



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Wirtschaft,  
Bildung und Forschung WBF

**Agroscope**

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

**Bundesamt für Umwelt BAFU**



# Geochemischer Bodenatlas Schweiz

Darstellung der räumlichen Verteilung von 20 Elementen in Oberböden der Schweiz:

**As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, S, Sb, Ti, U, V, Zn**

**Jolanda E. Reusser<sup>1,2</sup>, Maja B. Siegenthaler<sup>2,3</sup>, Lenny H. E. Winkel<sup>2,3</sup>, Ruben Kretschmar<sup>2</sup>,  
Daniel Wächter<sup>4</sup>, Reto G. Meuli<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Bodenqualität und Bodennutzung, Agroscope, 8046 Zürich

<sup>2</sup>Institut für Biogeochemie und Schadstoffdynamik, ETH Zurich, 8092 Zürich

<sup>3</sup>Abteilung Wasserressourcen und Trinkwasser, Eawag, 8600 Dübendorf

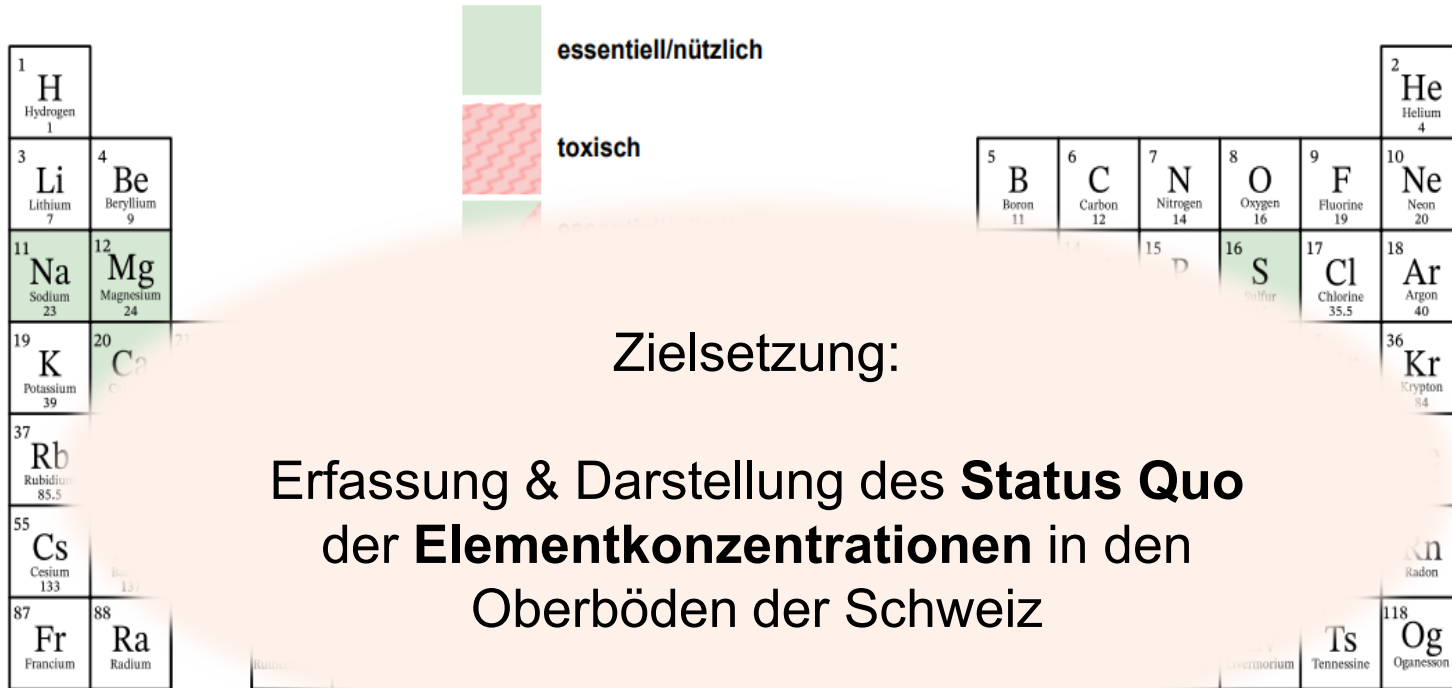
<sup>4</sup>Kompetenzzentrum Boden, BFH-HAFL, 3052 Zollikofen

[jolanda.reusser@agroscope.admin.ch](mailto:jolanda.reusser@agroscope.admin.ch)

