



35 Jahre Schwermetallbilanzierung auf Schweizer Landwirtschaftsparzellen: Trends, Hotspots und Empfehlungen

Thomas Gross (thomas.gross@agroscope.admin.ch)

Michael Müller

Dr. Armin Keller

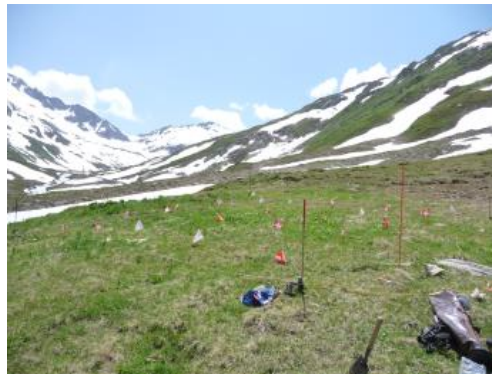
Dr. Andreas Gubler

Dr. Reto Giulio Meuli

5. April 2022



Einführung





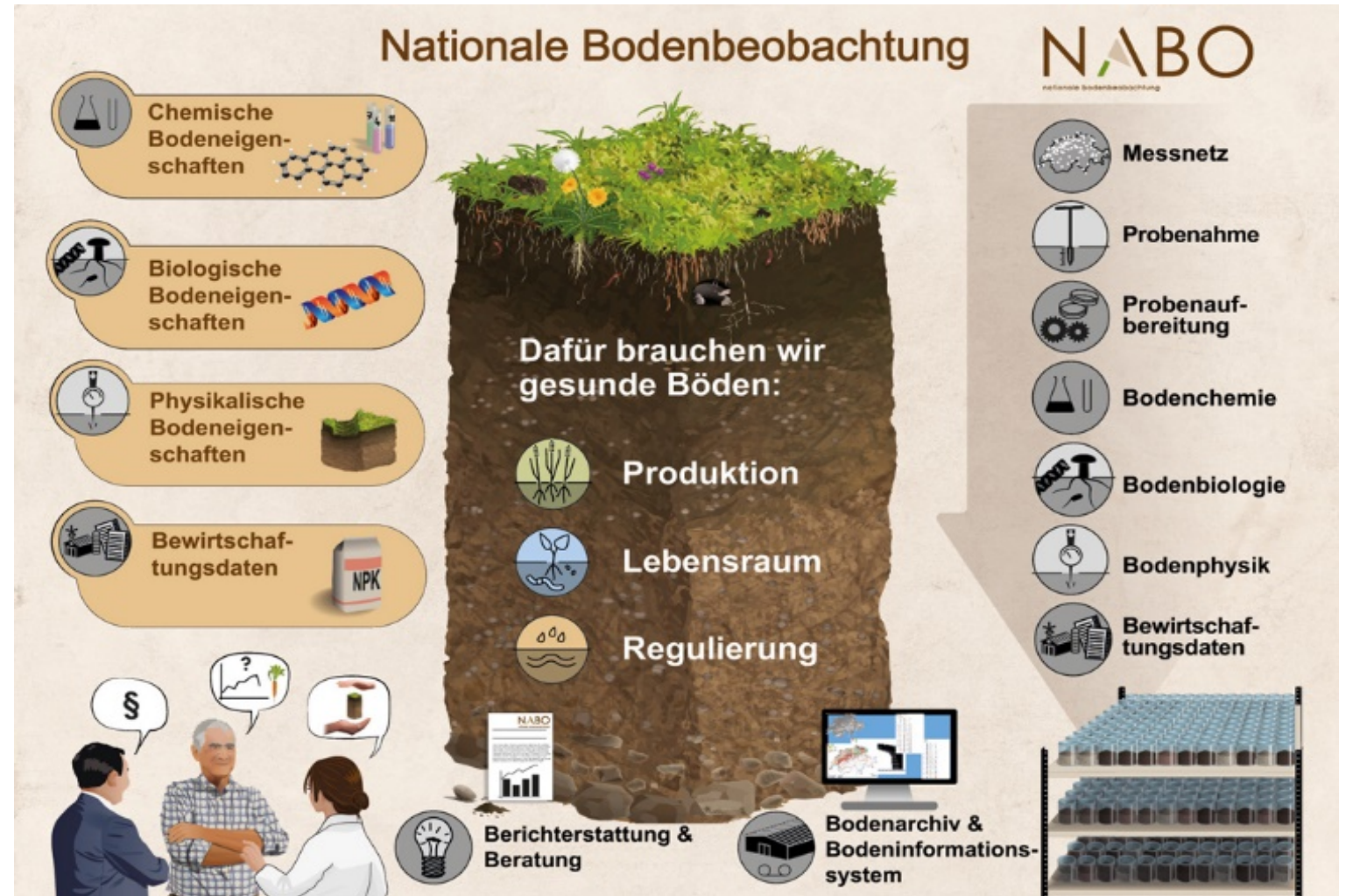
Die Nationale Bodenbeobachtung der Schweiz (NABO)

Bodeneigenschaften

(direktes Bodenmonitoring)

