



# Kohlenstoffbindung in Böden zur Erreichung der nachhaltigen Entwicklungsziele

Cornelia Rumpel

CNRS

Paris Soil organic matter research Group (PSG)

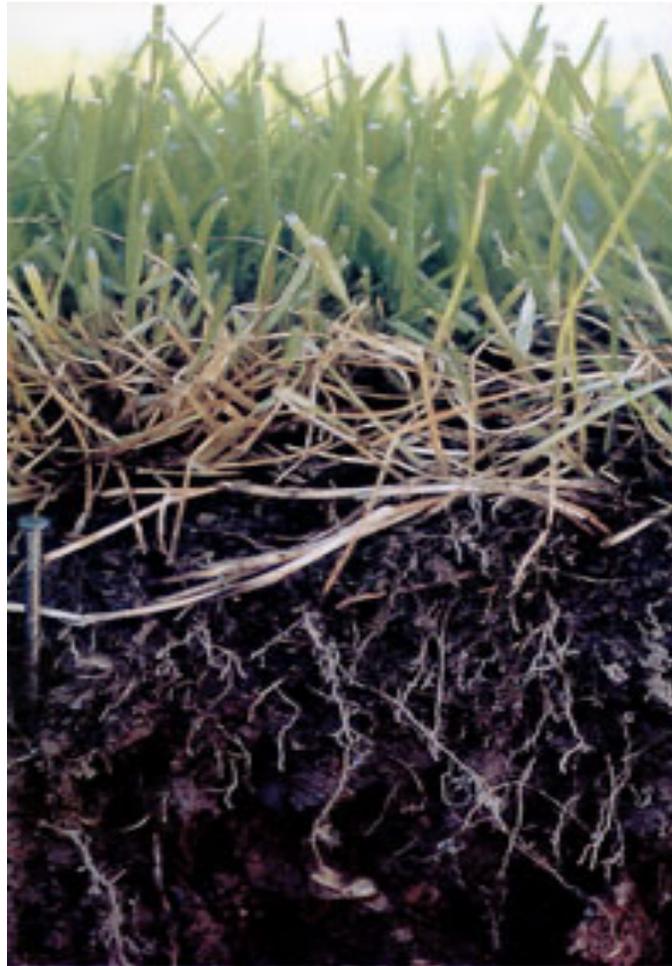
Institute of Ecology and Environmental Sciences (IEES)

Paris, France

# Die Böden erbringen eine Vielzahl von Ökosystemdienstleistungen

Menschliche Aktivitäten beeinflussen diese Dienstleistungen :

- Urbanisierung
- Mineraldüngung
- Bearbeitung
- Bewässerung
- Kulturpflanzen
- Beweidung
- .....