**Finanzierung: Bundesamt für Umwelt BAFU**

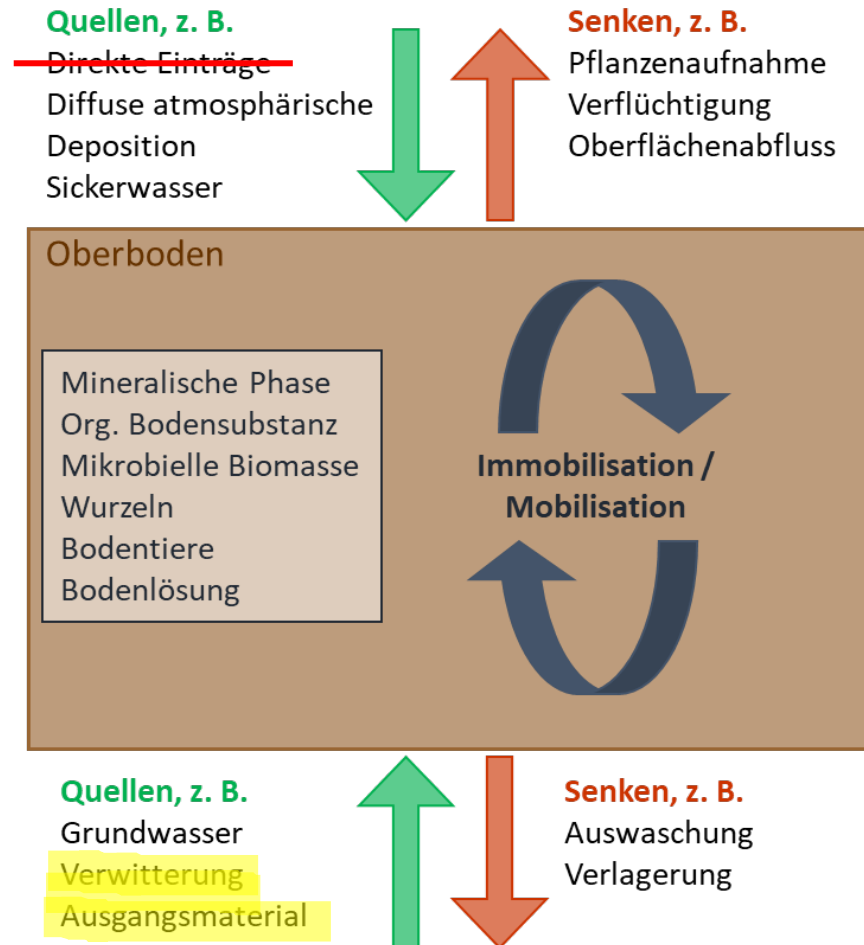
**Begleitung BAFU: Alice Badin**

# Geochemischer Bodenatlas



57 La Lanthanum	58 Ce Cerium 140	59 Pr Praseodymium 141	60 Nd Neodymium 144	61 Pm Promethium	62 Sm Samarium 150	63 Eu Europium 152	64 Gd Gadolinium 157	65 Tb Terbium 159	66 Dy Dysprosium 162.5	67 Ho Holmium 165	68 Er Erbium 167	69 Tm Thulium 169	70 Yb Ytterbium 173	71 Lu Lutetium 175
89 Ac Actinium	90 Th Thorium 232	91 Pa Protactinium 231	92 U Uranium 238	93 Np Neptunium	94 Pu Plutonium	95 Am Americium	96 Cm Curium	97 Bk Berkelium	98 Cf Californium	99 Es Einsteinium	100 Fm Fermium	101 Md Mendelevium	102 No Nobelium	103 Lr Lawrencium

# Quellen/Einträge und Senken/Austräge von Elementen im Boden



# Ausschlussverfahren

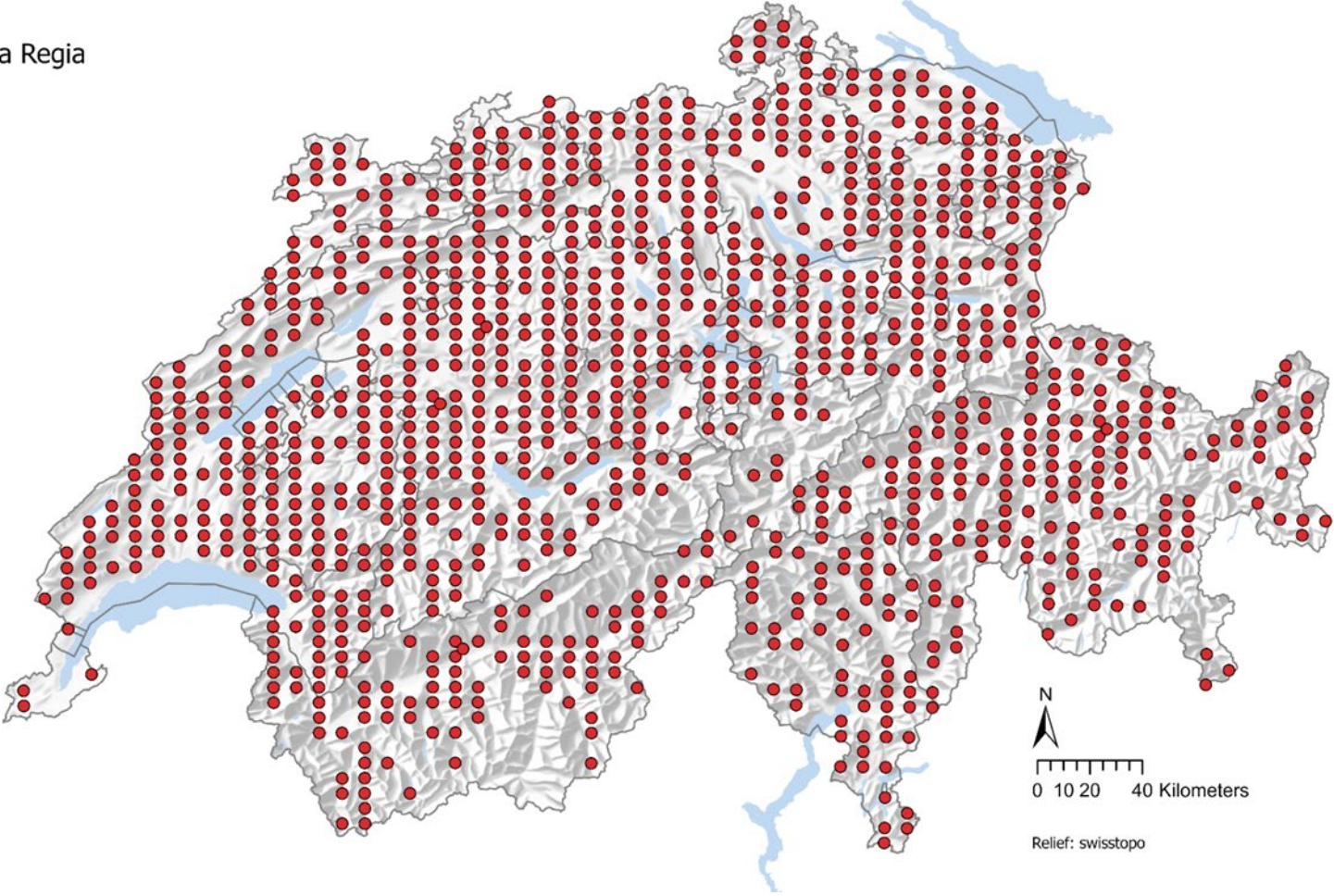
## direkte anthropogene Einträge

Für das Ausschlussverfahren wurde die Lage der Standorte mit den folgenden Perimetern abgeglichen:

- Kataster der belasteten Standorte
- Schiessplätze und militärische Anlagen
- Nähe zu Gebäuden, Strassen und Eisenbahnlinien
- Prüfperimeter Bodenverschiebung der Kantone (wo vorhanden)
- Geologische Karten (Erdwalle, Deponien, etc.)