Bodennutzung

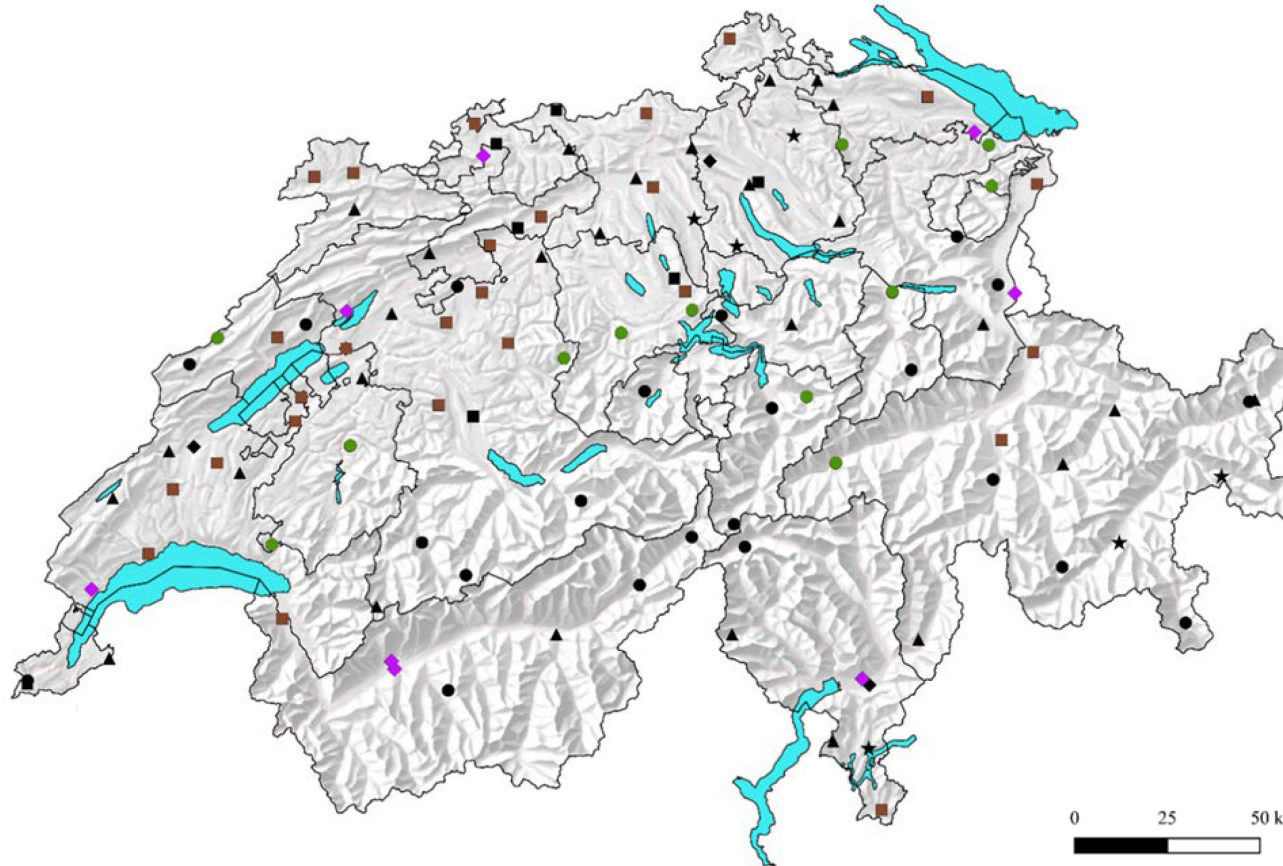
(indirektes Bodenmonitoring)





Messnetz: Monitoring-Standorte

- Auf > 100 Standorten alle fünf Jahre Bodenproben seit 1985 (derzeit 114 Standorte)
- Von ausgewählten landwirtschaftlichen Standorten jährlich Bewirtschaftungsdaten



NABO-Standorte mit Bewirtschaftungsdaten:

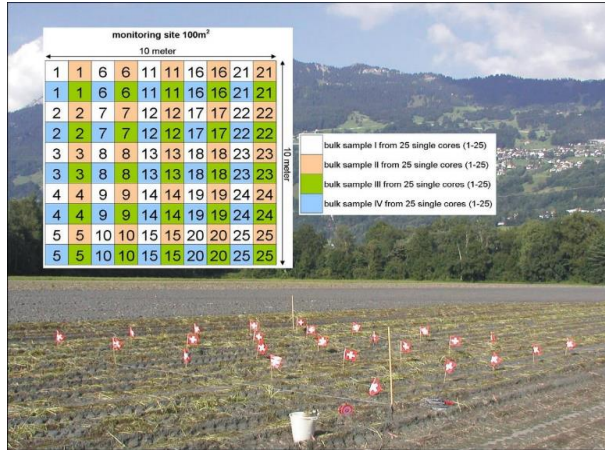
| | |
|-------------------|----|
| ■ Ackerbau | 27 |
| ● Grasland | 12 |
| ◆ Spezialkulturen | 7 |

