



# Zustand der Ressource Boden weltweit und in der Schweiz

Konferenz Boden & Raumplanung  
Kanton Wallis - 20. Juni 2023

Prof. Dr. Géraldine Bullinger, Umweltwissenschaften  
Studiengang Bauingenieurwesen / Institut iTEC – HTA-FR

# Ressource Boden

- Der Boden ist lebensnotwendig!
- Höchst wertvolle, in menschlichen Zeitmassstäben nicht erneuerbare Ressource.
- Zusammen mit Wasser und Luft bildet der Boden eine zentrale Grundlage für das Leben.
- Unterschätzte und vernachlässigte Ressource mit einer gegenwärtig nicht respektvollen Nutzung.



© Magazin «umwelt» 4/2017

# Definition des Bodens

«Als Boden gilt nur die oberste, unversiegelte Erdschicht, in der Pflanzen wachsen können» (USG, Art. 7, Abs. 4bis).

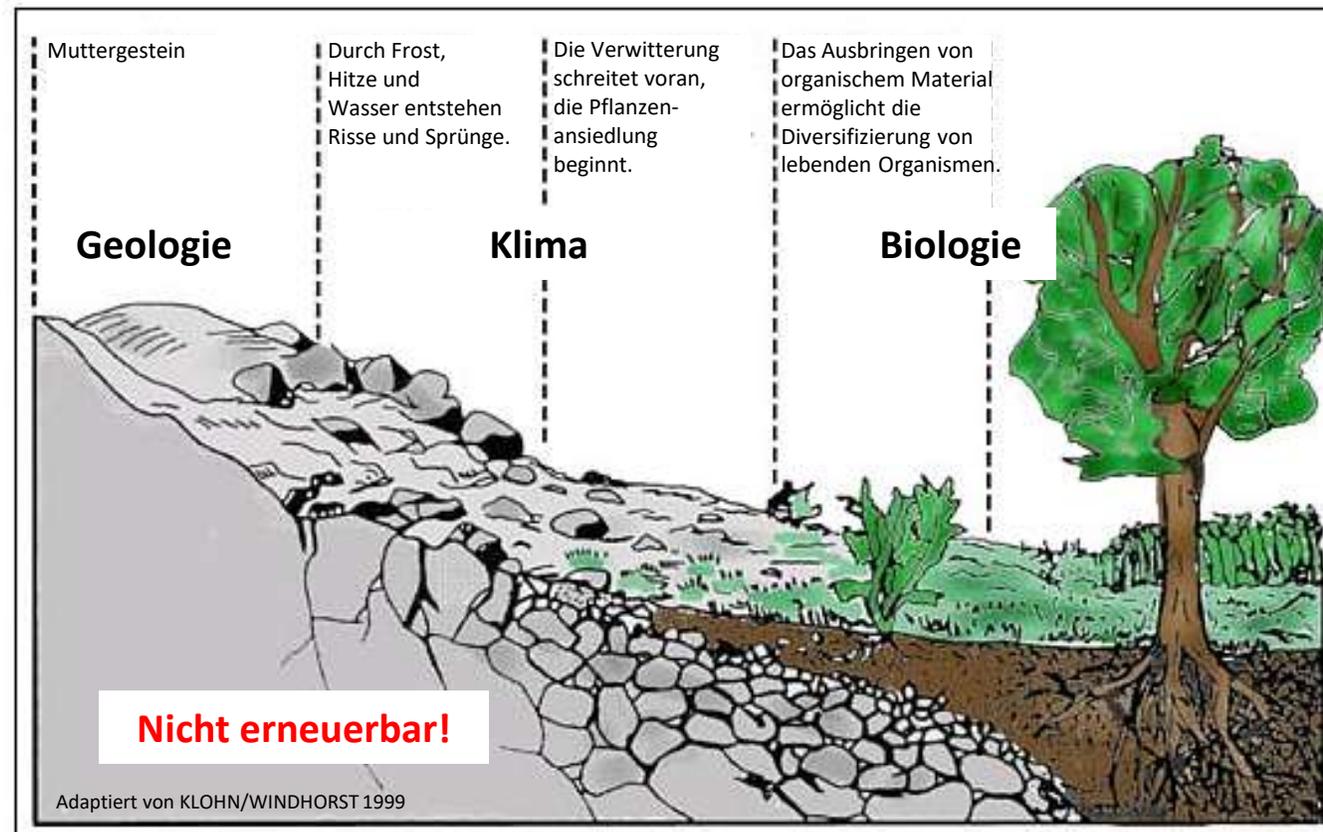
Verordnung über Belastungen  
des Bodens vom 1. Juli 1998  
(VBBo)

- Böden, die sich natürlich gebildet haben, oder die «künstlich» wiederhergestellt oder geschaffen wurden
- Rohböden auf Steinen oder Platten



# Pedologische Definition des Bodens

Bodenentwicklung – eine nicht erneuerbare Ressource:



10 000 Jahre

# Pedologische Definition von Boden

## Oberboden – A-Horizont:

- Reich an organischen Stoffen, Nährstoffen und lebenden Organismen, dicht durchwurzelt, dunkelbraune Farbe.
- Hier wandeln lebende Organismen die organischen Stoffe in Humus und Nährstoffe für die Pflanzen um.

## Unterboden – B-Horizont:

- Durchwurzelt und mit lebenden Organismen besiedelt, hellbraune Farbe.
- Speicher für Wasser und Nährstoffe, Ankerwurzeln.

## Untergrund – C-Horizont:

- Un- oder vorverwittertes Sediment oder Lockergestein.
- Ausgangsmaterial der Bodenbildung, Wasserspeicher, kann Ankerwurzeln enthalten.



# Pedologische Definition des Bodens

Vielzahl verschiedener Bodentypen



Braunerde



Kalkbraunerde



Parabraunerde



Moorboden



Regosol



Podsol



Schwemmiandboden (Fluvisol)



Pseudogley auf Schwemtlehm



Gleyboden auf Schwemtlehm

Quelle: BAFU 2017

# Pedologische Definition des Bodens

Vielzahl verschiedener Bodeneigenschaften

- **Physikalische** Eigenschaften: Textur, Struktur, Porosität, Wasser- und Luftdurchlässigkeit, nutzbare Reserve,...
- **Chemische** Eigenschaften: pH-Wert, Kationenaustauschkapazität (KAK), Elementgehalte (P, N, K,...), Kalkgehalt (gesamt und/oder aktiv),...
- **Biologische** Eigenschaften: mikrobielle Biomasse, Regenwurmaktivität, Enzymaktivität,...

⇒ Beeinflusst durch den Gehalt und das Verhalten der **organischen Substanz OS** (C/N-Verhältnis, Mineralisierungsrate,...).

- ❖ **Bodenfruchtbarkeit**: Fähigkeit des Bodens, eine Reihe von Funktionen zu erfüllen.



Organisation des Nations Unies  
pour l'alimentation  
et l'agriculture



PARTENARIAT  
MONDIAL SUR LES SOLS

# Bodenfunktionen

## «Ökologische» Funktionen des Bodens

**Produktionsfunktion:** Biomasse, Nahrungs- und Futtermittel, Holz und Fasern.

**Regulierungsfunktion:** Regulierung von Wasser-, Stoff- und Energiekreisläufen, Filter-, Puffer- oder Speicherfunktion und Umwandlung von Stoffen.

**Lebensraumfunktion:** Lebensraum für Tiere, Pflanzen und andere Organismen.

**Trägerfunktion:** Baugrund.

**Rohstofffunktion:** Baumaterialien.

**Archivfunktion:** Informationen der Natur- und Kulturgeschichte.

## Eher nutzungsbezogene Bodenfunktionen



# Bodenfunktionen - Produktionsfunktion



Der Boden bietet die Bedingungen und Nährstoffe, die für die Produktion von Biomasse notwendig sind!



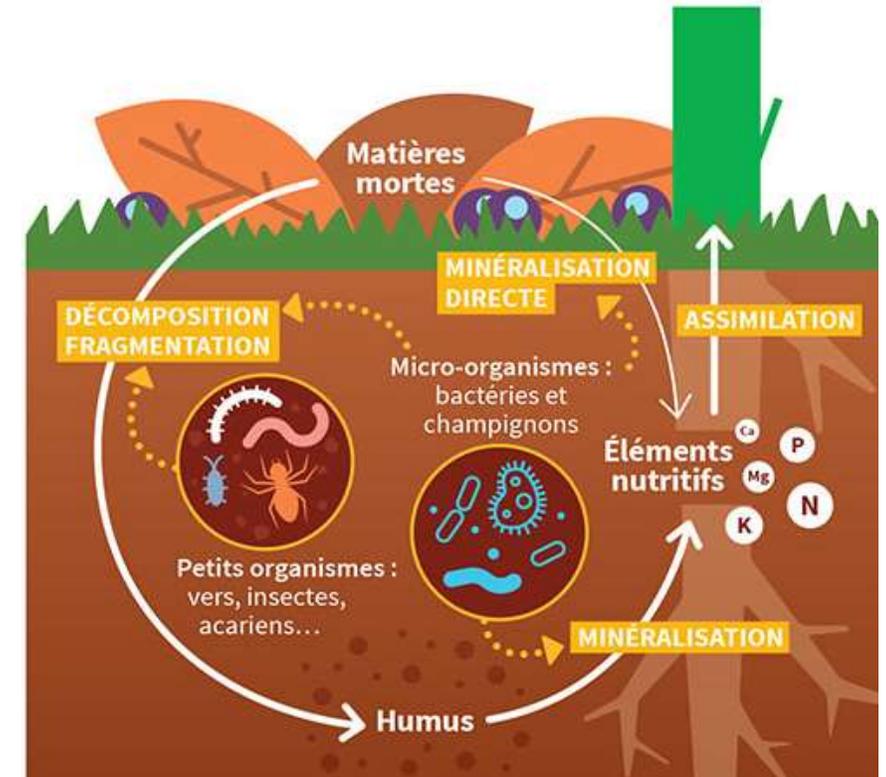
Quelle: Agroscope - Gabriela Brändle, Urs Zihlmann, LANAT-Andreas Chervet