## Versorgungsleistung

- Nahrung, Fasern
- Wasser
- Energie

## Regulationsleistung

- Klima
- Wasserqualität
- Luftqualität
- Biodiversität

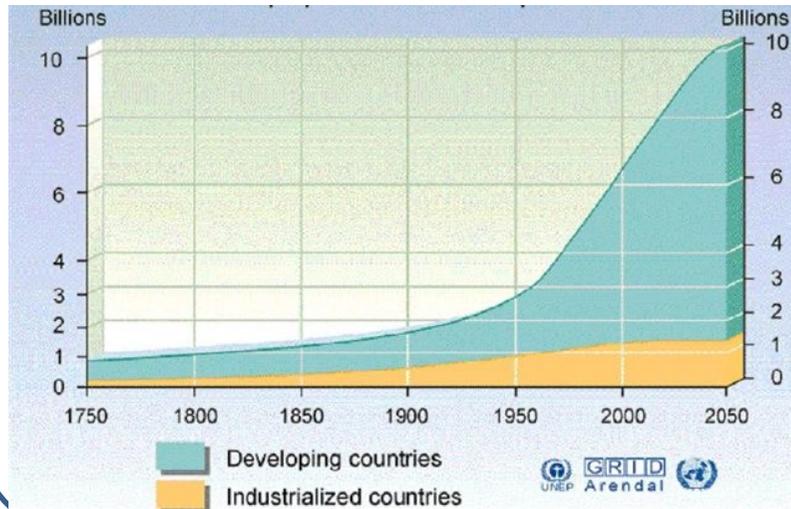
## Support

- Primärproduktion
- Umsetzungsprozesse
- Biogeochemische Kreisläufe

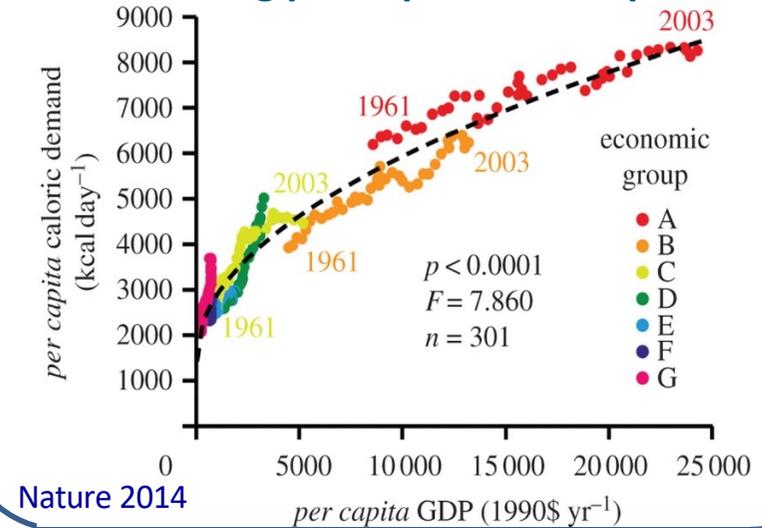
**Der Zustand von Böden hat Einfluss auf unsere Lebensqualität**

# Unsere Böden stehen unter Druck....

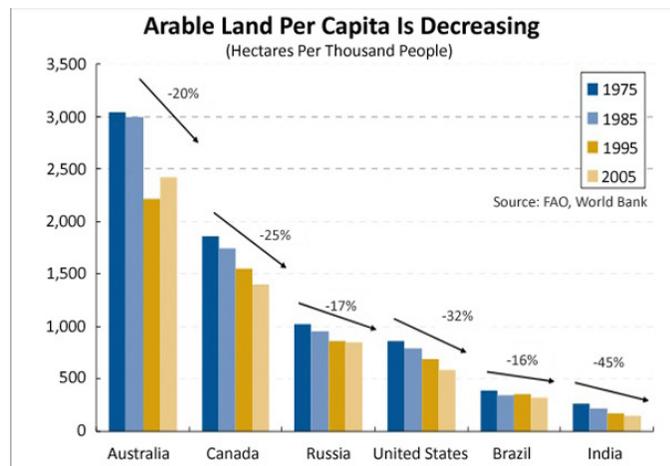
## Population growth



## Increasing per-capita consumption



## Limits of land



## Böden

12 Mrd ha produktiven Boden  
Sichern > 95% der menschlichen  
Ernährung (Kalorien)  
1/2 der landwirtschaftlichen Böden ist  
degradiert (FAO and ITPS 2015)

# Die Bodendegradation ist eng mit dem Verlust von organischen Stoffen verbunden

---



Kohlenstoffspeicherung

Verfügbarkeit von Nährstoffen

Wasserspeicherung

Habitat and Energie für (micro-)organismen

Strukturstabilität (Kampf gegen Erosion)

**Kampf gegen Desertifikation (UNFCCD)**

(die Produktivität von Böden erhalten und erhöhen)

**Biodiversität (UNCBD)**

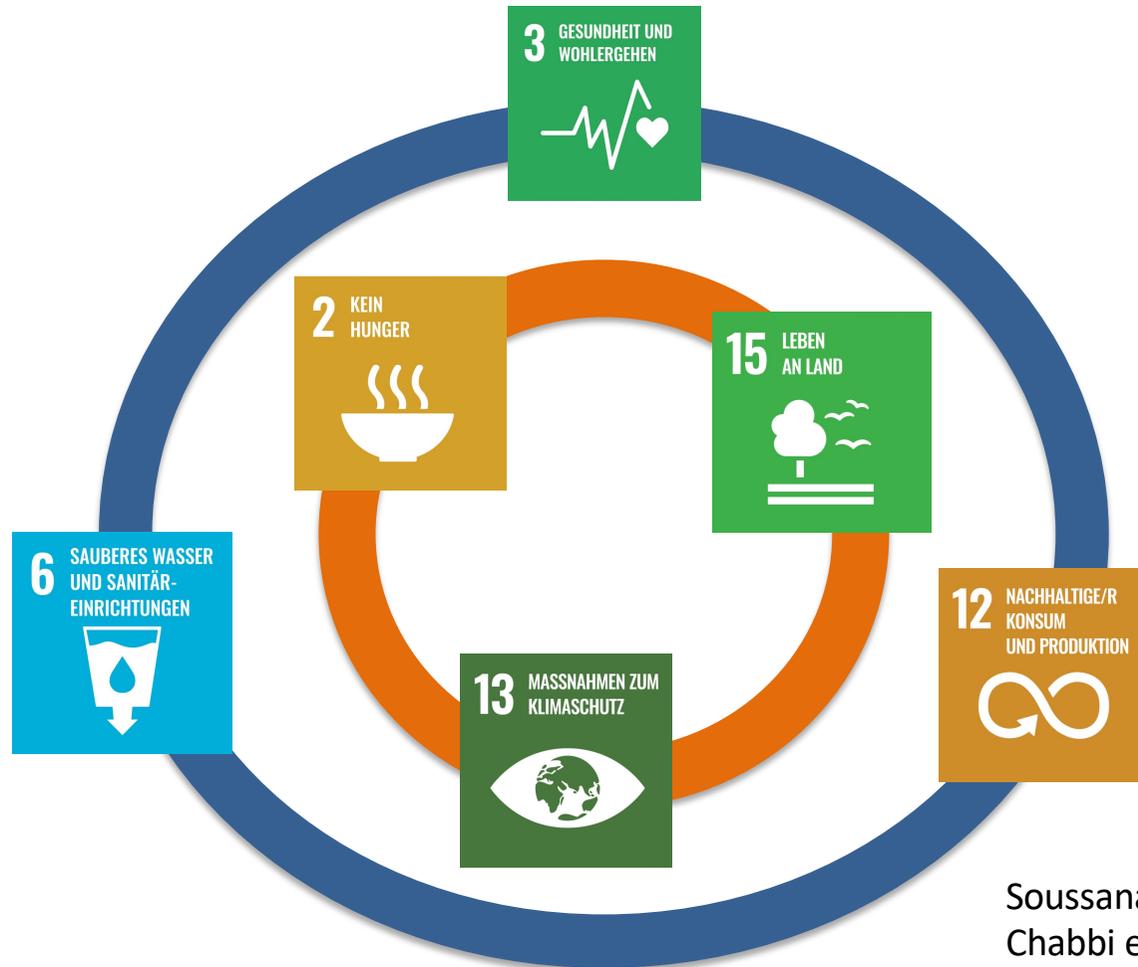
(erhalten + vergrößern)