NABO-Standorte ohne Bewirtschaftungsdaten:

| | |
|-------------------|----|
| ■ Ackerbau | 5 |
| ● Grasland | 24 |
| ◆ Spezialkulturen | 5 |
| ▲ Wald | 28 |
| ★ Andere | 6 |



Erhebung und Archivierung der Bodendaten



- Flächenmischproben (20 cm, 10 x 10 m Fläche)
- Separate Flächen für chemische, bodenbiologische und physikalische Auswertungen
- Bohrkern bis max. 100 cm an Hauptstandorten (ca. 80 Standorte)
- Zum Nachlesen: NABO-Standortkonzept (Schwab & Gubler 2016)

- Faktenblätter
- Berichte
- Wissenschaftliche Publikationen
- Daten für Studien gemeinsam mit Partnerorganisationen



Archiv:

- > 10'000 getrocknete Feinerdeproben
- > 1'000 tiefgefrorene Frischproben


Quellen: Schwab P, Gubler A (2016) NABO-Standortkonzept. Betrieb des Messnetzes ab 2015. Agroscope: NABO, Reckenholz



Erhebung der Bewirtschaftungsdaten


Jährlich erhoben pro Parzelle:

 Hof-, Mineral- und Recyclingdünger

 Pflanzenschutzmittel

 Bodenbearbeitung

 Kulturfolge

 Ernteerträge

- Plausibilisierung und Rückfragen, durch **ausgebildete Landwirte**
- Einschätzung der **Datenqualität**

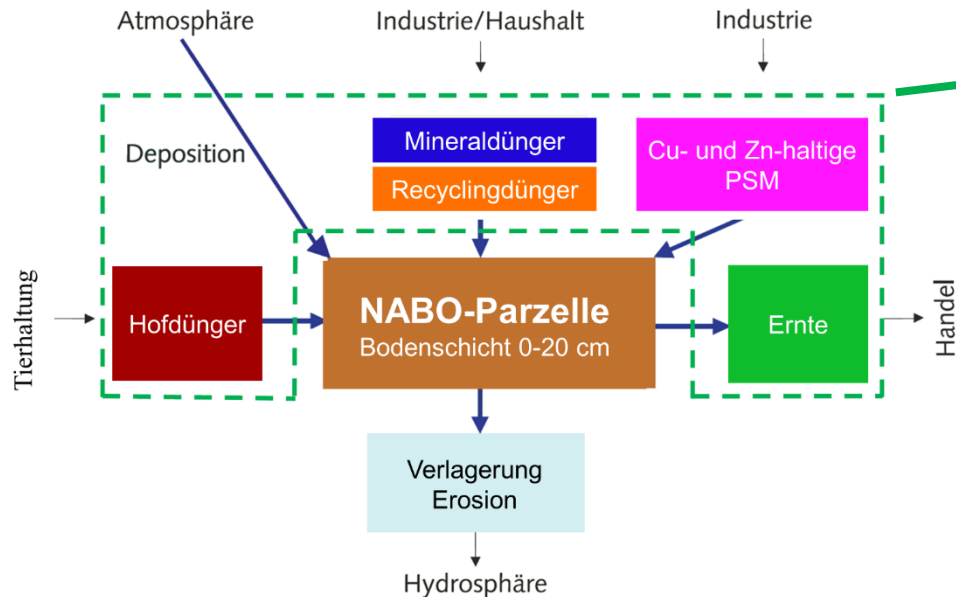
Parzelle an NABO-Standort B083
(Ackerbau):



Abbildung: Wächter et al. (2021) Nationale Bodenbeobachtung. Kurzportrait der Standorte. Nationale Bodenbeobachtung, Agroscope, Zürich-Reckenholz



Stoffflussanalyse: Oberflächenbilanzierung



Nettoflüsse = Einträge minus Austräge

- Berechnet pro Fläche (ha) und Jahr (a) auf Parzellenebene
- **Datenbank zu Stoffkonzentrationen** primär aus nationalen Studien und eigenen Analysen (insb. Hofdünger)
- **Unsicherheitsanalyse** mit einer stochastischen Methode
 - Datenqualität Bewirtschaftungsdaten
 - Verteilung Konzentrationsdaten

Umgesetzt in





Fragestellung dieses Vortrags

- Welche **Trends** sehen wir bei **Schwermetallgehalten** auf landwirtschaftlichen Parzellen?
- Was sind die **wichtigsten Schwermetall-Eintragspfade** in landwirtschaftliche Böden?
- Wie haben sich **Schwermetall-Nettoflüsse** (Oberflächenbilanzen) auf landwirtschaftlichen Parzellen über die letzten drei Jahrzehnte entwickelt?
- Welche **Schlussfolgerungen** und **Empfehlungen** können wir daraus ableiten?