# Bodenfunktionen - Regulierungsfunktion



Stauässe aufgrund verdichteten Bodens (Quelle: KOBO)



Kreislauf der organischen Materie (Quelle: KOBO)

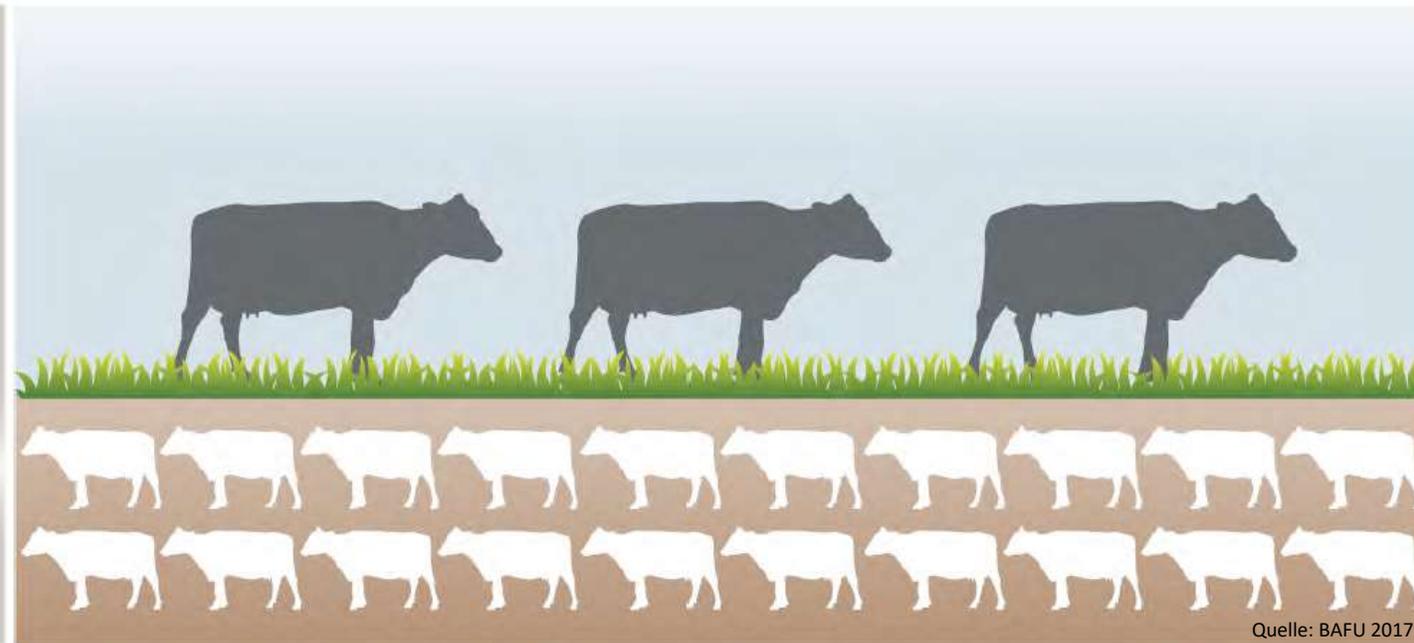
⇒ Schnittstelle der Stoff- und Energiekreisläufe zwischen der Atmosphäre, dem Grundwasser und der Pflanzendecke.

# Bodenfunktionen - Lebensraumfunktion



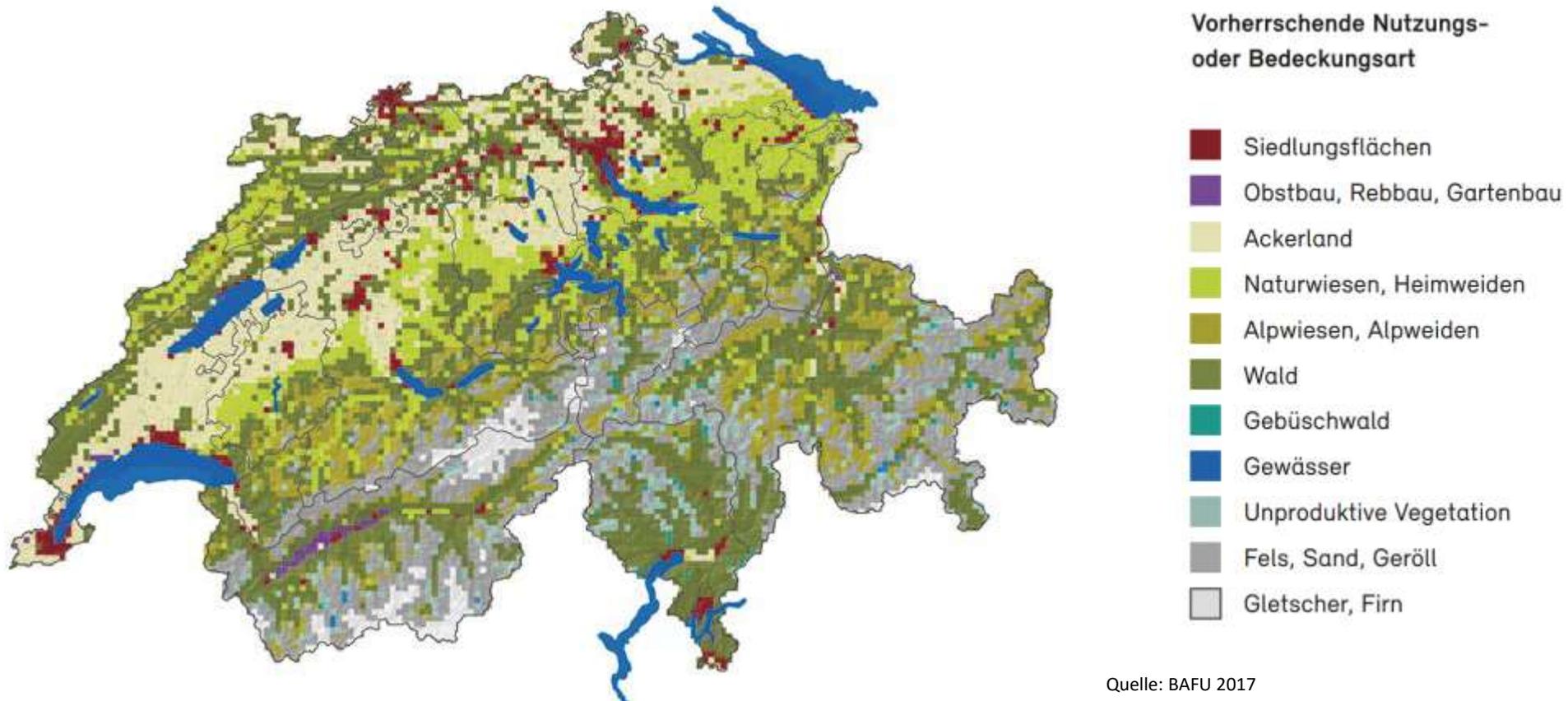
Food and Agriculture Organization  
of the United Nations

... unter unseren Füßen wimmelt es!



- Gewicht aller Lebewesen im Boden einer Hektar Land -> 15 Tonnen, das entspricht dem Gewicht von 20 Kühen.
- Gewicht der Biomasse oberhalb einer Hektar Wiese entspricht lediglich dem Gewicht von 3 Kühen.