# BDM-Datensatz (Indikator Z9)

• BDM, Aqua Regia



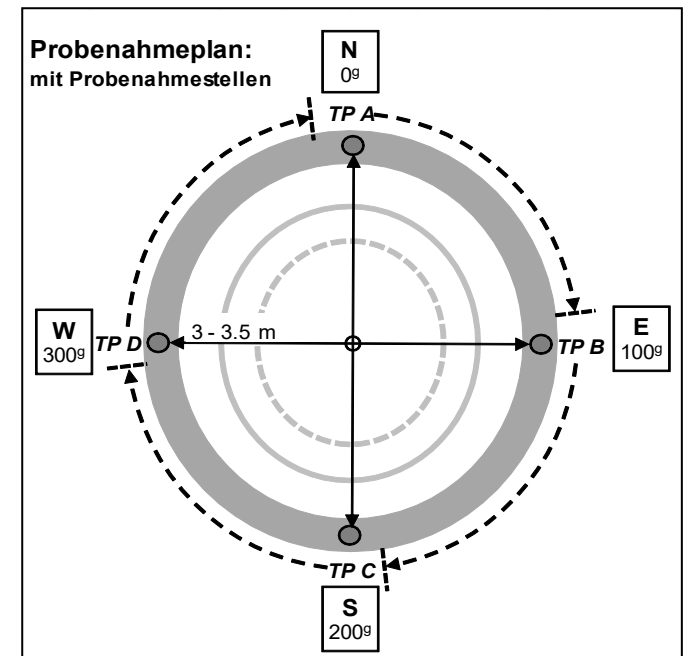
# Beprobung

- Zwischen **2011 und 2015** wurden an **1'153 Standorten** insgesamt **4'270** Proben des **Oberbodens** (0-20 cm) im Rahmen des **Biodiversitätsmonitoring** Schweiz (Indikator Z9) entnommen.
- Die Standorte wurden regelmässig über die gesamte Schweiz auf ein **4 km x 6 km** Raster verteilt.
- Pro Standort wurden **4 Einzelproben** mit einer Humax-Schlagsonde entnommen.



## Legende:

- vorgesehene Probenahmestelle
- ⊗ realisierte Probenahmestelle nach der Verschiebung
- Bodenproben-Radius für NABO 3 - 3.5 m
- BDM Mollusken-Radius 2.28 m
- - - BDM Gefässpflanzenradius 1.78 m

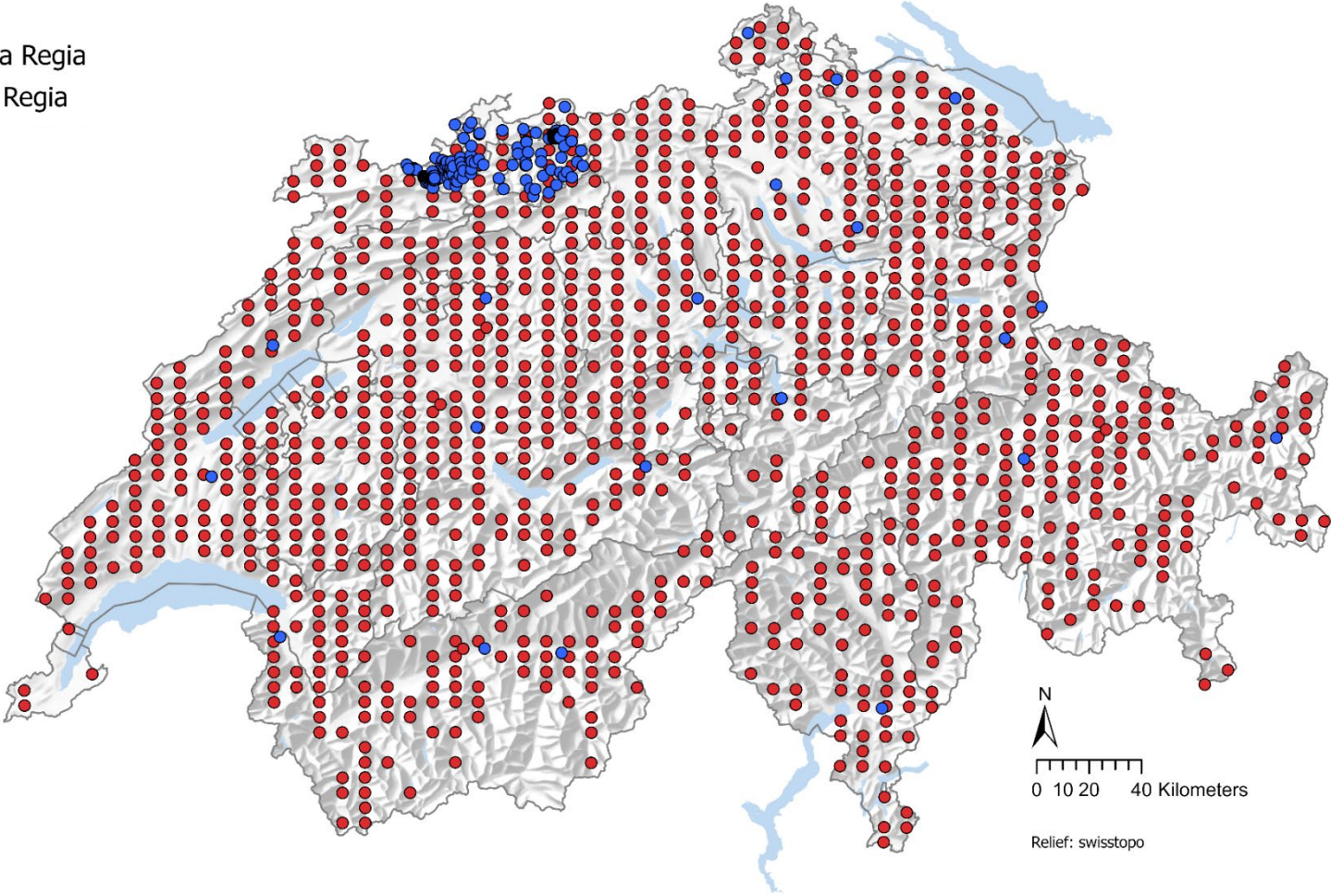


# Aufbereitung und Analyse

- Die Bodenproben wurden bei 40°C getrocknet, gesiebt **<2 mm**, gemahlen, und mit **Königswasser (Aqua Regia)** aufgeschlossen (1:1:1, HCl:HNO<sub>3</sub>:H<sub>2</sub>O).
- Die **Elementkonzentrationen** (total 53 Elemente) wurden mit **ICP-MS** analysiert.
- Der **BDM-Datensatz** wurde ergänzt mit:
  1. **NABO-Datensatz**
  2. **MB-Datensatz** «Bestehende Studien und Untersuchungen zu geogenen Schadstoffgehalten in Böden und Gesteinen der Schweiz»  
Universität Bern, Staniscic et al. (2021)