Schwermetall-Zeitreihen



Schwermetallgehalte auf landwirtschaftlichen Parzellen der NABO

Veränderung der **Gehalte im Oberboden** (Feinerde, 0-20 cm) ^a auf Parzellen der NABO

| | Cd | Zn | Cu | Hg | Pb | Ni | Cr | Co |
|------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Ackerbau | → | → | → | → | → | → | → | → |
| Grasland | | | | | | | | |
| intensiv | → | → | → | → | → | → | → | → |
| wenig intensiv | → | → | → | → | → | → | → | → |
| extensiv | → | → | → | → | → | → | → | → |
| Spezialkulturen | | | | | | | | |
| Gemüse | → | → | → | → | → | → | → | → |
| Obst | → | → | → | → | → | → | → | → |
| Reben | → | → | → | → | → | → | → | → |

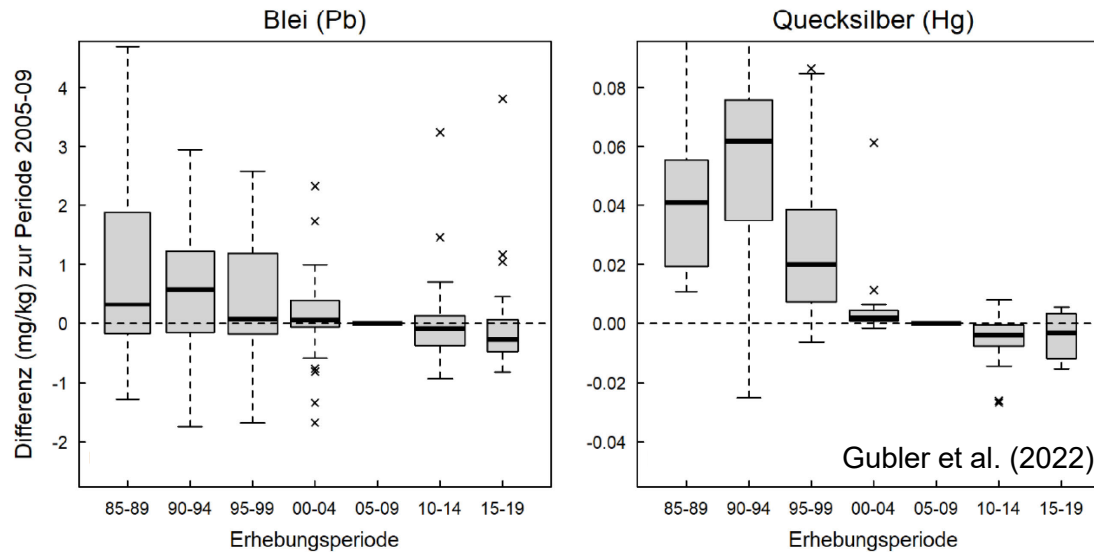
Cd = Cadmium
 Zn = Zink
 Cu = Kupfer
 Hg = Quecksilber
 Pb = Blei
 Ni = Nickel
 Cr = Chrom
 Co = Cobalt

^a Angepasst aus: Gubler et al. (2015)
 Ergebnisse der Nationalen Bodenbeobachtung
 (NABO) 1985-2009. Bundesamt für Umwelt
 (BAFU), Bern



Rückläufige Pb- und Hg-Gehalte

Auf landwirtschaftlichen Standorten der NABO:

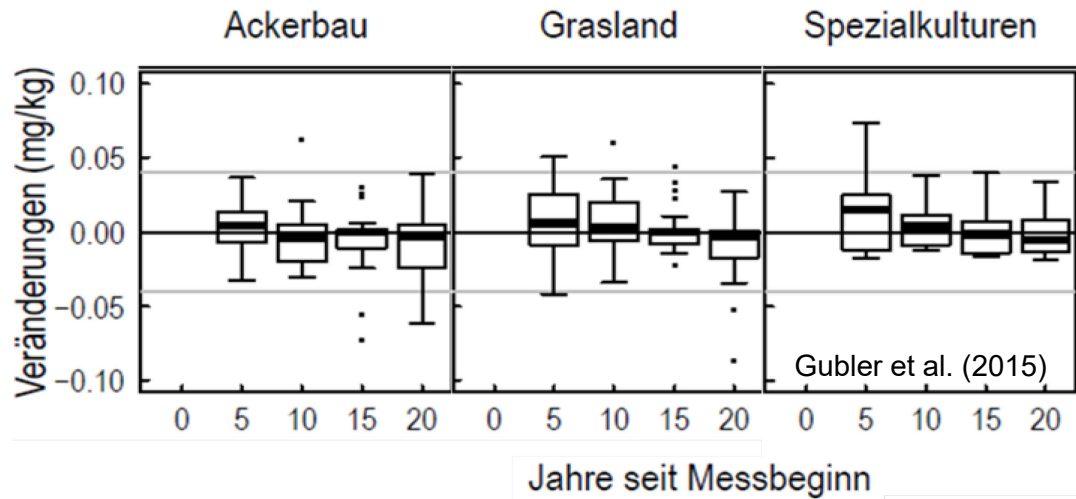


- Überwiegend abnehmende Gehalte im Oberboden
- Pb-Deposition über Feinstaubniederschläge heute ca. 50 Mal geringer als vor 30 Jahren (BAFU 2019)
- Hg-Konzentrationen im Moos haben sich um > 45% seit 1990 verringert
- Bessere Luftreinhaltungsmassnahmen (z.B. unverbleites Normbenzin, Sanierung von Kehrlichtverbrennungsanlagen) in den 80er- und 90er-Jahren zeigen Wirkung!