# Bodenfunktionen - Trägerfunktion

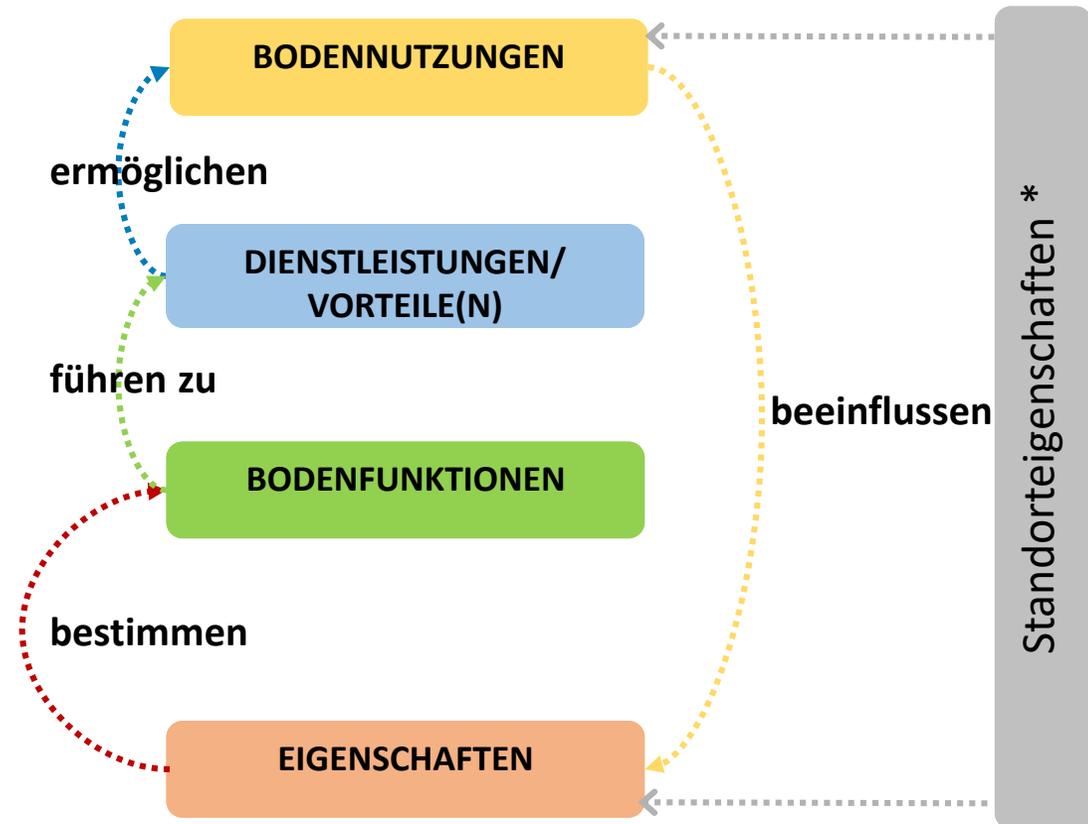


❖ Bodenverlust in der Schweiz:  $0,87 \text{ m}^2$  pro Sekunde zugunsten des Waldes und der Urbanisierung.

# Bodenfunktionen und Bodennutzungen



© Brändle, Zimmermann / Chervet Agroscope / LANAT BE; Brändle, Berger, Wernli BGS



\* Klima, Topografie, Geologie usw.

Quelle: BAFU (E. Havlicek)

# Bodenfunktionen und Belastungen

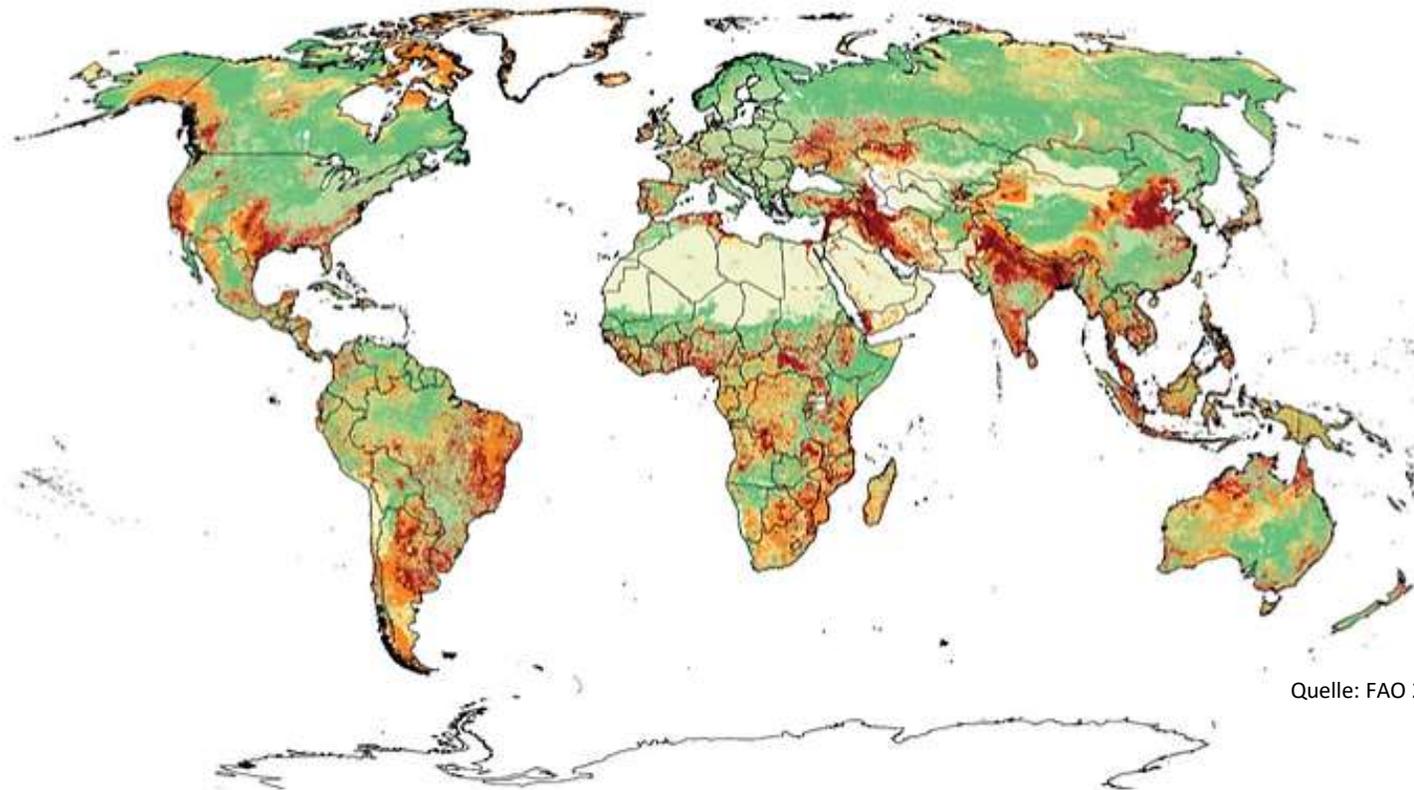
## Hauptbelastungen von Böden

- Starke Belastung
- p Partielle Belastung
- ☒ Keine Belastung

	Versiegelung	Bodenverdichtung	Erosion und Hangrutschungen	Verlust organischer Bodensubstanz	Verlust an Biodiversität	Kontamination	Versauerung, Eutrophierung	Versalzung	Überschwemmungen
Lebensraumfunktion	●	●	●	●	p	p	p	p	p
Regulierungsfunktion	●	●	●	●	●	●	●	●	p
Produktionsfunktion	●	●	●	●	●	●	●	●	p
Trägerfunktion	☒	☒	●	☒	☒	☒	☒	☒	p
Rohstofffunktion	p	☒	p	☒	☒	☒	☒	☒	☒
Archivfunktion	p	☒	p	☒	☒	☒	☒	☒	☒

# Zustand der Böden weltweit

## Anthropogen verursachte Bodendegradation



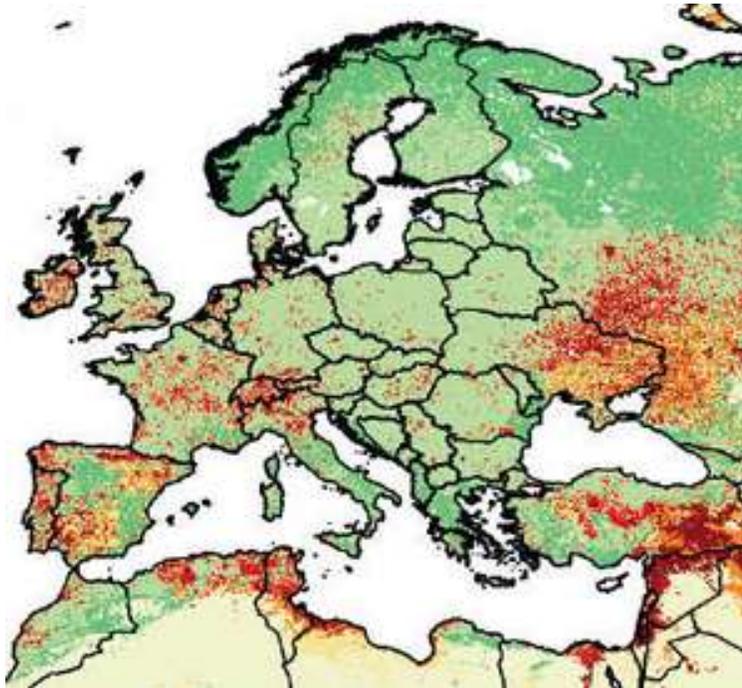
Quelle: FAO 2015



- ❖ Zustand kaum annehmbar, schlecht oder sehr schlecht!
- ❖ Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum  
-> steigende Nachfrage nach Nahrungsmitteln, Versiegelung,...
- ❖ Klimawandel -> grosse Unsicherheitsquelle, z. B. Veränderung bei der Verfügbarkeit von Wasser, erhöhte Zersetzungsrates von organischem Kohlenstoff,...

