereits bei geringer Besatzdichte (ca. 0,5 GVE / ha) ein schwach überschüssiger Saldo erreicht. Bei einer Milchleistung von 7000 L / a (intensiv) wird diese Schwelle in etwa bei 1,2 GVE / ha überschritten und bei 2 GVE / ha werden rund 8 kg P / ha a in den Boden eingebracht. Ein Zukauf von zusätzlichen Düngestoffen ist nicht ratsam. Biobetriebe sind in ihrer gesamten Bandbreite (abgestufter bis intensiver Einsatz von externen Betriebsmitteln) ausgeglichen, dabei ergeben sich im Leistungsbereich 4000 - 6000 L / a schwach negative Salden (bis etwa -2 kg P / ha a, bei 1,5 GVE / ha). Betrachtet man Mutterkuhbetriebe (bio & kon), so können diese in der gesamten Bandbreite (extensiv - intensiv, 0,5 - 1 GVE / ha) als ausgeglichen (ca. -1 bis +1 kg P / ha a) bezeichnet werden, womit weder eine Zu- noch Abfuhr von Düngestoffen von Nöten ist. Insgesamt liefern die Bilanzen somit das Ergebnis, das nur in Ausnahmefällen schwach defizitäre Bilanzen auftreten. Im Vergleich dazu

ermittelten GIGLER (2001) bei konventionellen und biologischen Grünlandbetrieben im Bezirk Liezen und WIESER et al. (1996) bei Biobetrieben in der Region Molln Salden von -1,1 bis +5,1 bzw. -1,9 bis +5,8 kg P / ha a. Eine großflächige Unterversorgung an CAL-löslichem und somit „pflanzenverfügbarem“ Phosphor (nach RICHTLINIE FÜR DIE SACHGERECHTE DÜNGUNG (2006) < 47 mg P / kg), wie in oben genannter Literatur sowie bei 89 % der untersuchten Böden, scheint dazu im Widerspruch zu stehen. Gleichzeitig weisen die untersuchten Grün-

Tabelle 2: Phosphor - Fraktionen (0 - 10 cm Bodentiefe)

	Grünlandböden (n = 153)				
	mg kg ⁻¹			%	
	P _{CAL}	P _t	P _o	P _{org}	C _{hum}
Min	1	256	234	33	2,6
Max	204	2600	1989	99	40,3
Median	21	1187	898	75	9,7
MW	27	1244	878	72	8,1

n = Anzahl der Bodenanalysen; Min = Minimum; Max = Maximum; MW = arithmetischer Mittelwert; P_{CAL} = Gesamtgehalt an Calcium-Acetat-Lactat-extrahierbarem Phosphor; P_t = Gesamtelementgehalt an Phosphor; P_o = Gesamtgehalt an organischem Phosphor; P_{org} = Anteil des organisch gebundenen Phosphors am Phosphor-Gesamtgehalt; C_{hum} = Humusgehalt

landböden im Median sogar hohe Gesamtphosphorgehalte von 1187 mg P / kg Boden auf (Tab 2.). Die organische P- Fraktion stellt dabei den größten Anteil am gesamten Phosphor - Pool dar und beträgt im Median 75 % (Tab 2). Böden des Dauergrünlandes weisen generell höhere Humusgehalte als Ackerböden auf (KLAPP 1971), womit ein höherer org. P- Anteil einhergeht (BLUME et al. 2010). Die Gegenüberstellung der Ergebnisse zeigt somit, dass die Düngeempfehlungen im Grünland, basierend auf den CAL-löslichen P- Gehalten, unterstützender Instrumente (Hoftorbilanzierung, floristische Zusammensetzung des Pflanzenbestandes, Futteruntersuchung) bedarf.

Zusammenfassung

Verschiedene Studien aus der Vergangenheit zeigen, dass die Grünlandböden in Österreich großflächig an CAL-löslichem und somit „pflanzenverfügbarem“ Phosphor unterversorgt sind. Dieser Umstand soll, anhand von exemplarischen Nährstoffbilanzen und Bodenuntersuchungen, in repräsentativen österreichischen Grünlandgebieten überprüft werden. Die Ergebnisse zeigen, dass extensive und mittelintensive Betriebsformen (Mutterkuhhaltung, Milchvieh bis etwa 7000 L / a kon, 8000 L / a bio) bei praxisüblichem Betriebsmitteleinsatz meist ausgeglichene P-Salden aufweisen. Hohe überschüssige Bilanzen werden vor allem durch leistungsstarke (konventionelle) Milchviehbetriebe (bis rund +15 kg P / ha a) und intensiven Einsatz von Betriebsmitteln verursacht. Zu schwach defizitären Bilanzen (im Extremfall bis etwa -7 kg P / ha a) führen sogenannte „Low-Input“- Systeme, die trotz Verzicht oder Reduktion von Kraftfutter, Stroh und Mineralstoffen hohe Leistungen erzielen. Insgesamt treten schwach defizitäre Salden nur in Ausnahmefällen auf. Im Weiteren zeigen die Ergebnisse, dass 89 % der untersuchten Böden an CAL-löslichem Phosphor unterversorgt sind, gleichzeitig aber hohe Gesamtphosphorgehalte (Median 1187 mg P / kg Boden) aufweisen. Dabei nimmt die organische P-Fraktion den größten Anteil (Median 75%) am gesamten Phosphor – Pool ein. Diese Ergebnisse bekräftigen, dass zusätzlich zur Bodenanalyse weitere Instrumente (Hoftorbilanzierung, floristische Zusammensetzung des Pflanzenbestandes, Futteruntersuchung) für die Düngeempfehlung mitberücksichtigt werden sollten.

Abstract

The results of different investigations show that most of the Austrian grassland soils are depleted in CAL-soluble P- fraction. Thus, additional investigations (nutrient budgets, soil analyses) should be done in representative Austrian areas. The results show that extensive and not too intensive production systems (suckler cows, milking cows till 7000 L / a - conventional, till 8000 L / a - organic) with a common input of resources have a balanced system. Highly positive budgets (about +15 kg P / ha a) are restricted to intensive, conventional farms with milking cows, due to the high input of operating resources. Negative budgets (till -7 kg P / ha a) can be found on farms, if they are able to produce high milk quantities (till 6000 L / a) without or low input of concentrated feed, straw and mineral nutrients. In sum negative budgets occur only in exceptional situations. Furthermore, the results of our soil analyses show low levels of CAL-soluble phosphorus, despite a high total phosphorus content of 1187 mg P / kg soil. The organic P- fraction is the most important P – pool (median 75%) in grassland soils. We conclude that additional instruments (nutrient budgets, plant species compositions, fodder analyses) should be part of the fertilizer recommendation.

Literatur

Literatur kann bei den AutorInnen eingesehen werden.

Adressen der Autoren

¹ Universität für Bodenkultur Wien

² LFZ Raumberg - Gumpenstein

* Ansprechpartner: Christine WEIßENSTEINER, Bakk.techn., christine-weissensteiner@gmx.at