BAFU (2018) Deposition von Luftschadstoffen in der Schweiz. Moosanalysen 1990-2015. Bundesamt für Umwelt, Bern; **BAFU (2019)** Luftqualität 2018. Messresultate des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL). Umwelt-Zustand Nr. 1916, Bundesamt für Umwelt, Bern; **Gubler et al. (2022)** Die Nationale Bodenbeobachtung 2021, Agroscope Science Nr. 128; Keller et al. (2005) Schwermetallbilanzen von Landwirtschaftspartellen der Nationalen Bodenbeobachtung, Schriftenreihe FAL Nr. 54

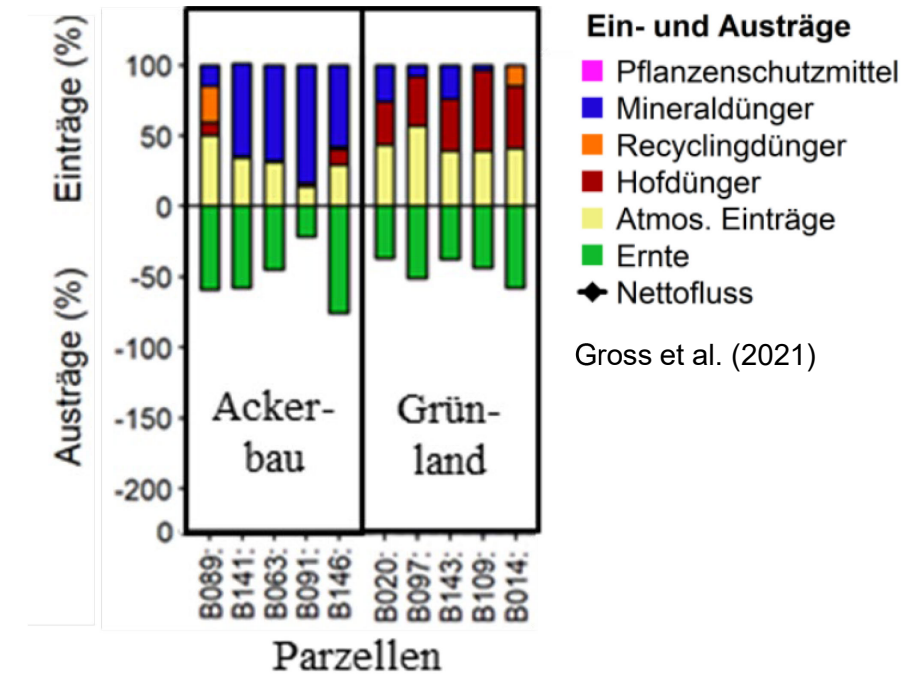


Stagnierende Cd-Gehalte, aber nicht überall



- NABO-Standorte: Nur geringe Veränderungen der Cd-Gehalte
- Schweiz: Hinweise auf Anreicherung auf Ackerstandorten mit viel mineralischer P-Düngung (Bigalke et al. 2016)

Ein- und Austräge (Beispiele):



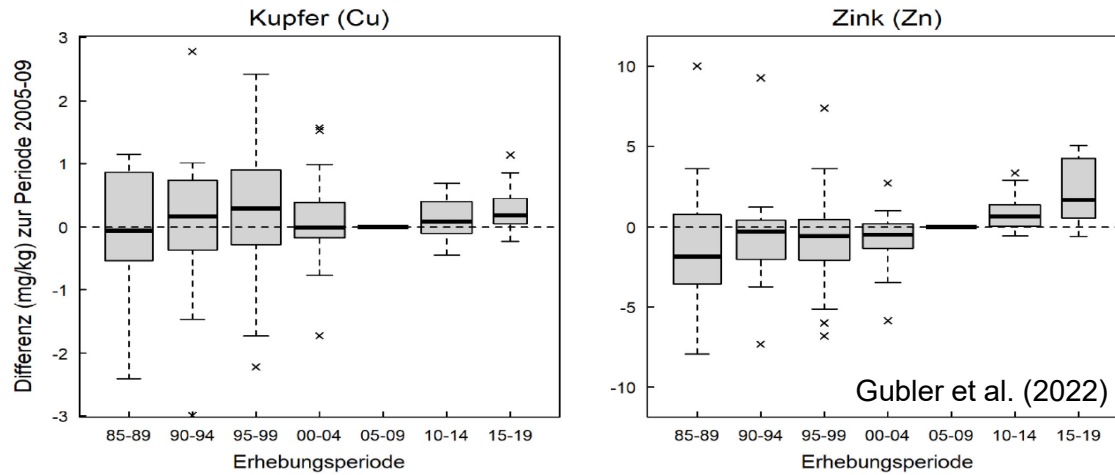
Mediane Nettoflüsse pro Parzelle:
-0.6 bis 3.2 g Cd ha⁻¹ Jahr⁻¹