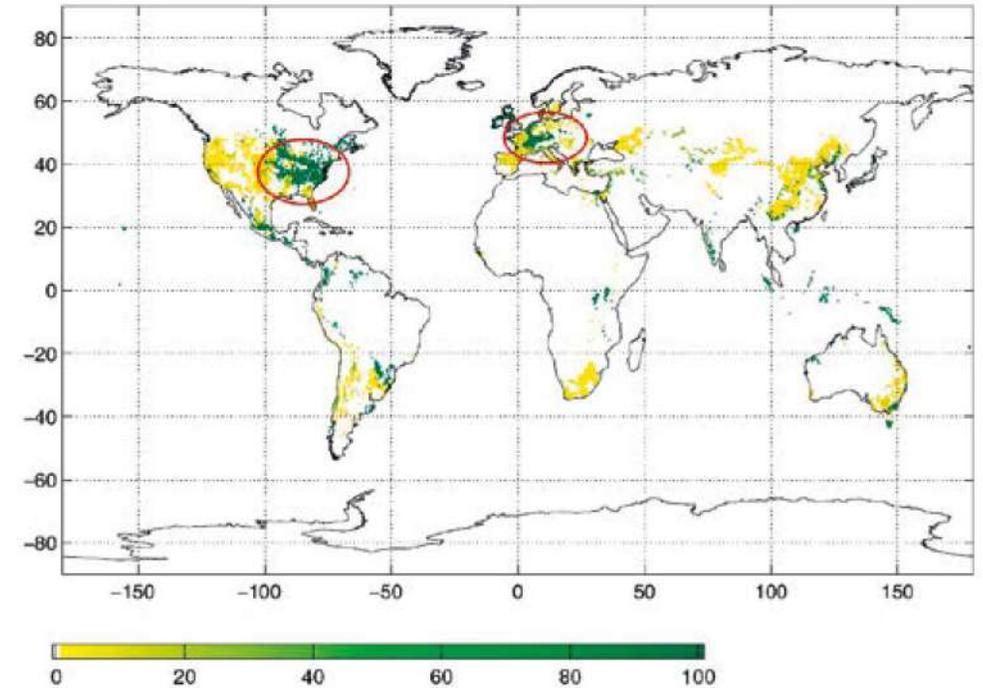
# Zustand der Böden weltweit

Anthropogen verursachte Bodendegradation



Quelle: FAO 2015

- |  |  |
|--|--|
|  Forte dégradation anthropique          |  Légère détérioration et faible pression      |
|  Légère dégradation anthropique         |  Stabilité ou amélioration et haute pression  |
|  Forte détérioration et faible pression |  Stabilité ou amélioration et faible pression |
|  |  Sols nus                                     |

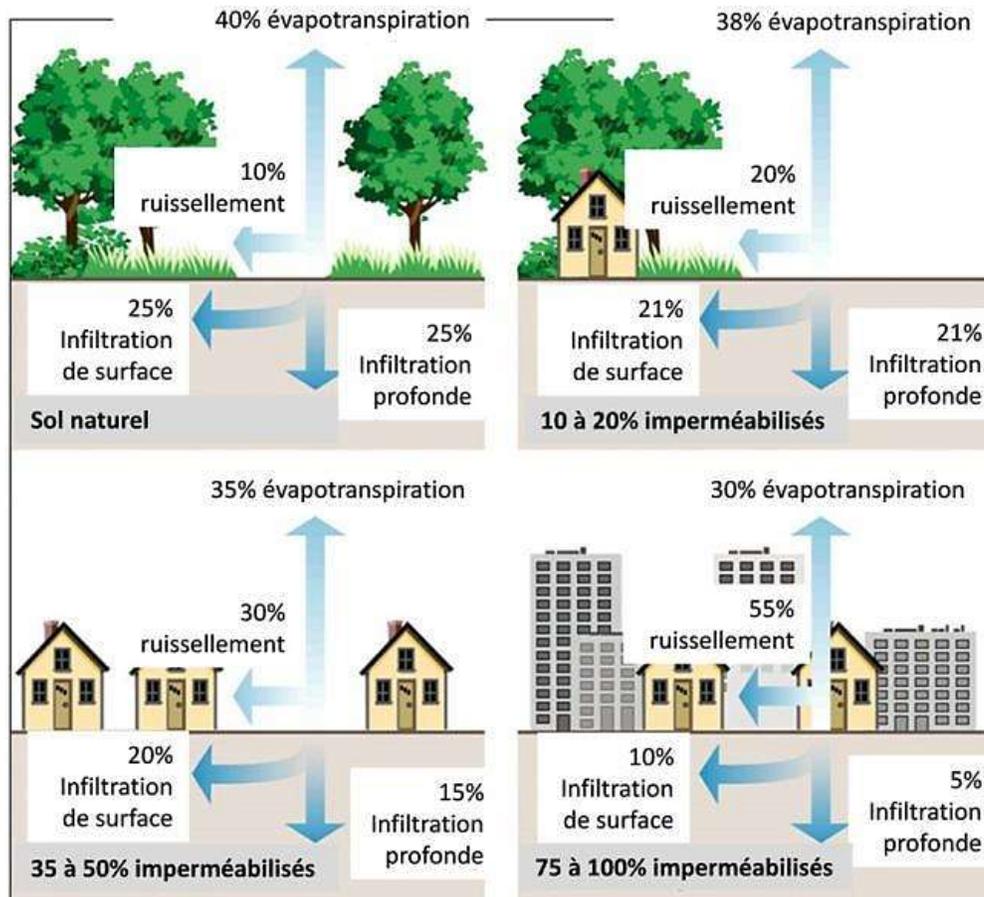


Anteil Fläche in %, die sich optimal für die Nahrungsmittelproduktion eignet.

Die rot eingekreisten Gebiete gelten als optimal und können als «world agricultural heritage» betrachtet werden.

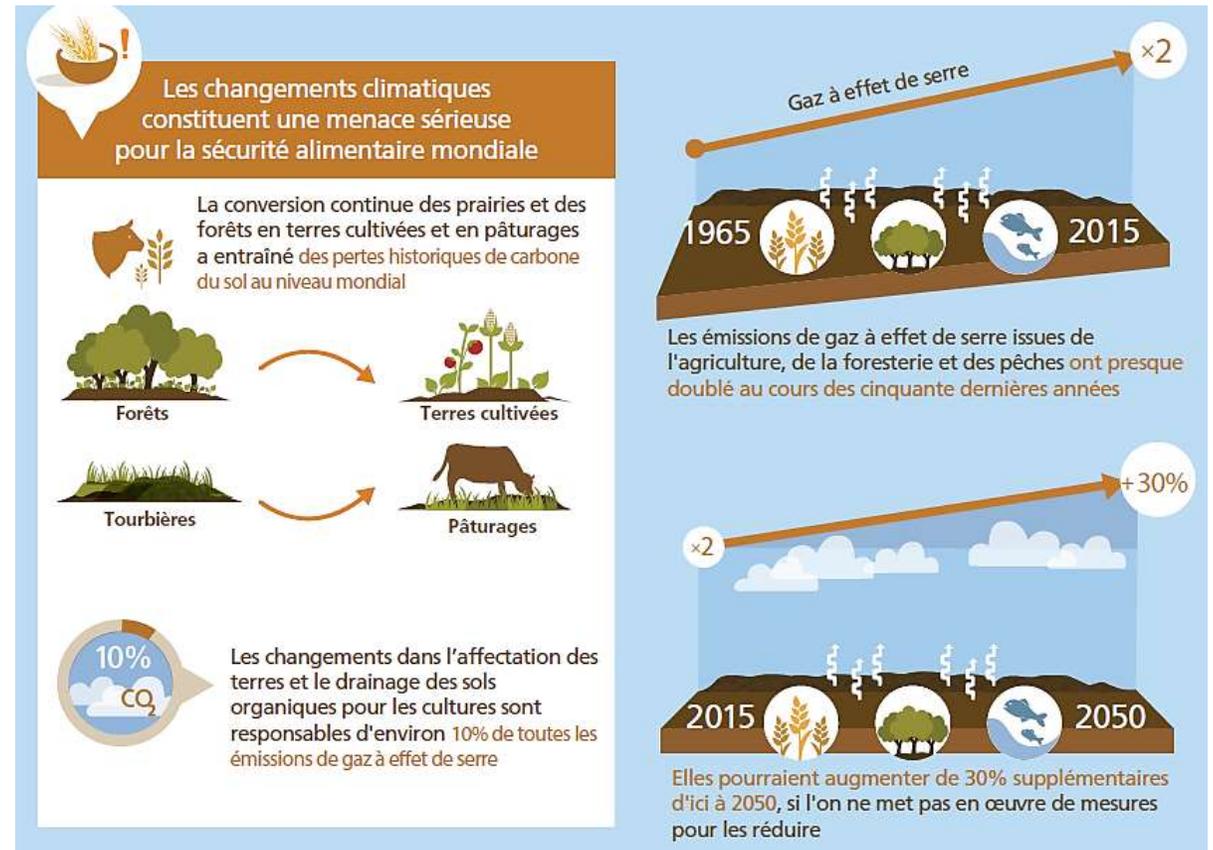
# Zustand der Böden weltweit

Auswirkungen der Versiegelung...



Quelle: graie.org

... und des Klimawandels.