**Klimawandel (UNFCCC)**

(abschwächen + anpassen)

**Die organische Bodensubstanz betrifft alle drei UN-Konventionen. Die Landnutzung sollte darauf abzielen, die OBS zu erhalten und zu vermehren**

# Organische Bodensubstanz und das Programm für nachhaltige Entwicklung



Soussana et al., 2017, Soil and Tillage Research  
Chabbi et al., 2017, Nature Climate Change  
Rumpel et al., 2022, Soil Security

**Die organischen Substanzen im Boden sind die Grundlage für die Erreichung mehrerer Ziele der nachhaltigen Entwicklung**

# Böden sind Kohlenstoffsenken

---



Globale Kohlenstoffspeicherung in Böden = 2400 Gt

→ 3-4 mal grösser als die Kohlenstoffspeicherung in der Atmosphäre und der Biosphäre



größte terrestrische Kohlenstoffspeicher

Langzeitspeicherung (> 100 ans)

Dynamisch



**Wird durch menschliche Aktivitäten beeinflusst**

Schon geringe Veränderungen in diesem großen Pool können die atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen beeinflussen

# Böden können CO<sub>2</sub>-Quellen sein

---

Great plains - Dust bowl in den 1930s



The Nation that destroys its soil destroys itself

Roosevelt, 1935

**Globaler Kohlenstoffverlust der Böden seit Beginn der Landwirtschaft: 113 Gt C**

Sanderman et al, 2017, PNAS;

# Die Notwendigkeit eines agroökologischen Wandels

## Intensive Landnutzung



- Unbedeckter Boden (Erosion)
- Schwere Maschinen
- Verwendung von Agrochemikalien
- Hoher Einsatz externer Mittel

## Nachhaltige (agroökologische) Praktiken



- Permanente Bodenbedeckung
- Schonende Bodenbearbeitung
- Diversität auf allen Ebenen
- Kreislaufwirtschaft

➔ Positive Effekte auf die Bodenfunktionen können durch ein Umdenken in landwirtschaftlichen Systemen erzielt werden