Gross et al. (2021) Stoffbilanzen für Parzellen der Nationalen Bodenbeobachtung. Nährstoffe und Schwermetalle 1985–2017. Agroscope Science Nr. 123;
Gubler et al. (2015) Ergebnisse der Nationalen Bodenbeobachtung (NABO) 1985–2009. Umwelt-Zustand: Boden. Bundesamt für Umwelt, Bern



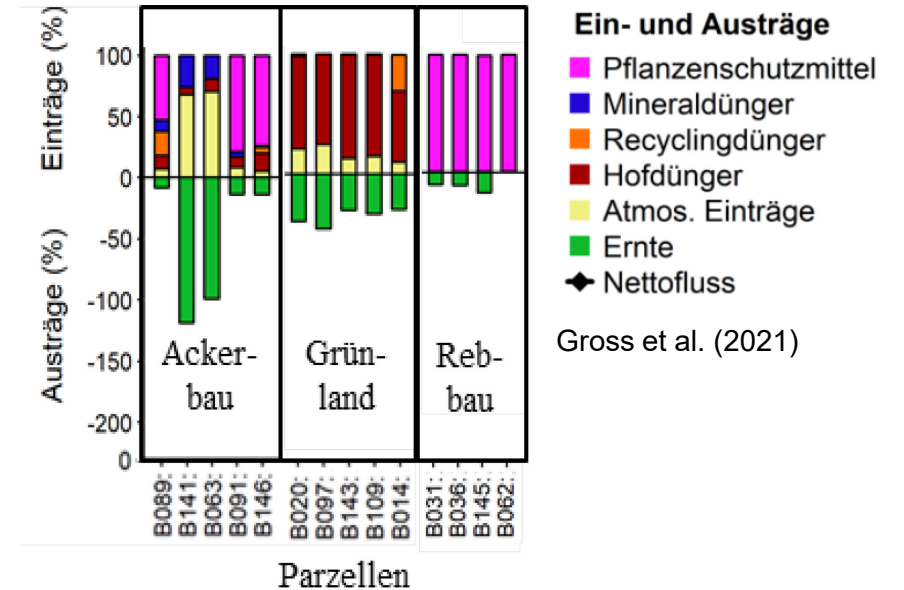
Teilweise steigende Cu- und Zn-Gehalte

Auf landwirtschaftlichen Standorten der NABO:



- Steigende Cu- und Zn-Gehalte v.a. auf intensiv bewirtschaftetem Grünland und einigen Ackerparzellen
- Cu und Zn sind Mikronährstoffe und kommen u.a. in Hofdüngern vor

Ein- und Austräge (Beispiele):



Mediane Nettoflüsse pro Parzelle:

-7 bis 2'421 g Cu ha⁻¹ Jahr⁻¹

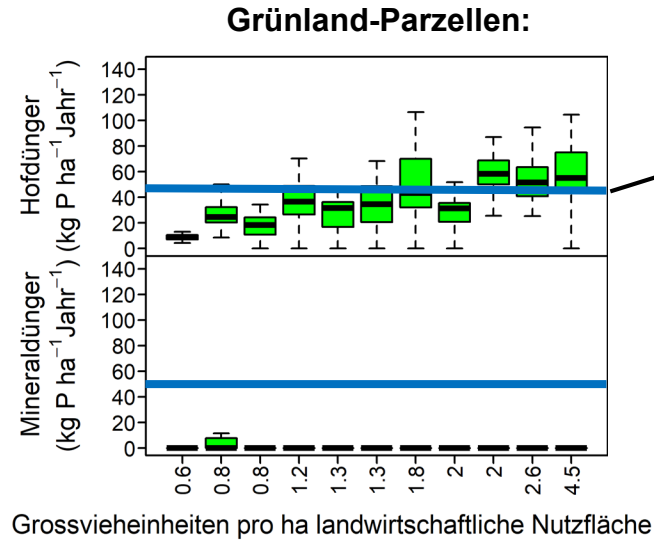
-92 bis 1'240 g Zn ha⁻¹ Jahr⁻¹

Gross et al. (2021) Stoffbilanzen für Parzellen der Nationalen Bodenbeobachtung. Nährstoffe und Schwermetalle 1985–2017. Agroscope Science Nr. 123; Gubler et al. (2015) Ergebnisse der Nationalen Bodenbeobachtung (NABO) 1985–2009. Umwelt-Zustand: Boden. Bundesamt für Umwelt, Bern