FAO 2016

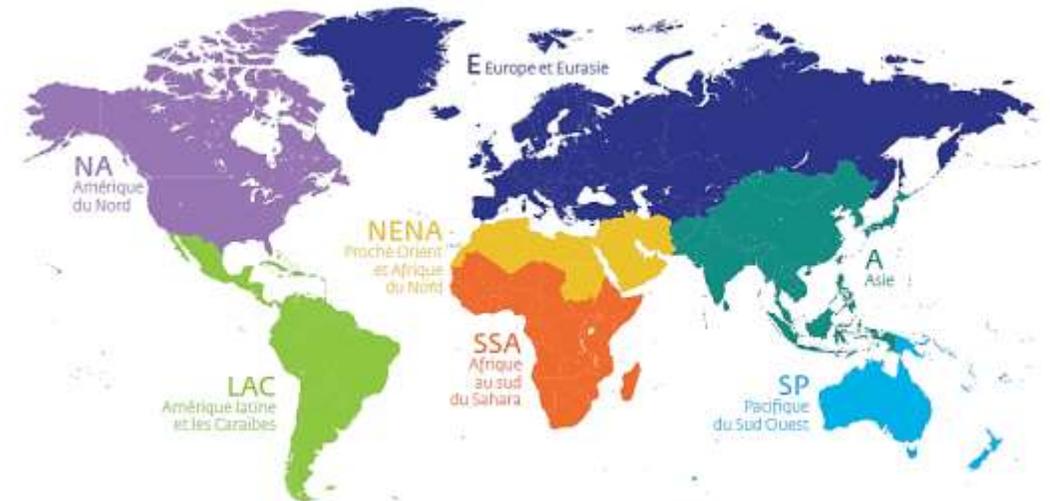
# Zustand der Böden weltweit

## Hauptbedrohungen:

- Asien: Erosion (Wasser- und Winderosion, je nach Region).
- Afrika: Erosion und Verlust von OM (Subsahara-Afrika) sowie Erosion und Versalzung (Nordafrika und Naher Osten).
- Europa und Eurasien: Bodenversiegelung und Landnahme (Europa) sowie Versalzung (Zentralasien und einige europäische Regionen, z. B. Spanien, Ungarn, Türkei und Russland).
- Lateinamerika und Karibik: Wassererosion und Erdbeben (Hanglagen) sowie Winderosion (trockenste Regionen).
- Nordamerika: Wasser- und Winderosion, Nährstoffungleichgewicht.
- Südwestpazifik: Versauerung.

## Zustand und Trend:

- **Sehr schlecht:** Bodenerosion (NENA), Versiegelung (NENA) und Kontamination (NENA).
- **Schlecht:** sämtliche Bedrohungen, hauptsächlich die Veränderung des Gehalts an organischem Kohlenstoff (stimmig in NA) und das Nährstoffungleichgewicht.
- **Stimmig bis gut:** Erosion (E, NA, SP) und Kontamination (NA, SP).

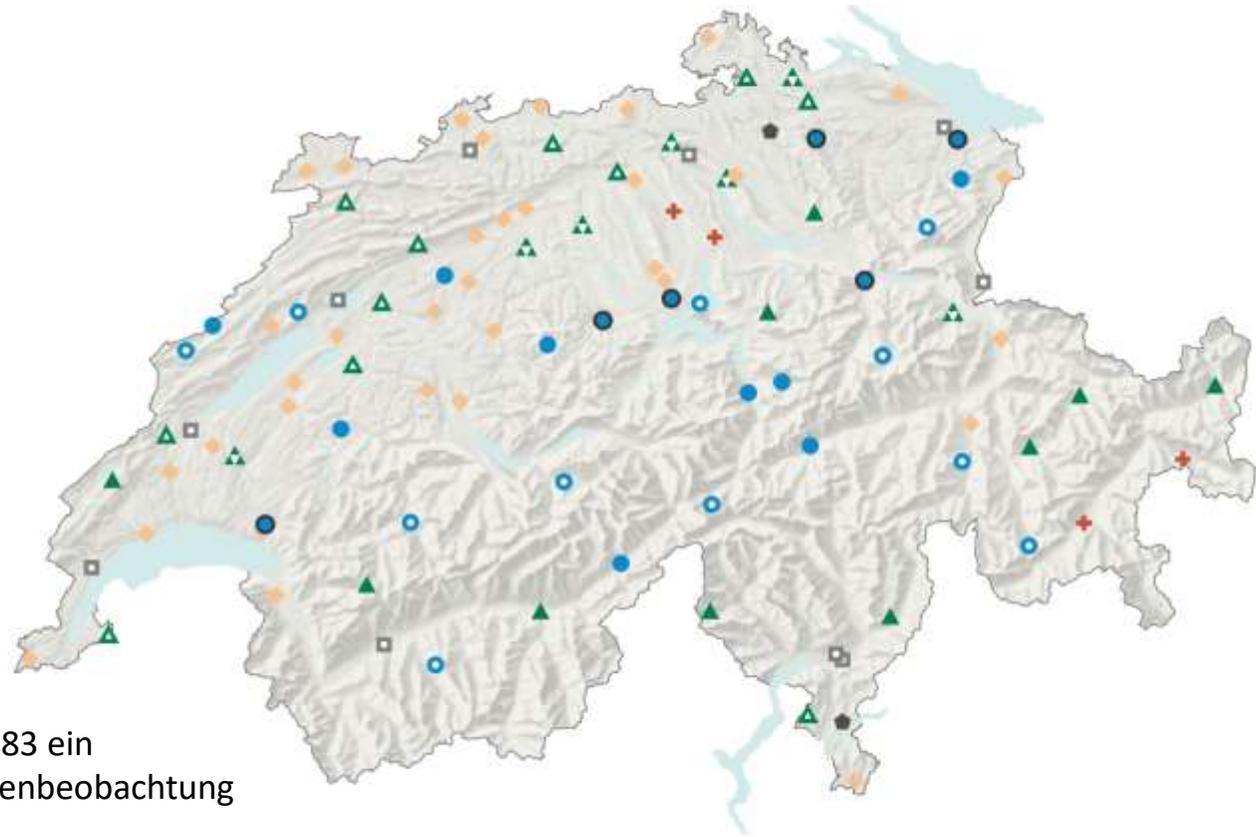


Quelle: *État des ressources en sols du monde*, FAO, 2016

# Zustand der Böden in der Schweiz

Dauerbeobachtungsstandorte der nationalen Bodenbeobachtung NABO [17].

- ◆ Ackerbau
- Spezialkulturen (Gemüse, Obst, Reben)
- Grasland, intensiv
- Grasland, wenig intensiv
- Grasland, extensiv
- ▲ Laubwald
- ▲ Mischwald
- ▲ Nadelwald
- ✚ Schutzstandort
- Stadtpark



Das BAFU betreibt in Zusammenarbeit mit dem BLW seit 1983 ein Referenzmessnetz von über 100 Standorten (Nationale Bodenbeobachtung NABO).

-> Erhebung der chemischen, physikalischen und biologischen Belastungen, denen die Böden auf nationaler Ebene ausgesetzt sind.

# Zustand der Böden in der Schweiz

Bodennutzungen und die damit verbundenen Bodenbedrohungen.

Nutzung	Versiegelung	Abnahme der Bodenqualität
Wohnen	Ausbreitung der Siedlungsfläche	Schadstoffeintrag (Abfälle, Klärschlamm)
Industrie und Gewerbe	Ausbreitung des Industrie- und Gewerbeareals	Schadstoffeintrag
Verkehr	Bau von neuen Strassen und Eisenbahnlinien	Schadstoffe entlang von Verkehrswegen
Landwirtschaft	Bau von Strassen, Anlagen und Gebäuden (z. B. Ställe, Aussiedlerhöfe)	Bodenerosion Bodenverdichtung Schadstoffeintrag durch Mineral- und Hofdünger sowie Pflanzenschutzmittel Biodiversitätsverlust Drainagen (Verlust organischer Substanz)
Waldwirtschaft	Bau von Erschliessungsstrassen und Gebäuden	Bodenverdichtung durch Holzernte
Tourismus, Freizeitaktivitäten	Bau von Strassen, Anlagen und Gebäuden	Bodenverdichtung durch intensive Nutzung, Befahren und Parkplätze auf der Wiese, Schadstoffeintrag
Gärten	Bau von Wegen und Anlagen	Schadstoffeintrag durch Dünger, Pflanzen- schutzmittel, Asche etc.
Landesverteidigung	Bau von Strassen, Anlagen und Gebäuden	Bodenbelastung auf Schiessplätzen Bodenverdichtung auf Waffenplätzen

Verlust natürlich gewachsener Böden durch Terrainveränderungen

## Bodenbedrohungen



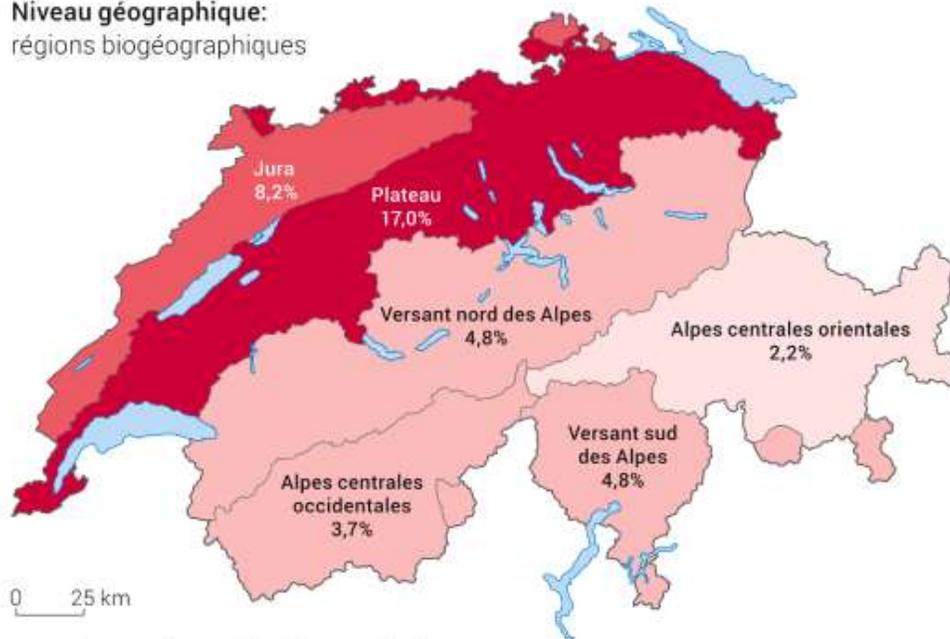
- Versiegelung
- Bodenerosion und Erdrutsche
- Verdichtung
- Schadstoffeintrag (Landwirtschaft, Verkehrswege)
- Verlust organischer Bodensubstanz
- Versauerung
- Verlust an Bodenbiodiversität
- Terrainveränderungen

