

Schadstoffflüsse auf NABO-Parzellen

Nicolas Rossier, Armin Keller, André Desaulles¹

Einleitung

Das Nationale Boden-Beobachtungsnetz der Schweiz (NABO) wurde 1985 eingerichtet und umfasst insgesamt 105 Standorte mit unterschiedlicher Landnutzung (BUWAL 1993). Ziele sind die Entwicklung der langfristigen Schadstoffbelastung zu verfolgen und mögliche Beeinträchtigungen der Bodenfruchtbarkeit frühzeitig zu erkennen. Bisherige Ergebnisse deuten auf eine grosse Dynamik von Gehaltsveränderungen im Oberboden (0-20 cm) hin (BUWAL 1993, 2000). Bisher war es oft nicht möglich, eindeutige Kausalzusammenhänge herzustellen. Aus diesem Grund werden neben den Messungen der Veränderungen von Schadstoffgehalten im Boden (direktes Monitoring) ergänzend auch Schadstoffflüsse erhoben (indirektes Monitoring). Nachstehend werden für 48 Landwirtschafts-parzellen des NABO-Messnetzes Ergebnisse von stochastischen Schadstoffbilanzen für Cd, Pb, Cu und Zn der Periode 1996-2001 vorgestellt.

Methoden und Daten

Die Systembeschreibung der Schadstoffflüsse und ihre Abgrenzung sind schematisch in Figur 1 abgebildet. Die diffusen atmosphägen Einträge beruhen auf Literaturdaten aus bestehenden Depositionsmessnetzen und Moosmonitoring in der Schweiz. Die gezielten Einträge durch landwirtschaftliche Hilfsstoffe und die Ernteausträge sind aus parzellenscharfen Bewirtschaftungsangaben der Ausbringfrachten bzw. Ernten und entsprechenden Schadstoffkonzentrationen aus der Literatur berechnet.

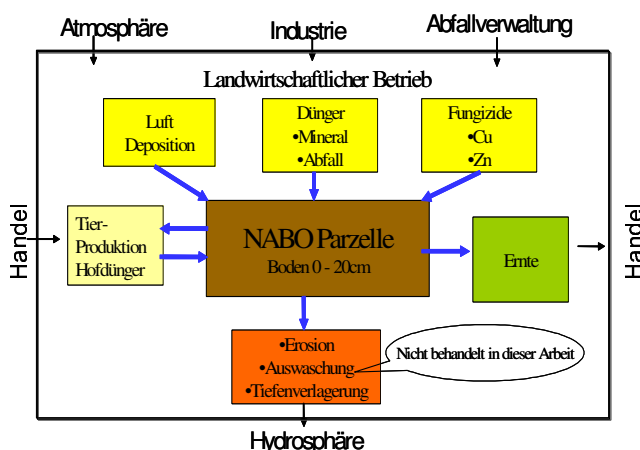


Fig. 1: Systembeschreibung der Schadstoffflüsse auf NABO-Parzellen

Die Schadstoffflüsse wurden pro NABO-Parzelle für jede Kultur und jedes Jahr berechnet und werden als Mittelwert für 6 Jahre (1996-2001) in $\text{g ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ ausgedrückt. Für die Berechnung der Unsicherheiten in der Schadstoffbilanzierung aufgrund von unsicheren Daten wird auf Keller et al. (diese Ausgabe) verwiesen.

Die Klassifizierung der 48 Betriebe erfolgte gemäss der Typologie FAT99 (FAT, 2000). Die Betriebstypen «Kom-

biniert Veredelung» (27%) und «Kombiniert Verkehrsmilch/Ackerbau» (21%) sind am häufigsten vertreten. 36 Betriebe betreiben Viehhaltung, wobei die Spanne der Grossvieheinheiten (GVE) von 0.1 bis 2.7 GVE/ha reicht (Median 1.1 GVE/ha). Die landwirtschaftliche Nutzfläche der Betriebe schwankt zwischen 0.6 bis 152 ha (Median 28 ha) und hängt stark vom Betriebstyp ab.

Etwa ein Drittel der Betriebe betreibt eine gemischte Nutzung Grasland/Ackerbau. Der Anteil an Ackerbaubetrieben (Weizen, Mais, Gerste, Kartoffel, Rüben) und Betriebe mit Dauergrünland betrug etwa je ein Viertel. Andere Fruchtfolgen waren unbedeutend.

Ergebnisse

In Figur 2 sind die Ergebnisse der 48 NABO-Parzellen beispielhaft für Cd nach Betriebstypen gruppiert dargestellt. Die Boxplots geben die Verteilungen der Nettofluxe (Summe der Einträge minus der Austräge) wieder, die beiden Balkengraphiken den relativen Anteil der Einträge am Gesamteintrag sowie den Anteil der Ernteausträge am Gesamteintrag.