# Datensätze

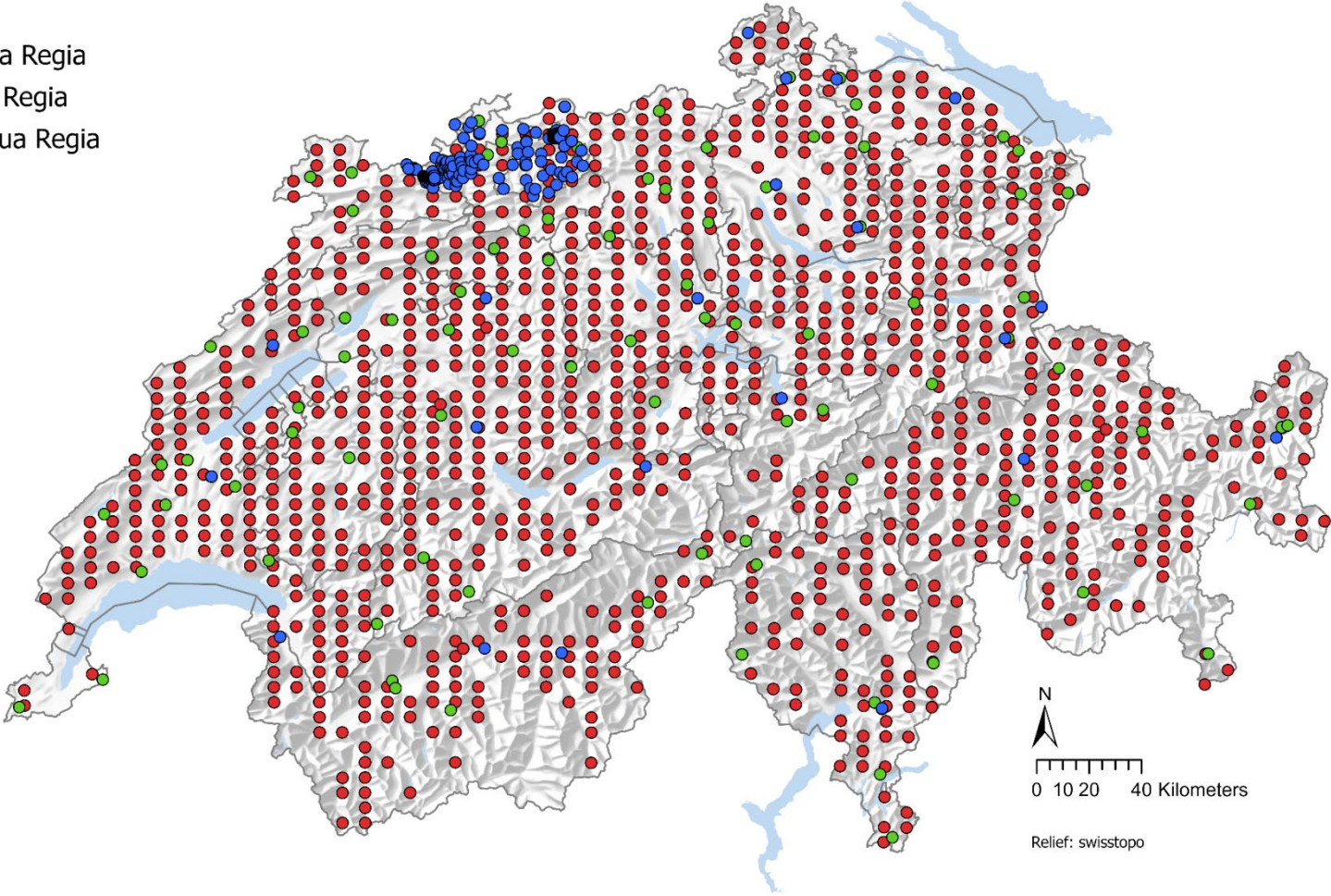
- BDM, Aqua Regia
- MB, Aqua Regia





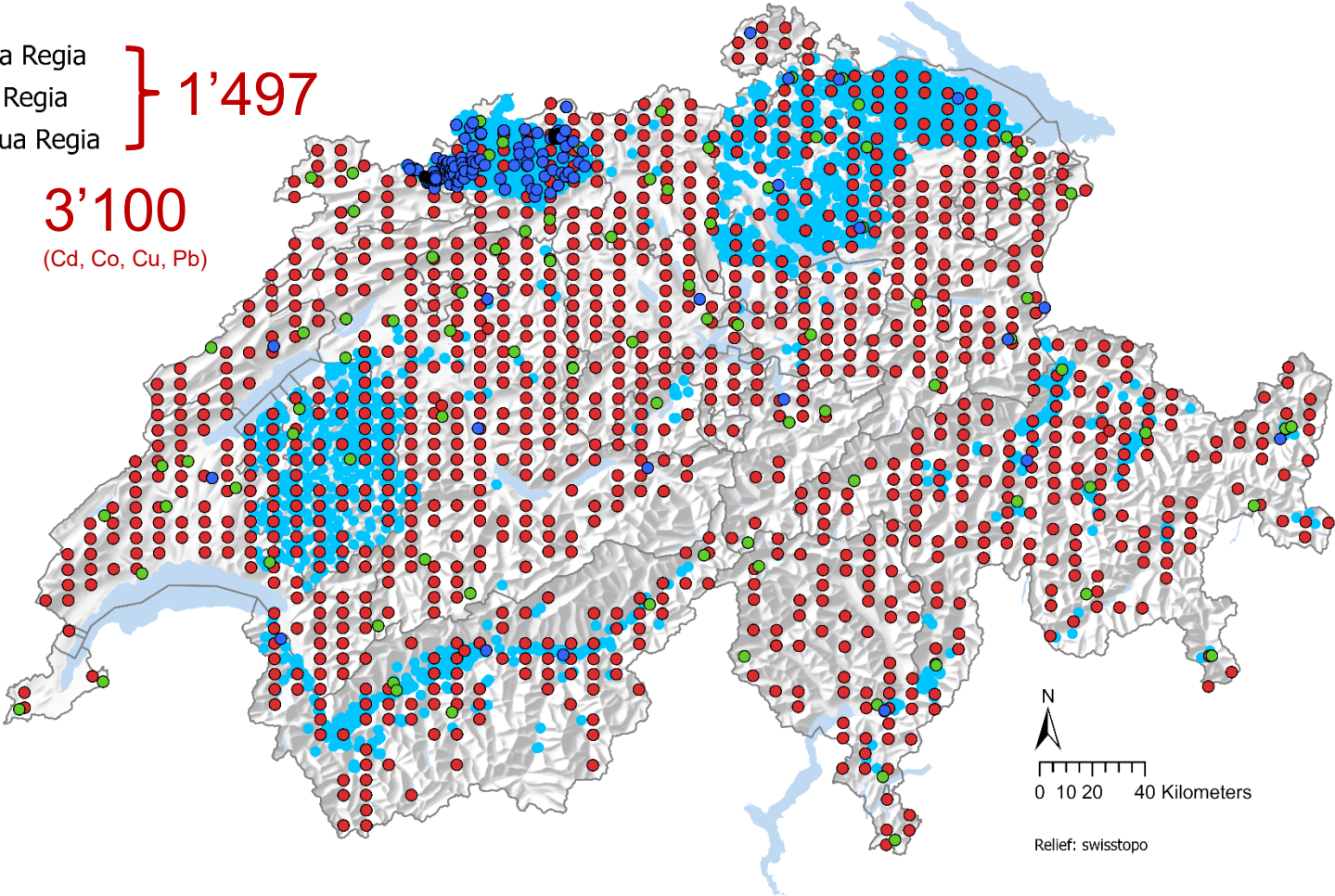
# Datensätze

- BDM, Aqua Regia
- MB, Aqua Regia
- NABO, Aqua Regia



# Datensätze

- BDM, Aqua Regia } 1'497
- MB, Aqua Regia
- NABO, Aqua Regia
- MB, VBBo } 3'100
- 2 M HNO<sub>3</sub> (Cd, Co, Cu, Pb)



# Zusätzliche Daten

In der Probe **gemessene Bodenparameter**

(pH, TC, TN, C<sub>org</sub>, CaCO<sub>3</sub>, KAK, Körnung, Humusgehalt, Raumgewicht der Feinerde, etc.)



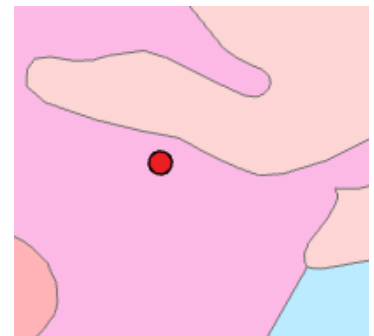
Am Standort **erhobene Daten**

(Nutzungskartierung, Delarze Code, etc.)



Zusätzliche auf den Standort **zugewiesene Daten**

(Niederschlag, Temperatur, Lithologie, atmosphärische Deposition, etc.)