Cu- und Zn-Nettoflüsse und Tierhaltung

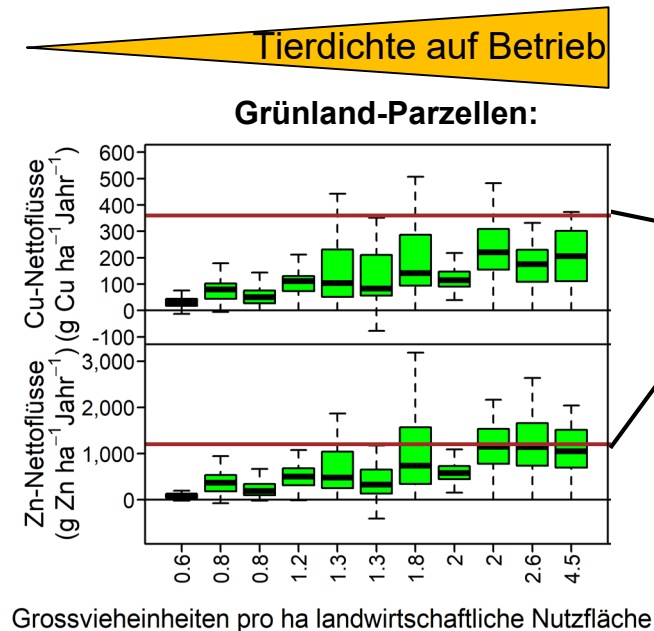
Nährstoff-
einträge:



GRUD: Düngerempfehlung
intensive Wiesen im Mittelland
(GRUD = Grundlagen für die Düngung im Acker-
und Futterbau)

Phosphor-, Cu und Zn-Einträge
steigen mit zunehmender
Tierdichte auf Betrieben

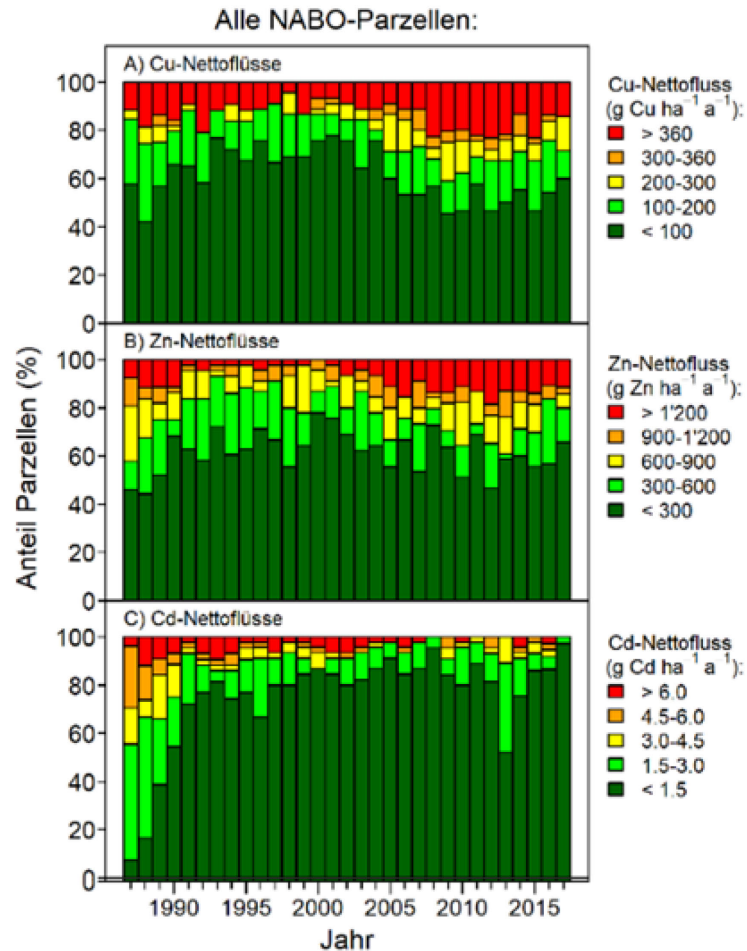
Cu- und Zn-
Nettoflüsse:



Referenz: zulässige zusätzliche
jährliche Frachten an Schadstoffen
über alle Wirkungspfade gemäss
Deutscher Bundes-Bodenschutz-
Verordnung (BBodSchV 1999)



Nettoflüsse über drei Jahrzehnte



Gross et al. (2021)

- **Cu und Zn:** Parzellen mit hohen Nettoflüssen v.a. auf intensiv genutzten Grünlandstandorten, für Cu auch im Rebbau
- **Cd:** Rückgang der Parzellen mit hohen Nettoflüssen durch geringeren Mineraldüngereinsatz und Verbot von unbehandeltem Klärschlamm
- **Referenz für sehr hohe Nettoflüsse (rot):** Zulässige zusätzliche jährliche Frachten an Schadstoffen über alle Wirkungspfade gemäss Deutscher Bundes-Bodenschutz-Verordnung (BBodSchV 1999)

BBodSchV (1999) Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin; Abbildung: **Gross et al. (2021)** Stoffbilanzen für Parzellen der Nationalen Bodenbeobachtung. Nährstoffe und Schwermetalle 1985–2017. Agroscope Science Nr. 123



Fazit und Empfehlungen



Fazit und Empfehlungen

Übermäßige Ausbringung von Hofdüngern (z.B. auf betriebsnahen Parzellen) kann zur Anreicherung von Bodenschadstoffen führen

- Methoden und Tools für eine **bedarfsorientierte Verteilung von Nährstoffen** innerhalb von und zwischen Betrieben