➔ Regionale biophysische und soziale Gegebenheiten müssen berücksichtigt werden

**Bodenkohlenstoff als wesentliches Element einer ökologischen Transformation**

# Ein politischer Vorstoss auf der Welt Klimakonferenz (Paris, COP 21)

---



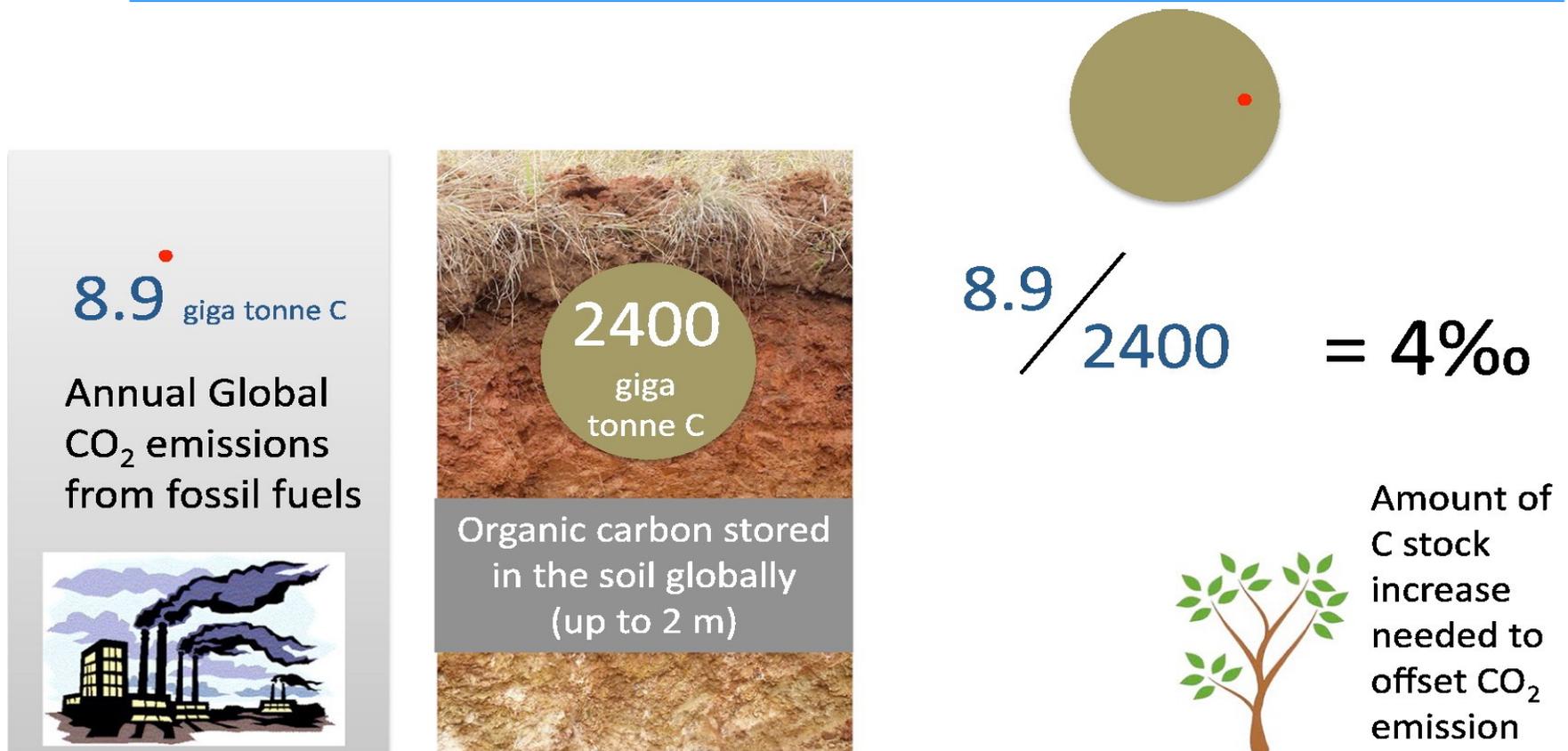
Stéphane Le Foll,  
Französischer  
Landwirtschaftsminister



## Allgemeines Ziel

- « Erhöhung der organischen Bodensubstanz und Förderung der Bindung von organischem Kohlenstoff im Boden durch die Anwendung **nachhaltiger landwirtschaftlicher und forstwirtschaftlicher Praktiken**, um zur **Ernährungssicherheit**, zur **Abschwächung** des Klimawandels und zur **Anpassung** an diesen beizutragen»

# Die Bindung (Sequestrierung) von organischem Kohlenstoff im Boden – eine Option zur Abschwächung des Klimawandels?



Balesdent and Arrouays, 1999; Minasny et al. 2017, Geoderma

**In der Theorie könnte ein weltweite Erhöhung der Kohlenstoffbindung in Böden dem Anstieg der globalen CO<sub>2</sub>-Konzentration entgegenwirken**