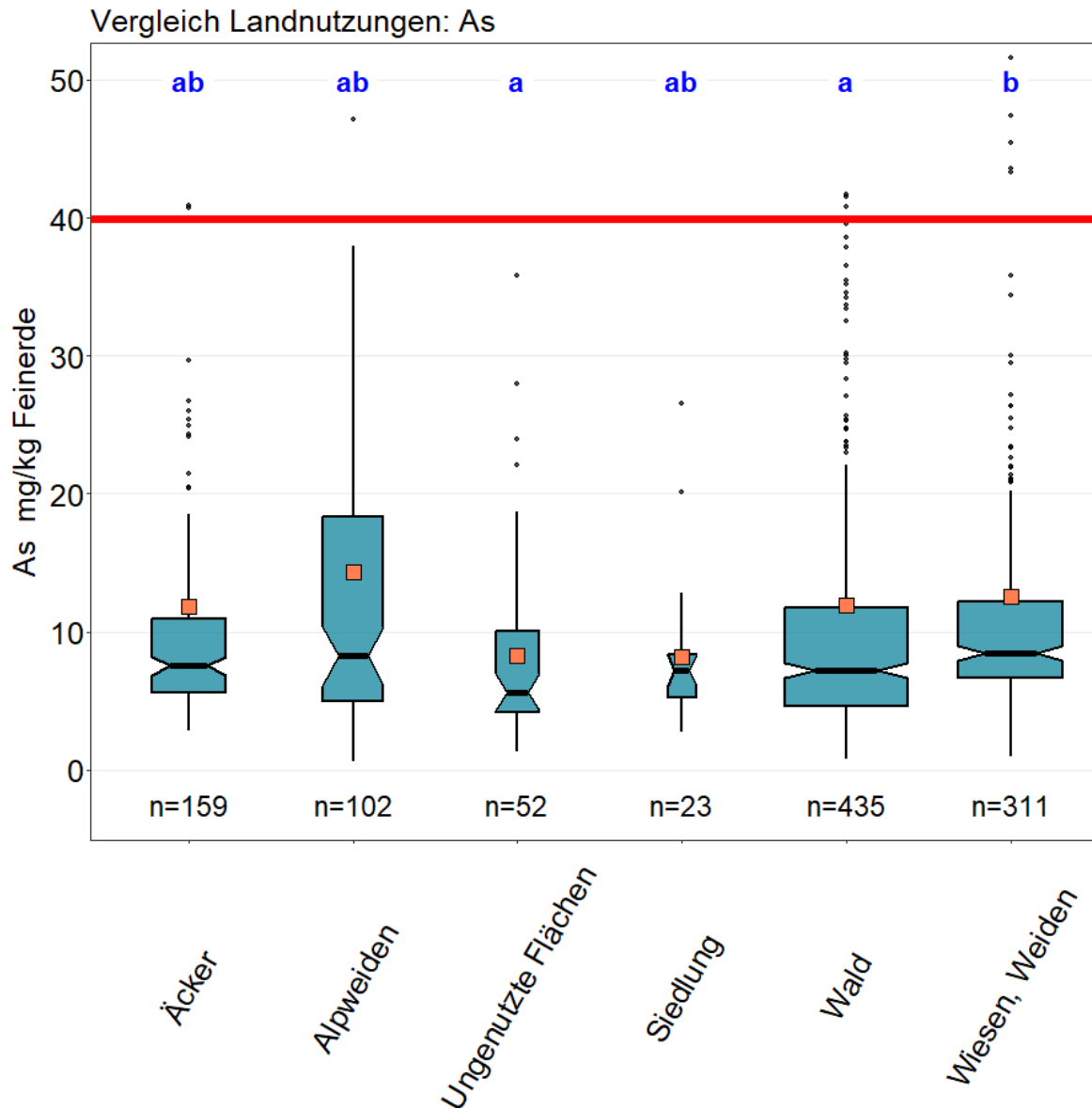


# Beispiel: Arsen

mg/kg	n	5%	25%	Median	75%	95%	TIF*	n > TIF
<b>As</b>	1201	2.7	5.5	<b>7.9</b>	12.1	35.2	40.0	48
<b>Cd</b>	1201	0.07	0.16	<b>0.24</b>	0.36	1.04	1.23	43
<b>Co</b>	1201	2.6	6.4	<b>8.6</b>	11.8	17.9	29.6	14
<b>Cr</b>	1201	10	23	<b>30</b>	40	63	93	25
<b>Cu</b>	1201	6	12	<b>18</b>	26	41	81	5
<b>Hg</b>	1201	0.027	0.046	<b>0.066</b>	0.097	0.181	0.302	13
<b>Pb</b>	1201	13	19	<b>24</b>	31	52	64	28
<b>S</b>	1201	129	232	<b>350</b>	500	900	1582	9