# Zustand der Böden in der Schweiz - Quantitative Ausgangssituation

Surfaces d'habitat et d'infrastructure, en 2018

G 10

Niveau géographique:  
régions biogéographiques



Vision der Bodenstrategie Schweiz mit den übergeordneten Zielen (2020):

1. Beschränkung des Bodenverbrauchs
2. Berücksichtigung der Bodenfunktionen in der Raumplanung

Part des surfaces d'habitat et d'infrastructure par rapport à la surface totale, en %

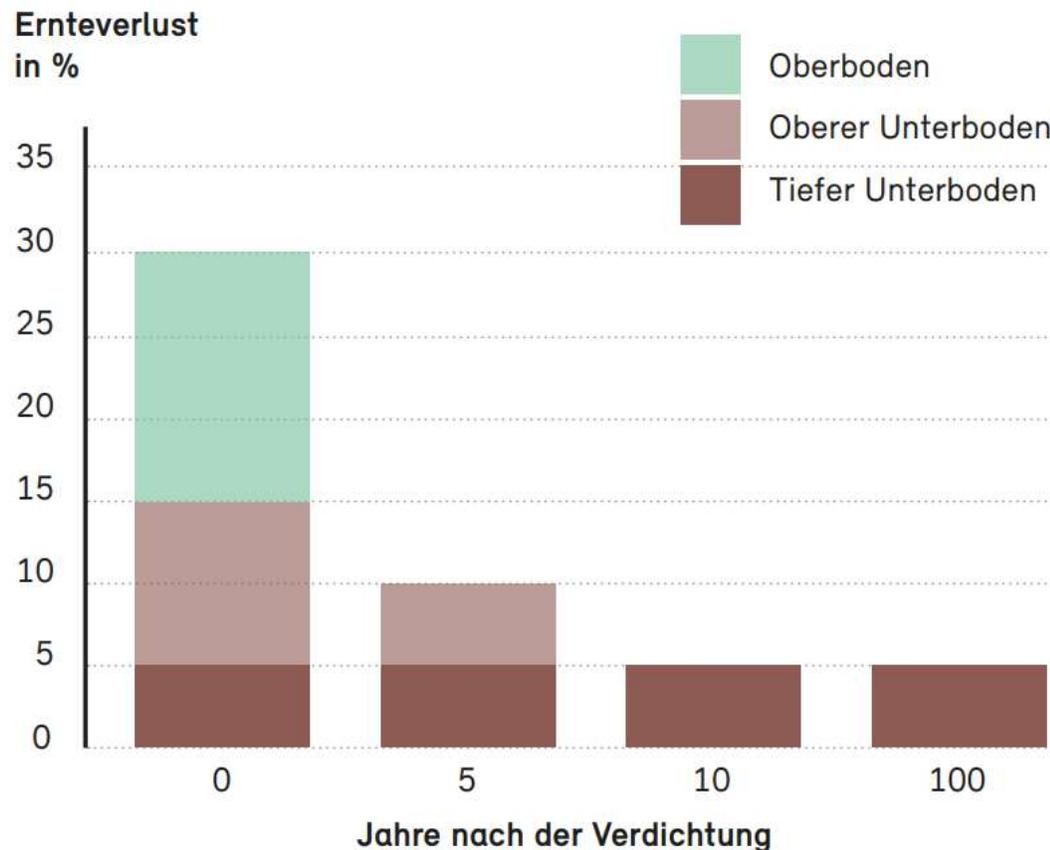


Source: OFS – Statistique suisse de la superficie (AREA)

© OFS 2021

# Zustand der Böden in der Schweiz - Qualitative Ausgangssituation

## 3. Schutz des Bodens vor anhaltenden Belastungen – Verdichtung

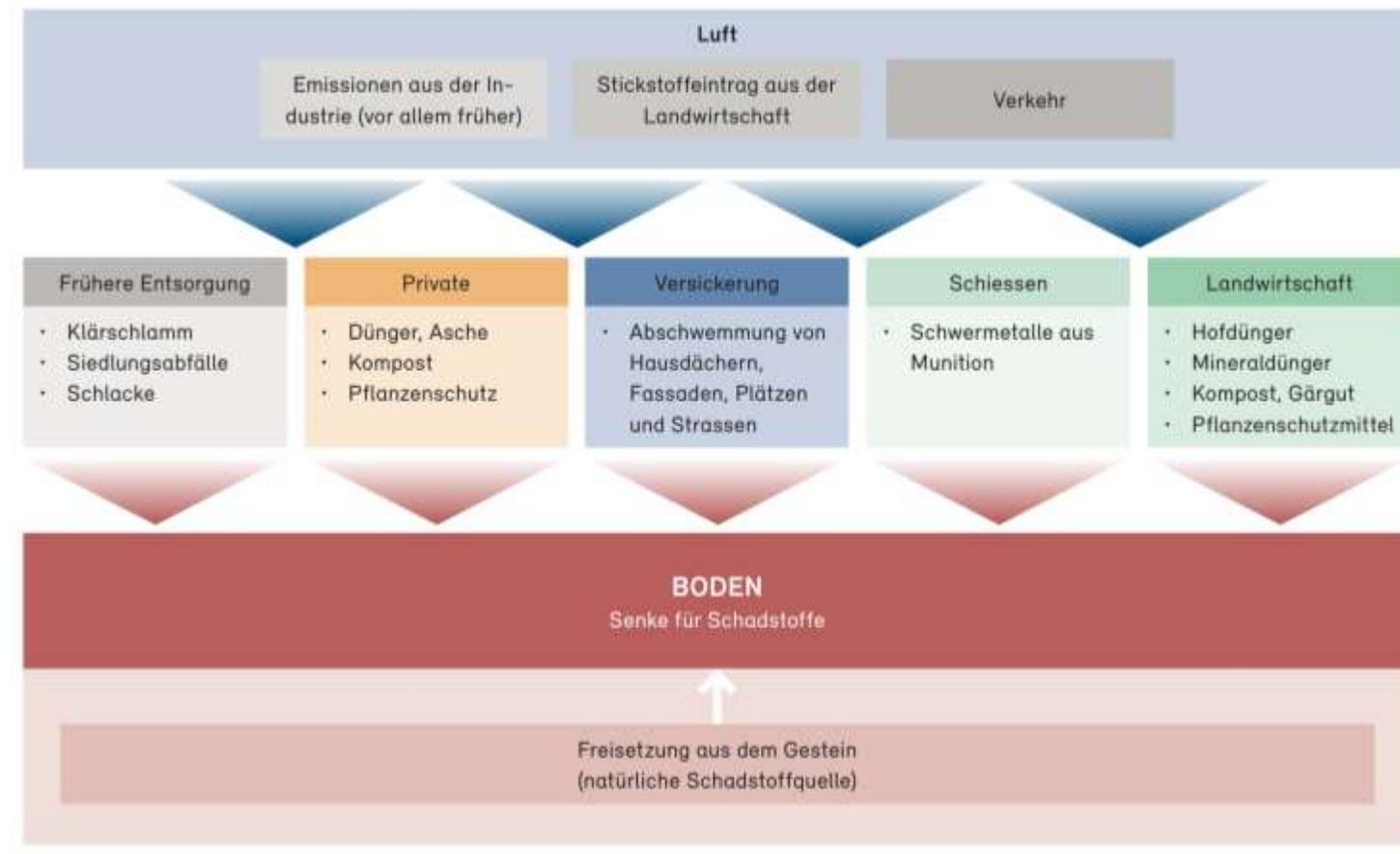


Quelle: BAFU 2017

- ⇒ Besonders problematisch sind Verdichtungen ab 30 Zentimeter Tiefe.
- ⇒ Entscheidend für die Verdichtungsempfindlichkeit sind die Feuchtigkeit und der Tongehalt des Bodens. Je feuchter ein Boden, desto geringer ist seine Stabilität.