# Vorteile der Kohlenstoffsequestrierung im Boden im Vergleich zu anderen Strategien zur Abschwächung des Klimawandels

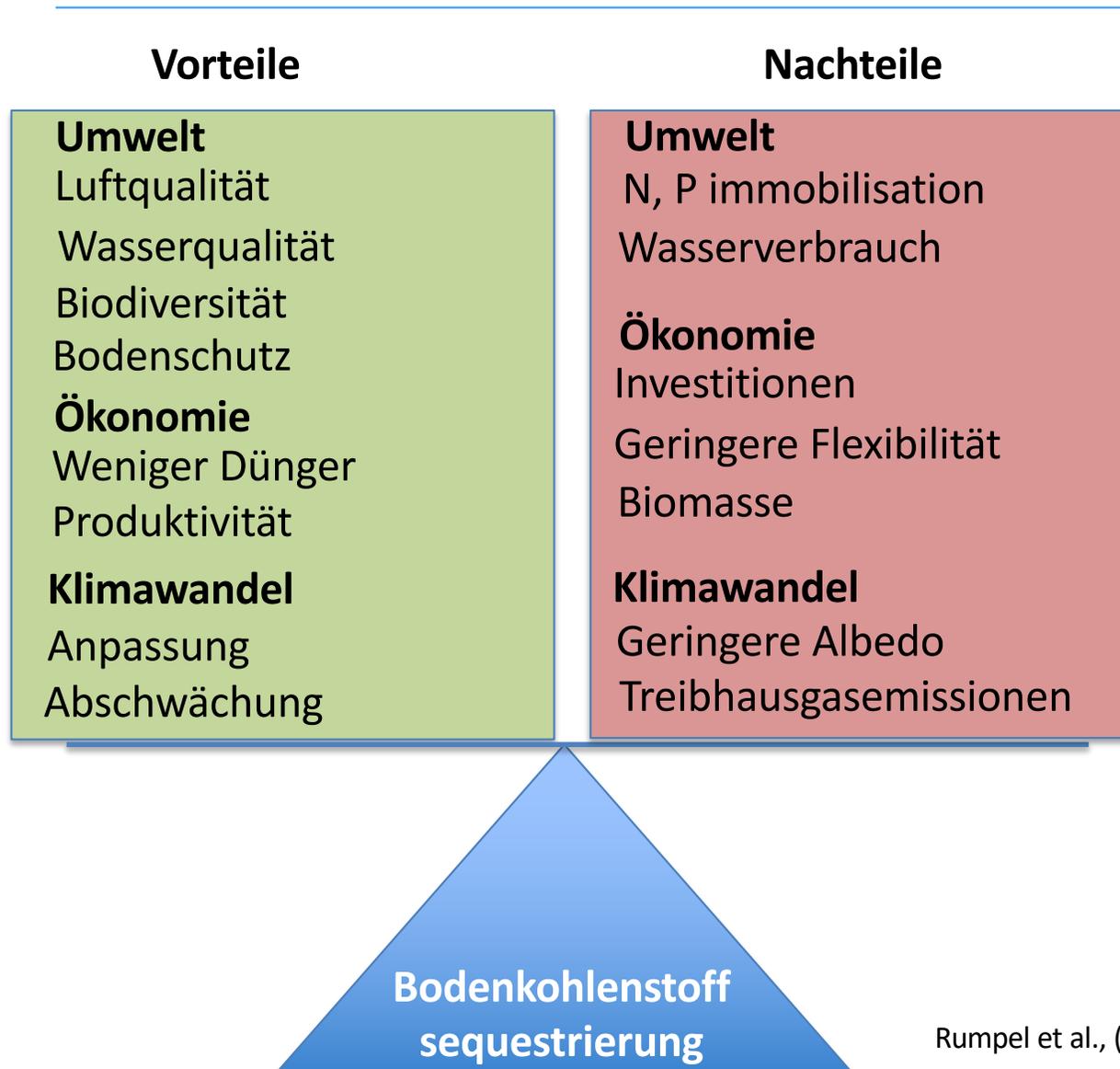
---

- Benötigt keine zusätzlichen Landressourcen
- Landwirtschaftliche Böden könnten diesem Zweck dienen
- Landwirtschaftliche Böden haben ein grosses Potenzial für Kohlenstoffspeicherung aufgrund der historischen Verluste
- Organischer Abfall könnte verwendet werden
- Das technische Reifegradniveau (TRL) ist hoch
- Geht mit zusätzlichen Vorteilen einher.

## Starke politische Anziehungskraft

1. Negative Emissionstechnologie im Kontext der Abschwächung des Klimawandels
2. Nachhaltige Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion

# Die Vorteile und Nachteile der Kohlenstoffbindung im Boden



Rumpel et al., (2023) Burleigh Dodds publisher

➔ Wissenschaftliche Kontroverse zur Umsetzungsfähigkeit

# Einklang zwischen politischen Bedürfnissen und Realität

---

**Allgemeiner Konsens: Die Erhöhung des Kohlenstoffs im Boden ist vorteilhaft aufgrund ihrer zusätzlichen Vorteile, aber in Bezug auf die Abschwächung des Klimawandels:**

**Realistische Potential  $\sim 1 \text{ Gt OC y}^{-1}$**

Entspricht den Emissionen eines grossen Emittenten (EU)