<b>Zn</b>	1201	27	48	<b>64</b>	83	128	187	9

\* TIF: Tukey Inner Fence, Approximation für Ausreisser in geochemischen Datensätzen, Reimann, C., et al. (2018). "GEMAS: Establishing geochemical background and threshold for 53 chemical elements in European agricultural soil." Applied Geochemistry **88**: 302-318."

# Arsen: Ergebnisse



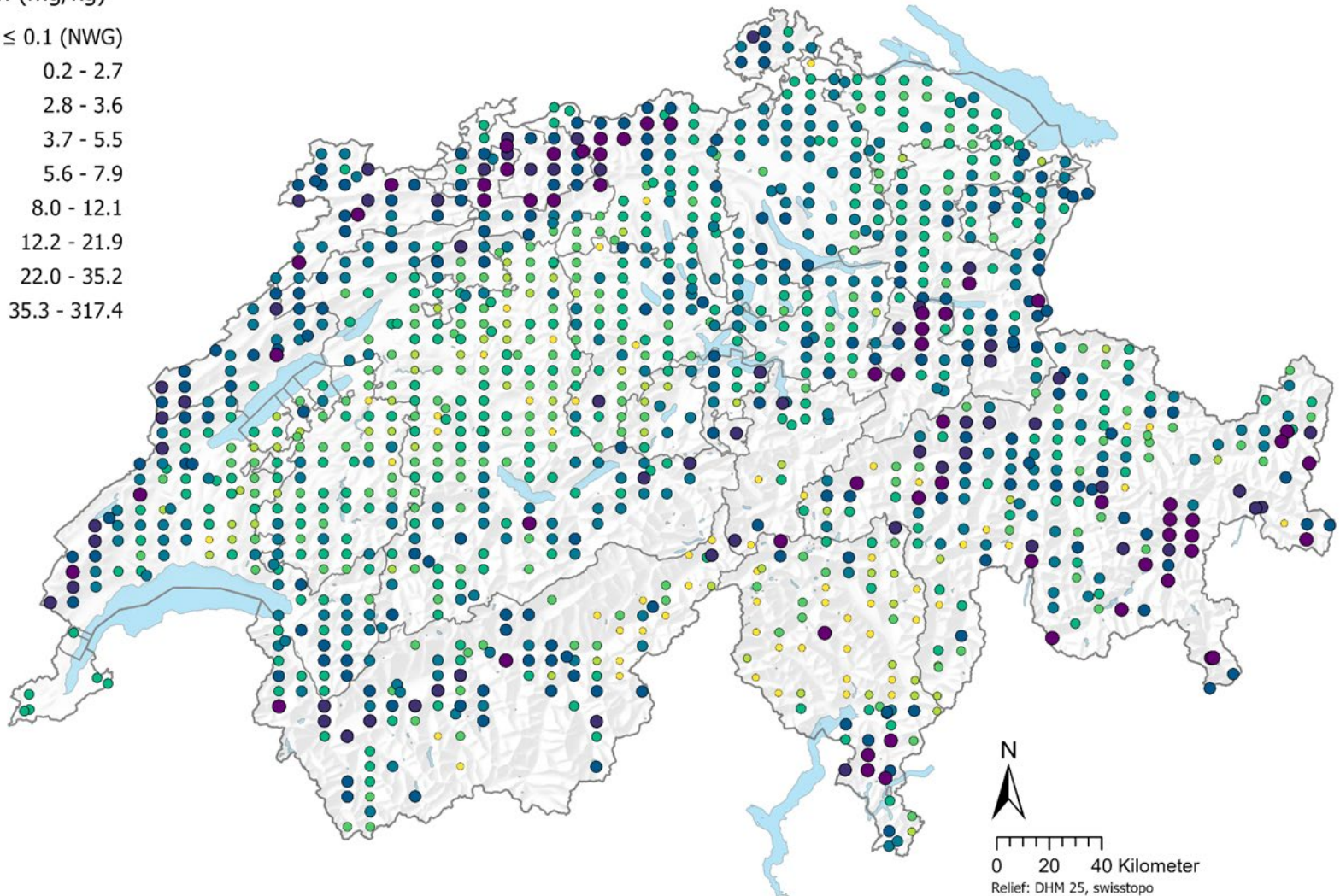
**TIF**  
**Eikmann et al. (1993):**  
**Prüfwert für landw.**  
**Nutzflächen**

a, b, c: Gruppierung gemäss statistischer Signifikanz (Wilcoxon Rangsummentest)