# Zustand der Böden in der Schweiz - Qualitative Ausgangssituation

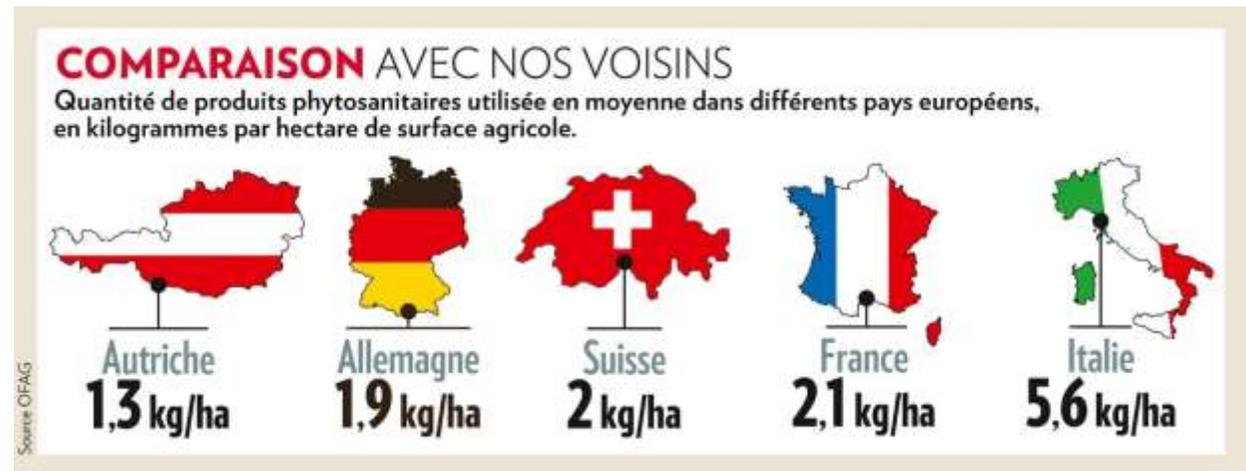
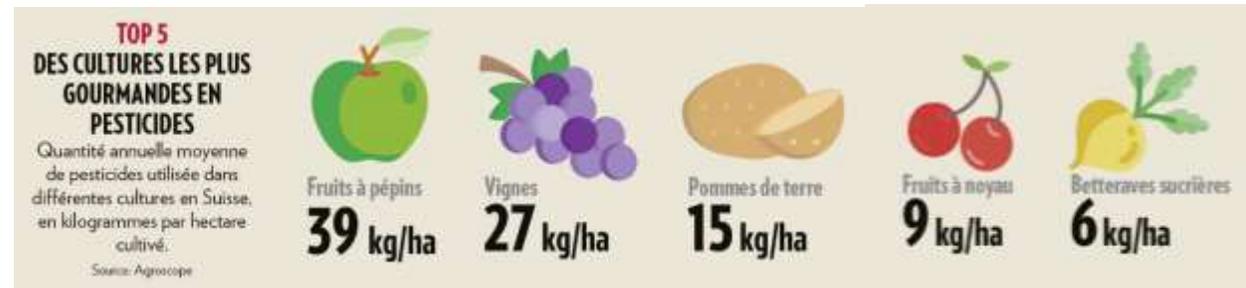
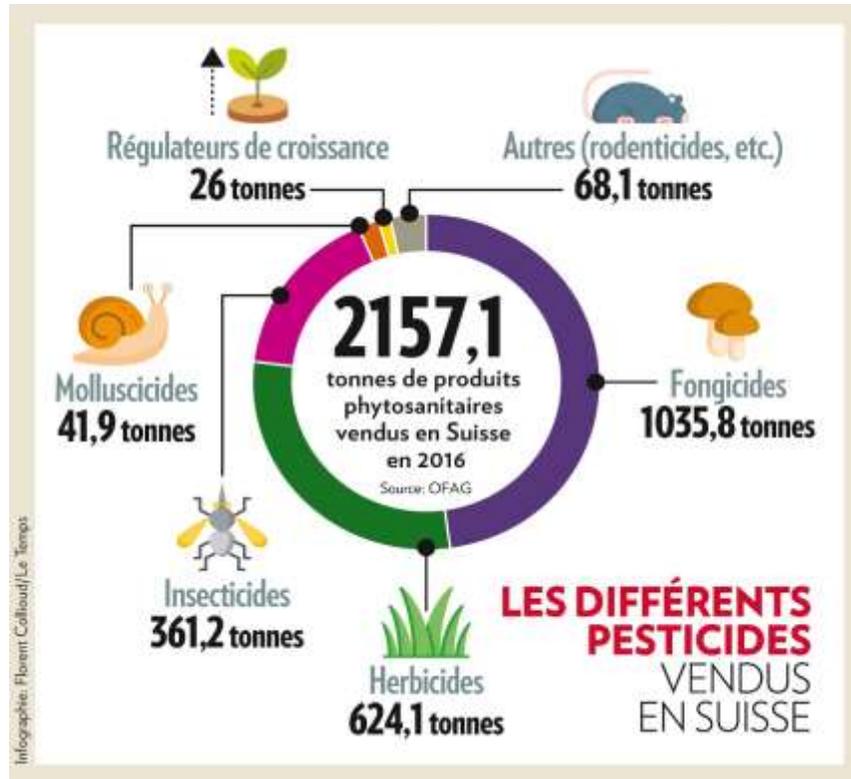
## 3. Schutz des Bodens vor anhaltenden Belastungen - Schadstoffeintrag



Eintragspfade von Schadstoffen in den Boden (Quelle: BAFU 2017)

# Zustand der Böden in der Schweiz - Qualitative Ausgangssituation

## 3. Schutz des Bodens vor anhaltenden Belastungen - Schadstoffeintrag

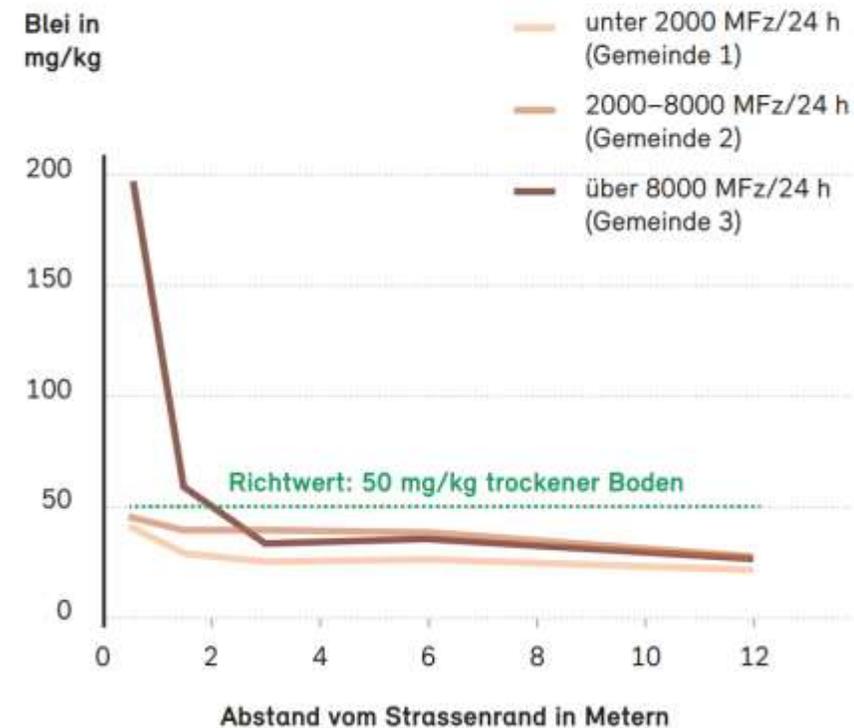
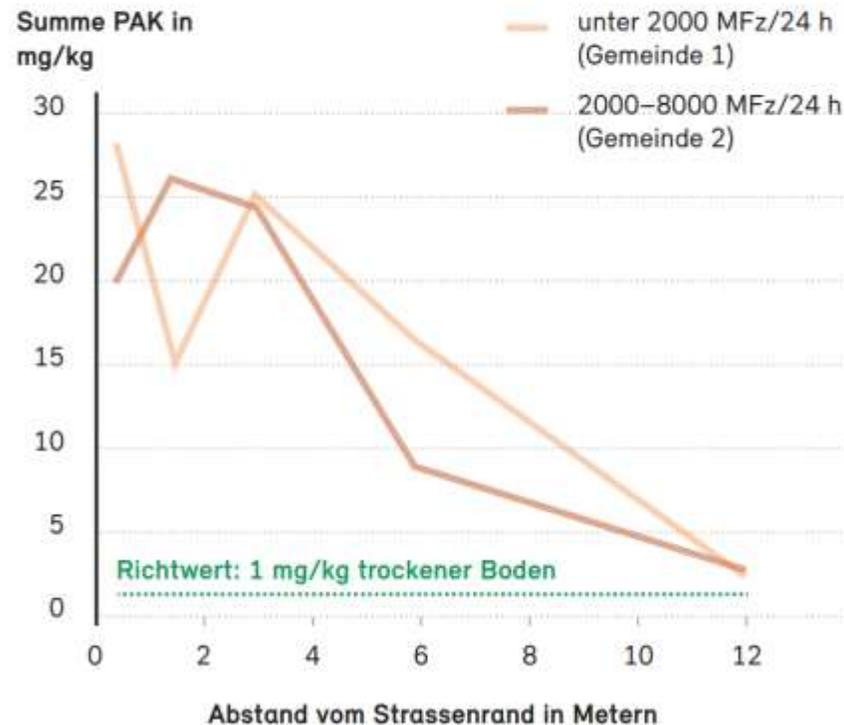


Quelle: illustre.ch (Artikel erschienen im September 2018)