P-haltige Mineraldünger können bei intensiver Nutzung zu Cd-Anreicherung führen

- Möglichst **sparsamer Einsatz** und **Durchsetzung von Cd-Grenzwerten**

Ursachenanalysen und Prognosen

- **Bodenmesswerte + Stoffflüsse** = wertvolle Basis zur Ursachenanalyse und Prognose künftiger Entwicklungen mit Modellen (Szenarien)

Beweissicherung

- **Bodenarchiv** ermöglicht Blick in die Vergangenheit



Zum Nachlesen (I)



<https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/48742>



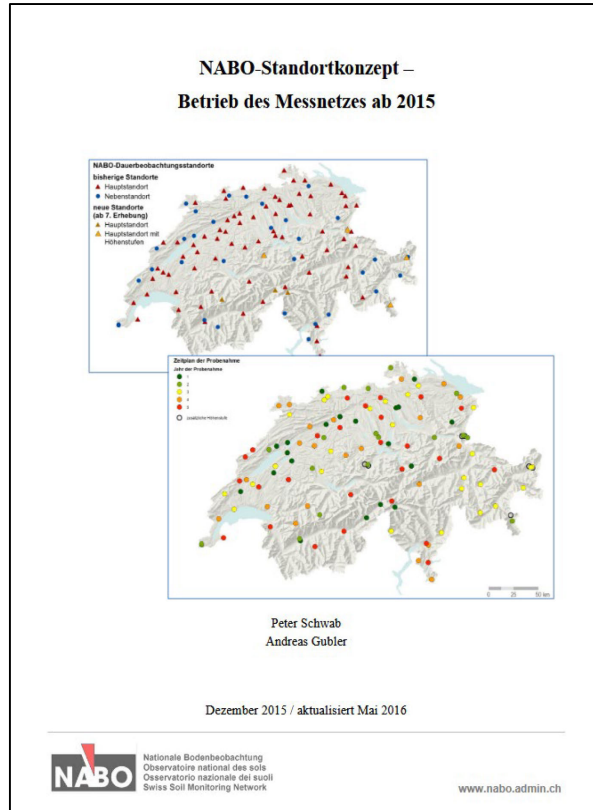
<https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/46682>



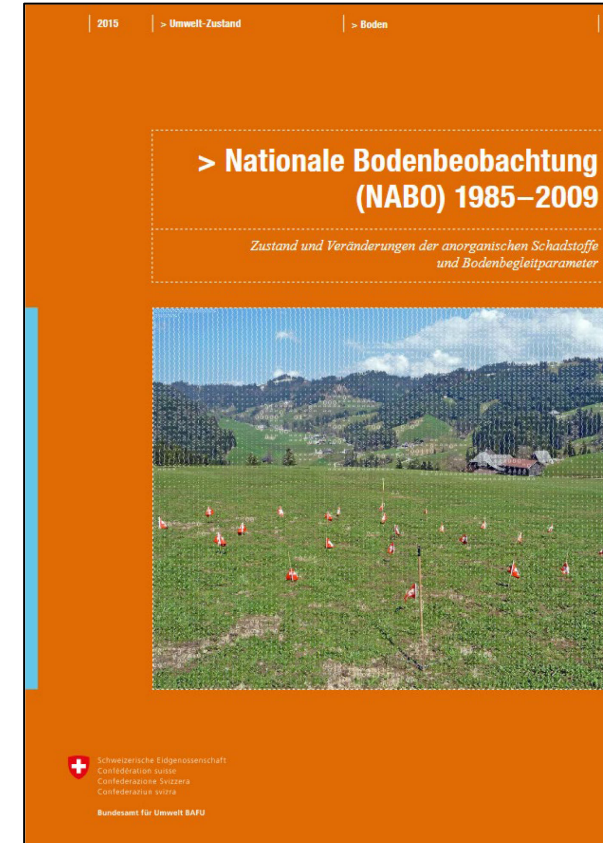
<https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/46683>



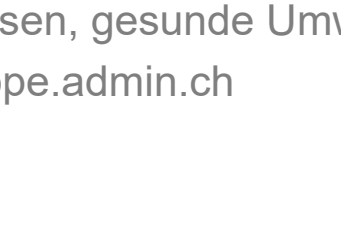
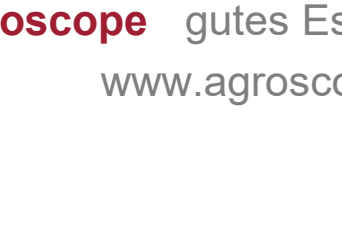
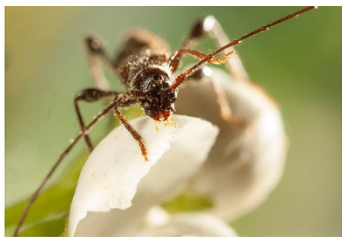
Zum Nachlesen (II)



<https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/46421>



<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/boden/publikationen-studien/publikationen/bodenbeobachtung-nabo-1985-2009.html>



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Agroscope gutes Essen, gesunde Umwelt
www.agroscope.admin.ch