# Arsen: Räumliche Verteilung

Arsen (mg/kg)

- $\leq 0.1$  (NWG)
- 0.2 - 2.7
- 2.8 - 3.6
- 3.7 - 5.5
- 5.6 - 7.9
- 8.0 - 12.1
- 12.2 - 21.9
- 22.0 - 35.2
- 35.3 - 317.4

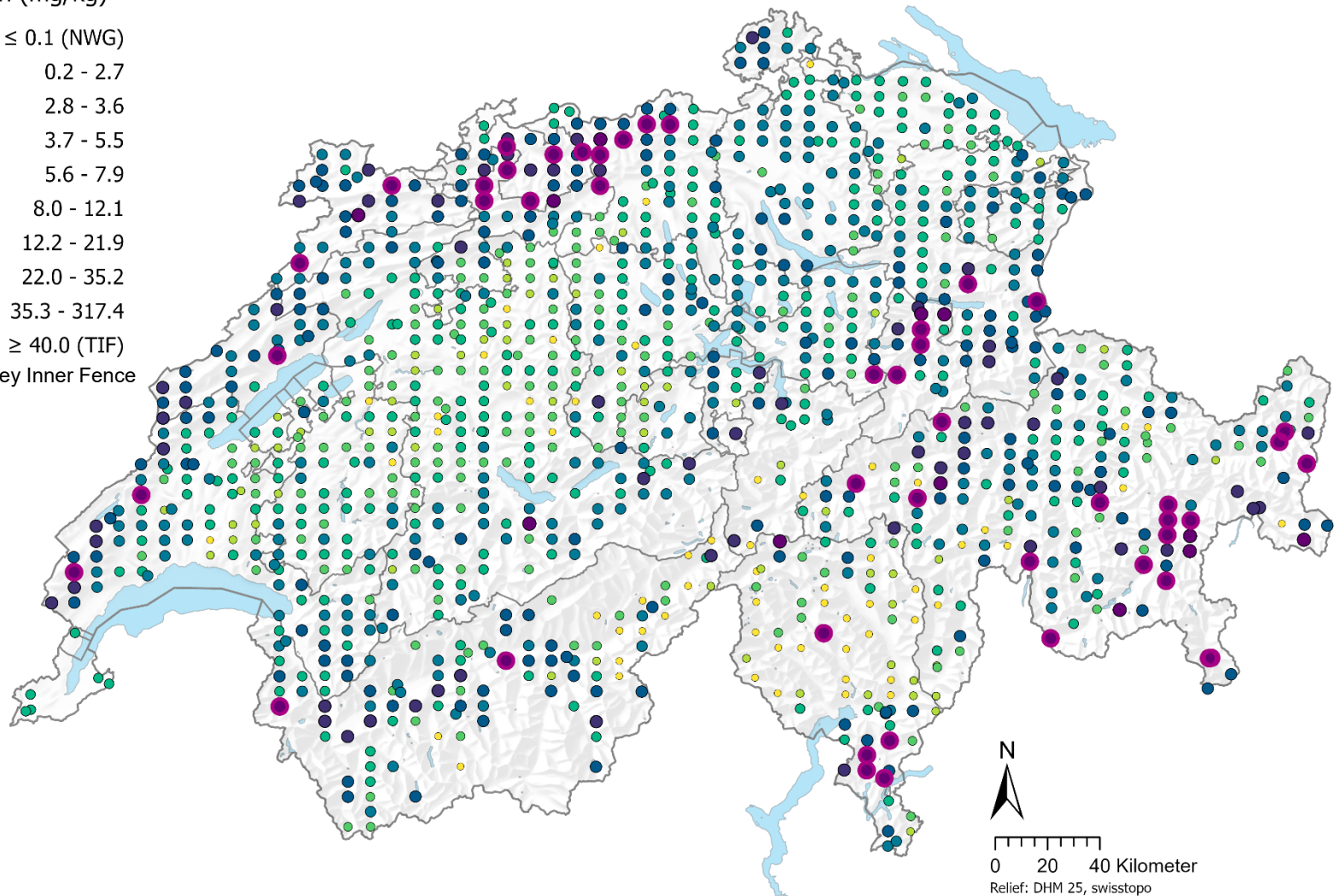


# Arsen: Räumliche Verteilung

Arsen (mg/kg)

- $\leq 0.1$  (NWG)
- 0.2 - 2.7
- 2.8 - 3.6
- 3.7 - 5.5
- 5.6 - 7.9
- 8.0 - 12.1
- 12.2 - 21.9
- 22.0 - 35.2
- 35.3 - 317.4
- $\geq 40.0$  (TIF)