# Zustand der Böden in der Schweiz - Qualitative Ausgangssituation

## 3. Schutz des Bodens vor anhaltenden Belastungen - Schadstoffeintrag

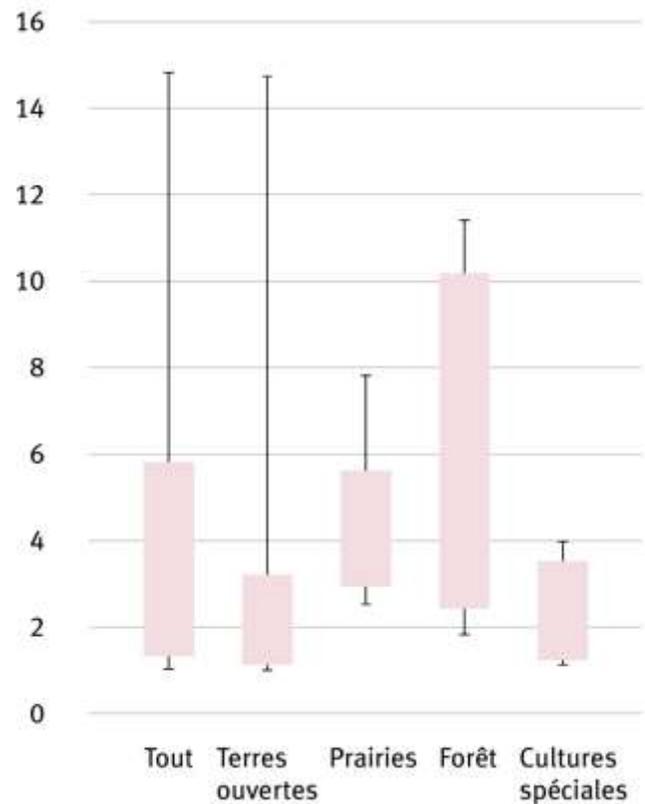
Bodenbelastung von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und Blei entlang von Strassen in Abhängigkeit von der Distanz zum Strassenrand und dem Verkehrsaufkommen [78]. MFz=Motorfahrzeuge



Quelle: BAFU 2017

# Zustand der Böden in der Schweiz - Qualitative Ausgangssituation

## 3. Schutz des Bodens vor anhaltenden Belastungen - Verlust organischer Bodensubstanz



MOS (% C) MO-Gehalt gemessen in Corg. in den obersten 20 cm der Standorte (NABO)

⇒ Die Ziele der Ernährungssicherheit und der Bekämpfung des Klimawandels miteinander vereinbaren.

**LE 4 POUR 1000 LA SÉQUESTRATION DU CARBONE DANS LES SOLS POUR LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE ET LE CLIMAT**

LA QUANTITÉ DE CARBONE CONTENUE DANS L'ATMOSPHÈRE AUGMENTE CHAQUE ANNÉE DE 4,3 MILLIARDS DE TONNES.

LES SOLS DU MONDE CONTIENNENT SOUS FORME DE MATIÈRES ORGANIQUES 1 500 MILLIARDS DE TONNES DE CARBONE.

SI ON AUGMENTE DE 4% (0,4%) PAR AN LA QUANTITÉ DE CARBONE CONTENUE DANS LES SOLS, ON STOPPE L'AUGMENTATION ANNUELLE DE CO<sub>2</sub> DANS L'ATMOSPHÈRE, EN GRANDE PARTIE RESPONSABLE DE L'EFFET DE SERRE ET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE.

absorption de CO<sub>2</sub> par les végétaux

stockage de carbone organique dans les sols

1 500 Mtl. carbone

stockage de +4% de carbone dans les sols mondiaux = des sols + fertiles = des sols + adaptés aux effets du changement climatique

**COMMENT STOCKER PLUS DE CARBONE DANS LES SOLS ?**

Plus on couvre les sols, plus les sols sont riches en matière organique, et donc en carbone. Jusqu'à présent, la lutte contre le réchauffement climatique s'est beaucoup focalisée sur protection et la restauration des forêts. En dehors des forêts, il faut favoriser le couvert végétal sous toutes ses formes.

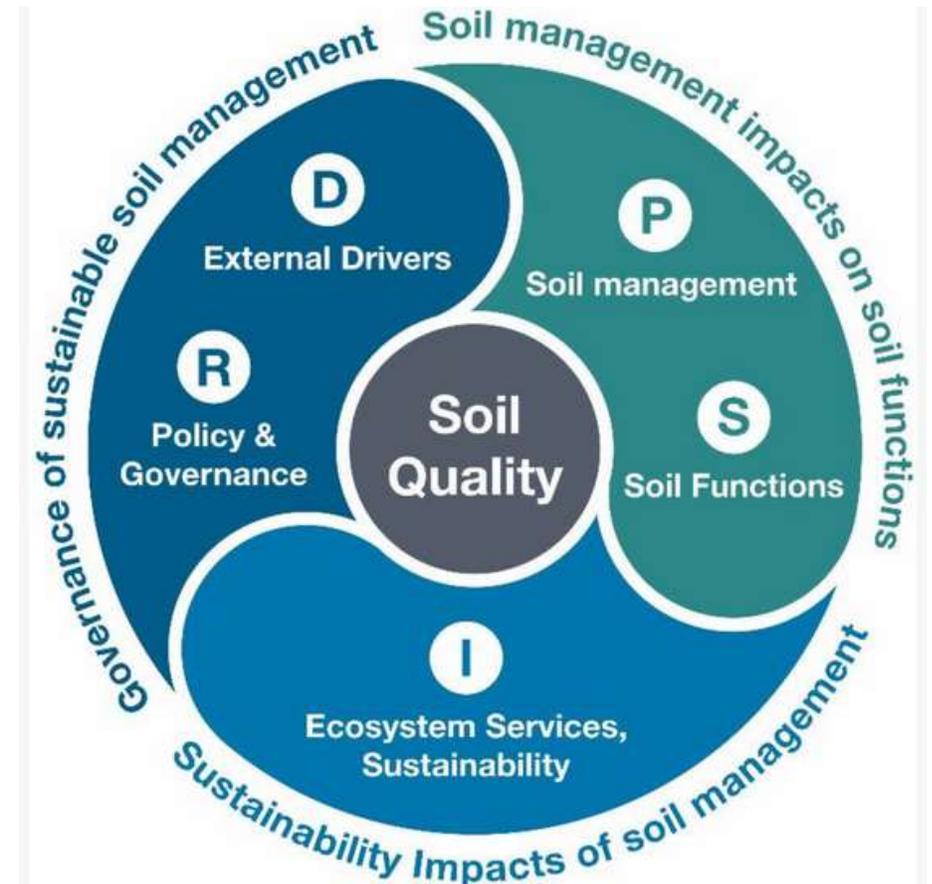
- Ne pas laisser un sol nu et moins travailler le sol, ex. : les techniques sans labour
- Introduire davantage de cultures intermédiaires, intercalaires et de bandes enherbées
- Développer les haies en bordure des parcelles agricoles et l'agroforesterie
- Optimiser la gestion des prairies, par exemple allonger la durée de pâturage
- Restaurer les terres dégradées, par ex. les zones arides et semi arides du globe

# Ressource Boden



- ❖ Integrierte und interdisziplinäre Lösungen.
- ❖ Einsatz für eine Gesamtvision der Situation.
- ❖ Es braucht neue Steuerungsmechanismen, denn eine nachhaltige Bodenbewirtschaftung leistet langfristig einen Beitrag zu den öffentlichen Gütern!

## Nachhaltige Bodenbewirtschaftung



Quelle: Helming et al., 2018

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



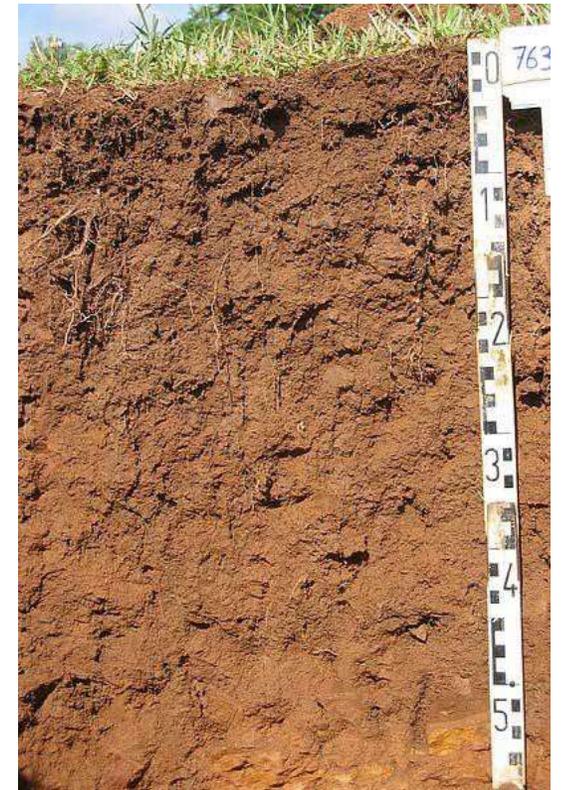
**LES SOLS  
SONT UNE  
RESSOURCE  
NON RENOUVELABLE**

2015  
Année internationale  
des sols

Ils sont essentiels pour

- l'alimentation
- l'alimentation animale
- les médicaments
- les services écosystémiques
- les carburants

The infographic features a central graphic of a glass containing soil and a small green plant. To the right, the text 'LES SOLS SONT UNE RESSOURCE NON RENOUVELABLE' is written in large, bold, green and white letters. Below this, a horizontal line connects five circular icons: a tomato and leaf, a horse head, a medical cross, a globe with a plant, and a fuel pump. Each icon is labeled with its corresponding category in French. The background is a light teal color with a white diagonal stripe.



[geraldine.bullinger@hefr.ch](mailto:geraldine.bullinger@hefr.ch)