**Neue Definition des Ziel der 4 pour 1000 Initiative**

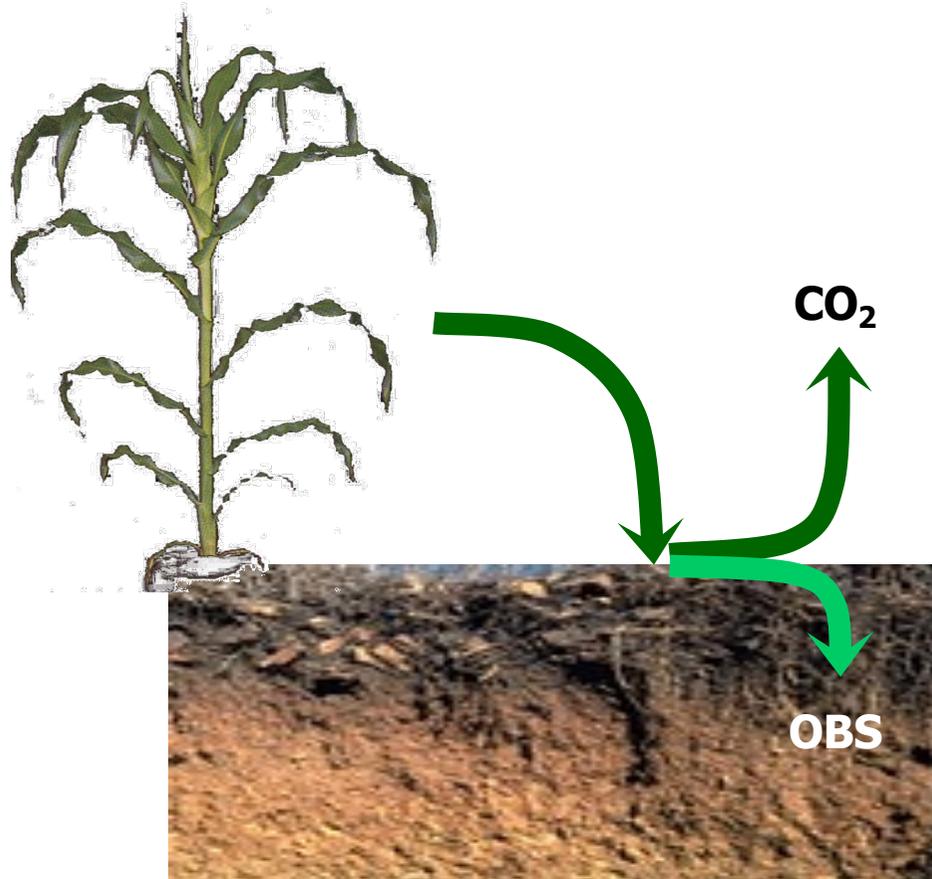
**→ Ein anstrebendes Ziel, kein normatives Ziel**

- Kann auf lokaler Ebene erreicht werden aber nicht überall
- Kosten : N, P, Wasser, Biomasse, ..
- Risiken : Treibhausgasemissionen, ...

**→ Man sollte Bodenkohlenstoffvorräte erhalten und wenn möglich erhöhen**

- Konzept >> Zahl
- Eine Größenordnung als Referenz auf lokaler Ebene

# Die Erhöhung der Speicherung von organischem Kohlenstoff im Boden ist kein einfacher Prozess...



## Kurzfristig:

*Biodegeneration ist abhängig von ...:*

- Zusammensetzung der Streu (% N, % Zucker, % Lignins, ...)
- Bodenklimatischen Bedingungen (pH-Wert, Nährstoffgehalt ...)

## Langfristig:

Stabilisierung organischer Substanzen im Boden

?

**Welche Prozesse ?**

Komplexe Interaktion zwischen biologischen, chemischen + physikalischen Prozessen  
**Organische Substanz– mikrobielle Gemeinschaften– Minerale**