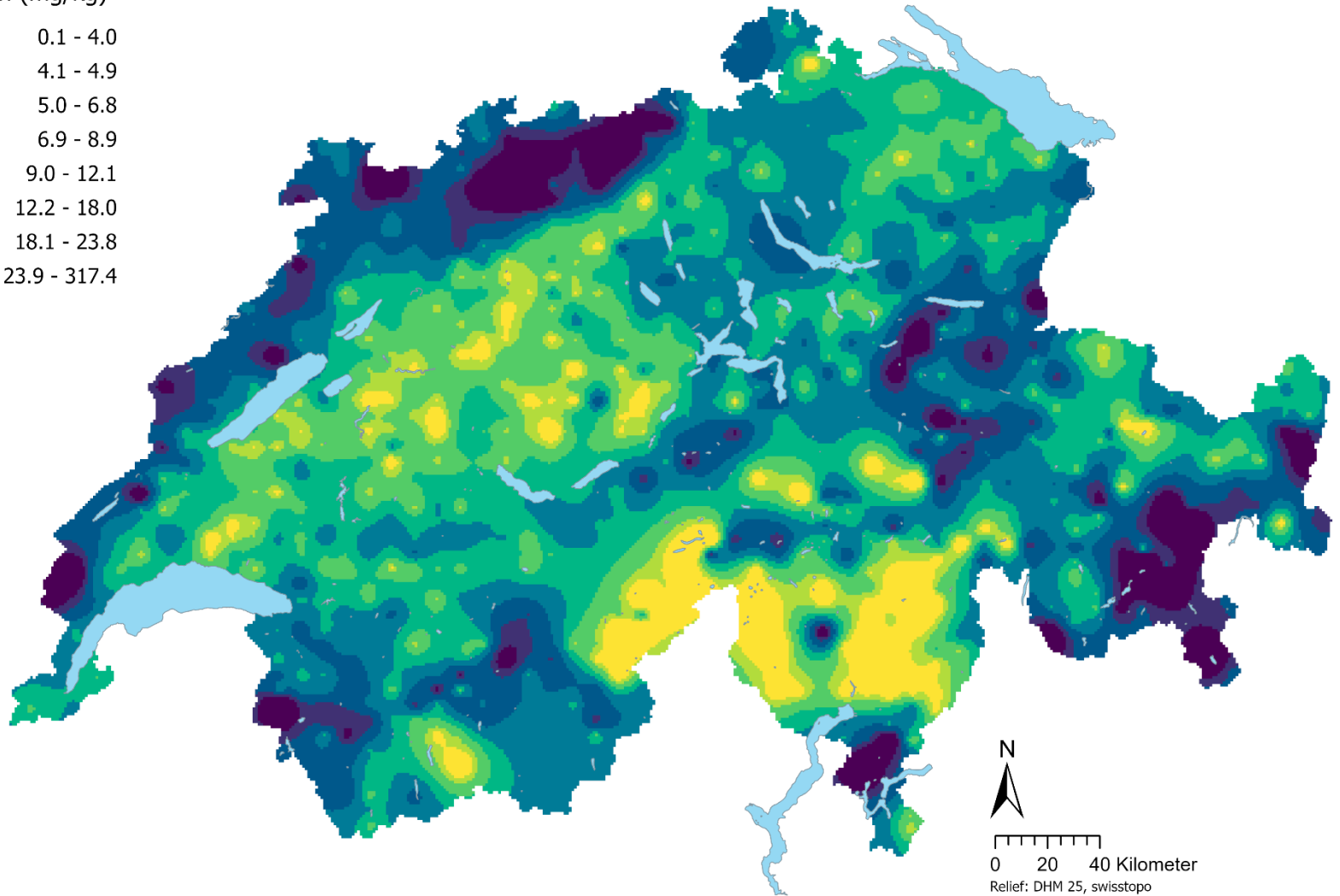
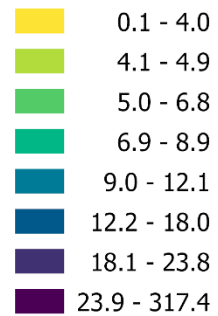
Tukey Inner Fence



0 20 40 Kilometer  
Relief: DHM 25, swisstopo

# Arsen: Interpolation der Konzentrationen

Arsen (mg/kg)





# Arsen: Interpretationen

- Standorte mit **erhöhten Arsengehalten**, die als Ausreisser gedeutet werden können (> Tukey Inner Fence, 12% aller Standorte), befinden sich im Jura, Engadin und im Südtessin.
- Insbesondere bei **Alpweiden** sowie **Wiesen/Weiden** sind die Arsengehalte signifikant höher verglichen mit anderen Landnutzungen.
- Vergleichsweise hohe Gehalte sind in Böden auf **Kalksteinen** gemessen worden, die Arsenkonzentrationen korrelieren jedoch nur schwach mit anderen Bodenparameter.

# Erkenntnisse geochemischer Bodenatlas

- Der geochemische Bodenatlas der Schweiz bildet den **Status Quo** der «natürlichen» **Elementgehalte in Oberböden** ab.
- Die gemessenen Gehalte liegen in **typischen Konzentrationsbereichen** für Böden in Europa, jedoch mit klaren **regionalen Unterschieden**.
- Vergleichsweise **erhöhte Element-Konzentrationen** wurden im **Jura** und vereinzelt in den **östlichen Zentralalpen** gemessen.
- An einzelnen Standorten werden **gesetzliche Grenzwerte** überschritten, insbesondere für Arsen, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel und Vanadium, diese **Hotspots** sind jedoch **lokal beschränkt**.
- Vergleichsweise **tiefe Konzentrationen** wurden im **Mittelland** gemessen, insbesondere von **essentiellen Elementen** wie Schwefel.

# Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

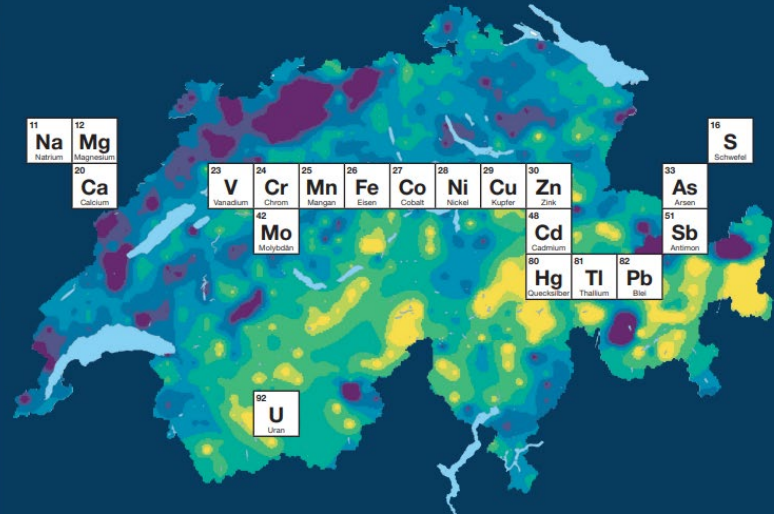


# SCAN ME

[agroscope.ch/geochemischerbodenatlas](http://agroscope.ch/geochemischerbodenatlas)

## Geochemischer Bodenatlas der Schweiz

Verteilung von 20 Elementen in den Oberböden



Agroscope - gutes Essen, gesunde Umwelt

ETH zürich

eawag  
aquatic research



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF  
Agroscope



**Danke für Ihre Aufmerksamkeit**

**Agroscope** gutes Essen, gesunde Umwelt  
[www.agroscope.admin.ch](http://www.agroscope.admin.ch)