Cadmium: Die auffälligen Werte der Nettofluxe in Figur 2 finden ihre Erklärung im unteren Teil der Grafik, welche Hinweise über die Herkunft der überwiegenden Anteile gibt. Für die Parzellen Nr. 4, 15, 26, 63, 65 und 102 waren es Mineraldünger (z.B. Supertriple, Thomaskorn, binäre PK Dünger) und für Parzelle Nr. 28 Cd Einträge durch Klärschlamm. Parzellen mit negativen Nettofluxen (Entzug) wiesen geringe Cd-Einträge durch Dünger auf, und hatten zumeist Ernteausträge, welche grösser waren als die atmosphägen Einträge.

Der mittlere Cd-Nettoflux betrug $0.4 \pm 0.6 \text{ g ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ und variierte zwischen -1 ± 0.8 und $5.6 \pm 1.3 \text{ g ha}^{-1}\text{a}^{-1}$. Zwischen den verschiedenen Betriebstypen und Fruchtfolgen waren die Unterschiede relativ gering. Wesentliche Eintragsquellen waren die atmosphärische Deposition und Phosphat-Mineraldünger. Die aus dem Moosmonitoring geschätzten atmosphägen Einträge variierten zwischen 0.7 und $0.9 \text{ g ha}^{-1}\text{a}^{-1}$, und trugen im Mittel 40 % zu den Gesamteinträgen der Cd Bilanzen bei.

Blei: Der mittlere Pb-Nettoflux aller Parzellen betrug $17.4 \pm 10 \text{ g ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ und variierte zwischen $-10.3 \pm 15.6 \text{ g ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ und $82.9 \pm 16.6 \text{ g ha}^{-1}\text{a}^{-1}$. Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Betriebstypen und Fruchtfolgen waren ebenfalls gering.

Parzellen mit Klärschlamm-Düngung wiesen gegenüber dem Mittel eine wesentlich höheren Pb Nettoflux auf. Pb-Einträge durch Hofdünger wurden in der Regel durch Ernteausträge kompensiert, so dass ausgeglichene Nettofluxe resultierten. Die atmosphägen Einträge betrugen im Mittel 70 % ($21\text{-}39 \text{ g ha}^{-1}\text{a}^{-1}$) und waren generell die Hauptquelle der Pb-Einträge.

Kupfer: Für drei Rebbauparzellen (Nr. 5, 55, 96) mit regelmässigen Kupferspritzungen waren Cu Einträge von bis zu $2000 \text{ g ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ zu verzeichnen. Für die anderen Parzellen variierten die Cu-Nettofluxe zwischen -35.3 ± 5 und $278.2 \pm 43.3 \text{ g ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ mit einem Median von $58.8 \pm 35.9 \text{ g ha}^{-1}\text{a}^{-1}$.

¹ Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Postfach, CH-8046 Zürich, Schweiz.
andre.desaulles@fal.admin.ch, www.NABO.admin.ch