# Stabilisierungsprozesse organischer Substanzen in Böden

Stabilisierung



Pflanzenreste und  
microbielle Produkte

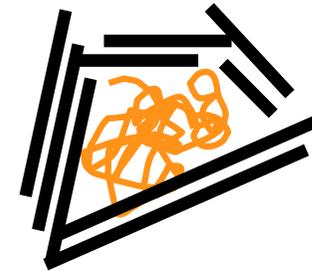
Rekalcitranz



Adsorption



Aggregatbildung



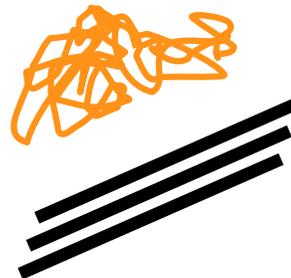
Destabilisierung



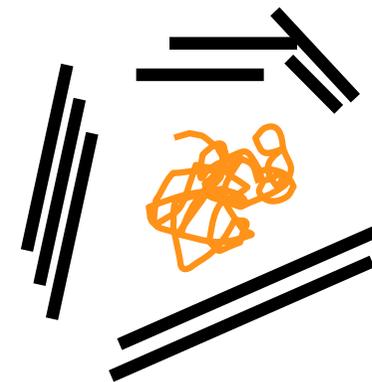
+  $C_6H_{12}O_6$

Priming

Desorption



Zerstörung von Aggregaten

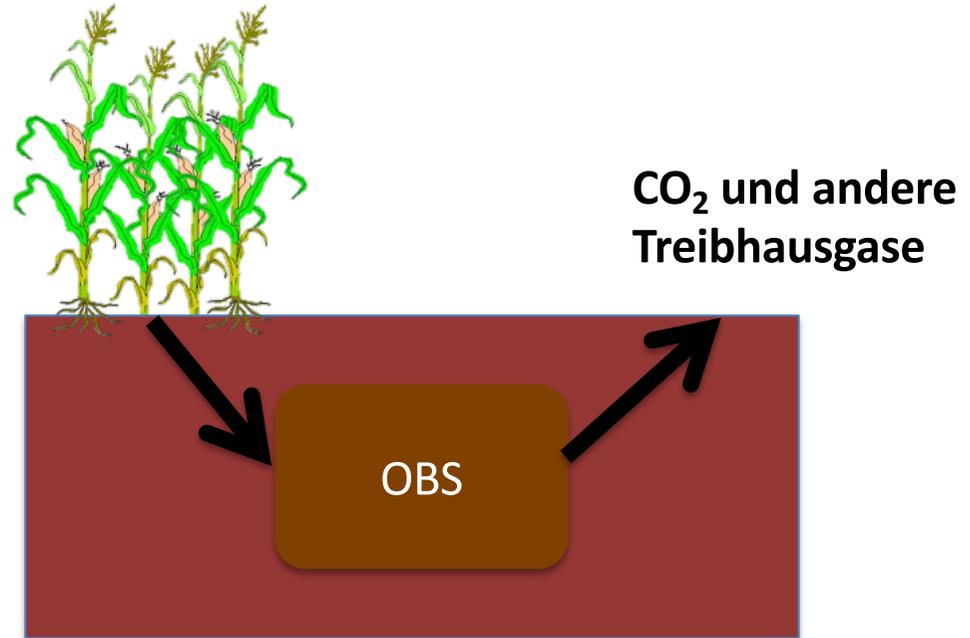


**Der Umsatz der organischen Stoffe im Boden wird durch den mikrobiellen Zugang kontrolliert.**

# Bodenkohlenstoff: Sollen wir ihn ansammeln oder nutzen?

Maßnahmen zur Erhöhung des organischen Kohlenstoffs im Boden

- Erhöhung des Eintrags
- Reduzierung der Verluste



Kohlenstoffspeicherung	→	Geringe Mineralisierungsrate Geringe mikrobielle Aktivität Wenig verfügbare Nährstoffe
Kohlenstoffverlust	→	Hohe Mineralisierungsrate Hohe mikrobielle Aktivität Viele verfügbare Nährstoffe

Beide Prozesse sind für das Funktionieren von (Agro)Ökosystemen notwendig

# Biophysikalische Einschränkungen der Kohlenstoffbindung in Böden

---



Um nachhaltige Bewirtschaftungspraktiken zu entwickeln, müssen wir die spezifischen Steuerungsfaktoren der Dynamik der organischen Bodensubstanz unter verschiedenen bodenklimatischen Bedingungen verstehen

# Ökonomische, kulturelle und politische Einschränkungen

---

- ➔ Grundrechte und Eigentumsrechte an Land
- ➔ Religiöse Überzeugungen und Traditionen
- ➔ Schlechte Regierungsführung, fehlende Politik zur Förderung einer nachhaltigen Bewirtschaftung
- ➔ Kosten der Betriebsumstellung