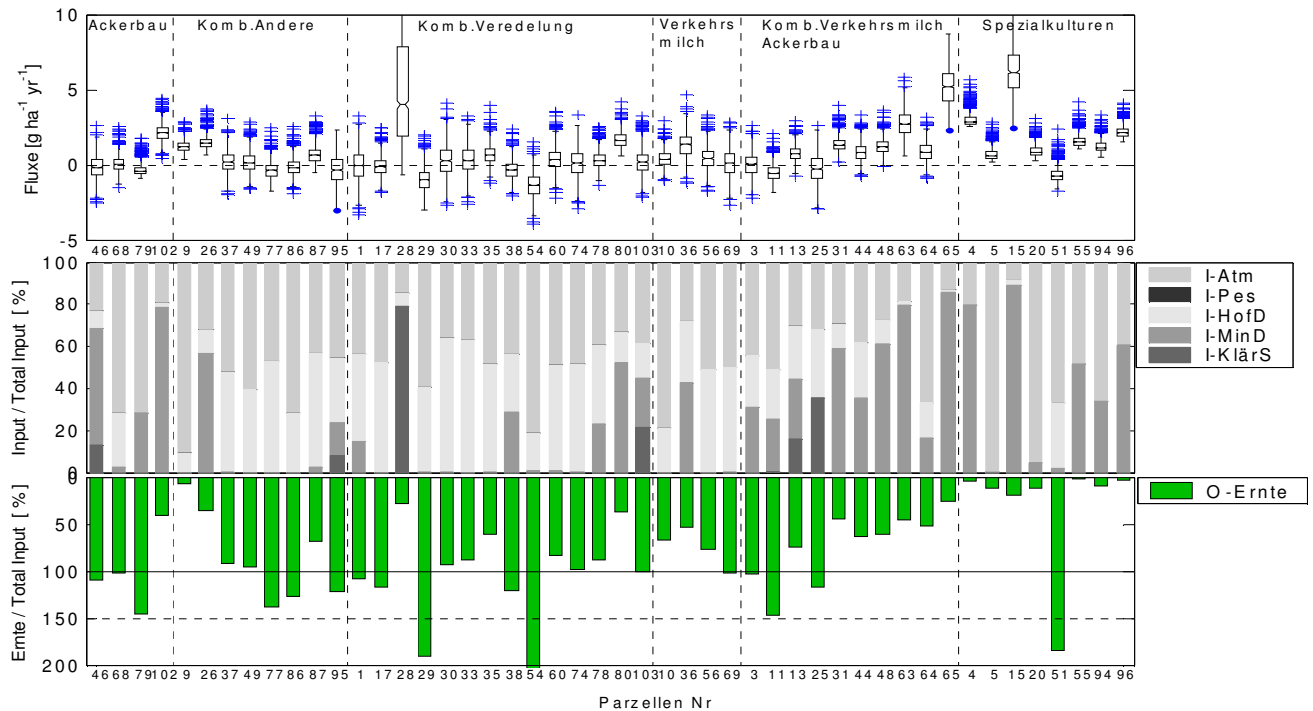


Fig. 2: Cd-Nettofluxe mit relativen Anteilen der Einträge und Ernteausträge auf 48 NABO-Parzellen

Die Unterschiede zwischen den Parzellen hingen stark vom Hofdüngereinsatz ab. Der Viehbesatz korrelierte signifikant positiv mit dem Cu-Nettoflux. Bei intensivem Kartoffelbau waren hingegen keine signifikant erhöhten Einträge festzustellen. Die atmosphärischen Einträge lagen zwischen 1.7 und 21.5 g ha⁻¹a⁻¹ und trugen in Betrieben mit Viehhaltung weniger als 10 % zu den Gesamteinträgen bei. Allerdings ergab die Umrechnung von Cd Gehalten in Moos zu Cd Fluxe auf Basis der festgestellten Korrelationen zum Teil negative Werte. Die Cu Depositionswerte müssen deshalb kritisch überprüft werden.

Zink: Der mittlere Zn-Nettoflux aller Parzellen betrug 279 ± 155 g ha⁻¹a⁻¹ mit einer grossen Variation zwischen -136 ± 21.8 g ha⁻¹a⁻¹ und 1528 ± 579 g ha⁻¹a⁻¹. Die bedeutendsten Unterschiede beruhten auf verschiedenen Fruchtfolgen und vor allem dem Hofdünger-Einsatz. Der Zn-Eintrag korrelierte wie bei Cu positiv mit dem Viehbesatz. Eine Parzelle (Nr. 30) eines Betriebs mit einem hohen Schweinebesatz wies einen Zn-Nettoflux von 1507 g ha⁻¹a⁻¹ auf. Bei fehlendem oder geringem Hofdünger-Einsatz (Nr. 3, 4, 63, 79 und 94) kommen auch negative Zn-Nettofluxe, d.h. Entzüge, vor. Die atmosphärischen Einträge waren mit 80 bis 127 g ha⁻¹a⁻¹ recht bedeutend, jedoch von 4 Ausnahmen abgesehen (Nr 5, 9, 55 und 96) geringer als die Ernteausträge. Die Zn-Einträge durch Pflanzenschutzmittel waren abgesehen von der Rebbauparzelle Nr. 5 gering.

Schlussfolgerungen

Atmosphärische Einträge sind generell die Hauptquellen bei Cd und Pb. Bei Düngung mit Klärschlamm oder Cd-reichen Mineraldüngern werden ebenfalls bedeutende Mengen an Cd und Pb eingetragen. Hofdünger sind generell die Hauptquellen bei Cu und Zn. Bei Spezialkulturen können die Einträge durch Pflanzenschutzmittel dominieren. Insofern Klärschlamm appliziert wird, ist dies ebenfalls eine sehr sensitive Quelle für die Cu und Zn Bilanzen. Die Cd

Austräge über die Ernte können in der Grössenordnung des Gesamteintrags liegen (ausgeglichene Bilanz), während für die anderen Elemente lediglich die Hälfte des Gesamteintrags oder weniger mit dem Erntegut wieder ausgetragen wird.

Für die Reduktion von Schwermetall-Einträgen wurden folgende praktische Massnahmen empfohlen:

- Korrekte Düngung welche den Kulturbedarf und den Bodenvorrat berücksichtigt.
- Keine Klärschlamm-Düngung.
- Keine Verwendung von Cd-reichen Mineraldüngern wie Triple-Superphosphat.
- Verwendung von Cu- und Zn-armen Kraftfuttermitteln.
- An den Betrieb angepasster Viehbesatz mit korrektem und gleichmässigem Hofdüngereinsatz.
- Einschränkung der Kupferspritzungen oder Ersatz durch Alternativen.
- Integration von Kartoffel- und Gemüsebau in eine diversifizierte Fruchtfolge.

Literatur

- BUWAL (1993): Nationales Bodenbeobachtungsnetz – Messresultate 1985-1991. Schriftenreihe Umwelt Nr. 200. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Hrsg.), CH-3003 Bern.
- BUWAL (2000): Nationales Boden-Beobachtungsnetz - Veränderungen von Schadstoffgehalten nach 5 und 10 Jahren. Schriftenreihe Umwelt Nr. 320. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Hrsg.), CH-3003 Bern.
- FAT (2000): Neue Methodik für die Zentrale Auswertung von Buchhaltungsdaten an der FAT. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, 8356 Tänikon, Schweiz.