# Welche Massnahme fördern die Sequestrierung von organischem Kohlenstoff in Böden ?



Zwischenfrüchte



Konservierende/Regenerierende Landwirtschaft



Integrierte Bodenfruchtbarkeitsbewirtschaftung

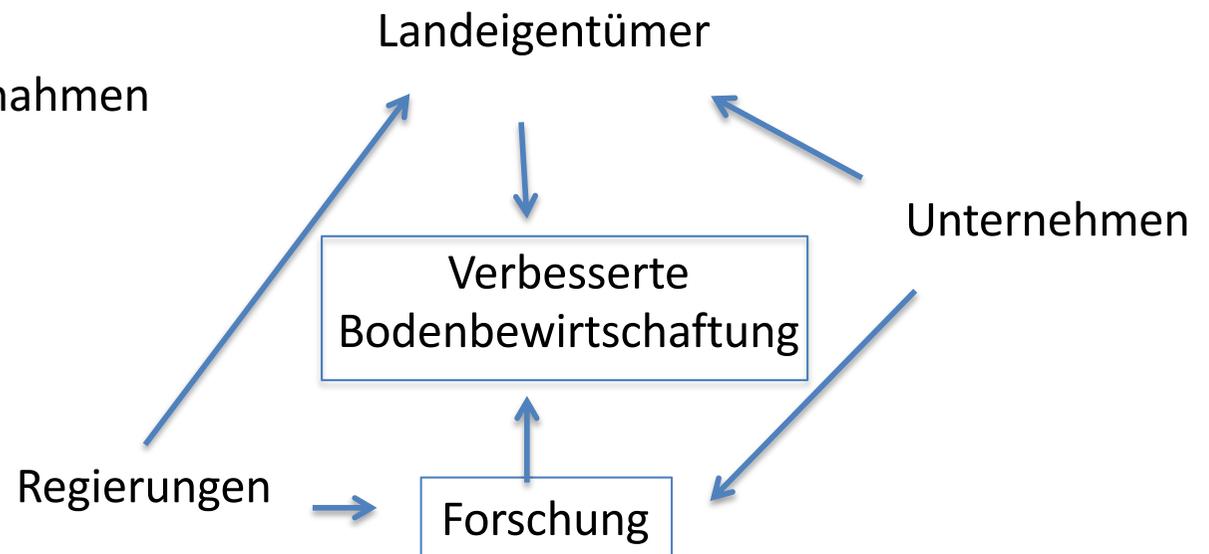


Agroforstwirtschaft



Organische Düngung

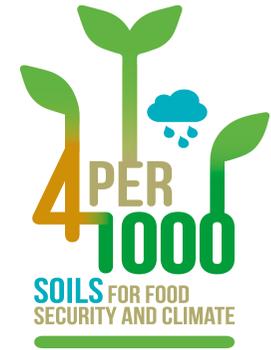
- Stoppen der Verluste von OBS
- Nachhaltige Bewirtschaftungsmassnahmen
- Messen, Berichten, Überprüfen
- Testen von Strategien
- Sensibilisierung
- Unterstützung
- Koordination
- Innovation



**Multilaterale Zusammenarbeit ist entscheidend**

Rumpel et al., 2018, Nature

# Multistakeholder Plattform



## Beratendes Gremium

Forum : 733 partenaires, y compris des entreprises privées

## Entscheidungsgremium

Konsortium : of 315 Organisationen ausserhalb des privaten Sektors  
President / Vize President

## Exekutierendes Gremium

Sekretariat

## Wissenschaftliches Gremium

Wissenschaftlicher und Technischer Beirat

Projektbegutachtung

## Aktionsplan

Projekte

## 4 Pfeiler:

- Kohlenstoffspeicherungspotential
- Entwicklung von Bewirtschaftungsmassnahmen
- Definition eines förderlichen Umfelds
- MBÜ

# Mission 2030

---



Bereitstellen eines Unterstützungsrahmens und Aktionsplans, um Maßnahmen im Zusammenhang mit der Bodengesundheit zu konzipieren, umzusetzen, zu fördern und zu überwachen.

Förderung der Zusammenarbeit zwischen den Akteuren im Bereich Landwirtschaft, Forstwirtschaft und anderen Landnutzungen (AFOLU), gemäß den Zielen für nachhaltige Entwicklung (SDGs) der Vereinten Nationen.

# Werkzeug

- AFRIS Arbeitsbereich der 4 per 1000 Initiative :



Vernetzung  
Ideenaustausch  
Wissenssammlung

24 spezifische Ziele und Arbeitsgruppen, die damit beauftragt sind, einen Katalog von koordinierten Maßnahmen und Projekten zu entwickeln, die überzeugende Investitionsmöglichkeiten darstellen

➡ Treten Sie den Arbeitsgruppen bei

# Schlussfolgerungen

---

Der organische Kohlenstoff im Boden ist ein quantitativ wichtiger globaler Speicher, und seine Veränderungen haben Auswirkungen auf unsere Lebensqualität.

Die Bodenbewirtschaftung und ihre Auswirkungen auf die Kohlenstoffbindung im Boden hat Auswirkungen auf die Ziele für nachhaltige Entwicklung (SDGs)

Die Landwirtschaft ist eine der Ursachen, kann aber auch Teil der Lösungen sein, um den Klimawandel zu mindern und sich ihm anzupassen, dank ihrer Auswirkungen auf den Kohlenstoffgehalt im Boden

Die Initiative 4 per 1000 wurde als multilaterale Plattform ins Leben gerufen, um die Entwicklung und Annahme von Kohlenstoffsequestrierungspraktiken zu fördern

Im Laufe der acht Jahre ihres Bestehens hat sie ihre Vision, Mission und Ziele entwickelt und einen Raum für Zusammenarbeit geschaffen

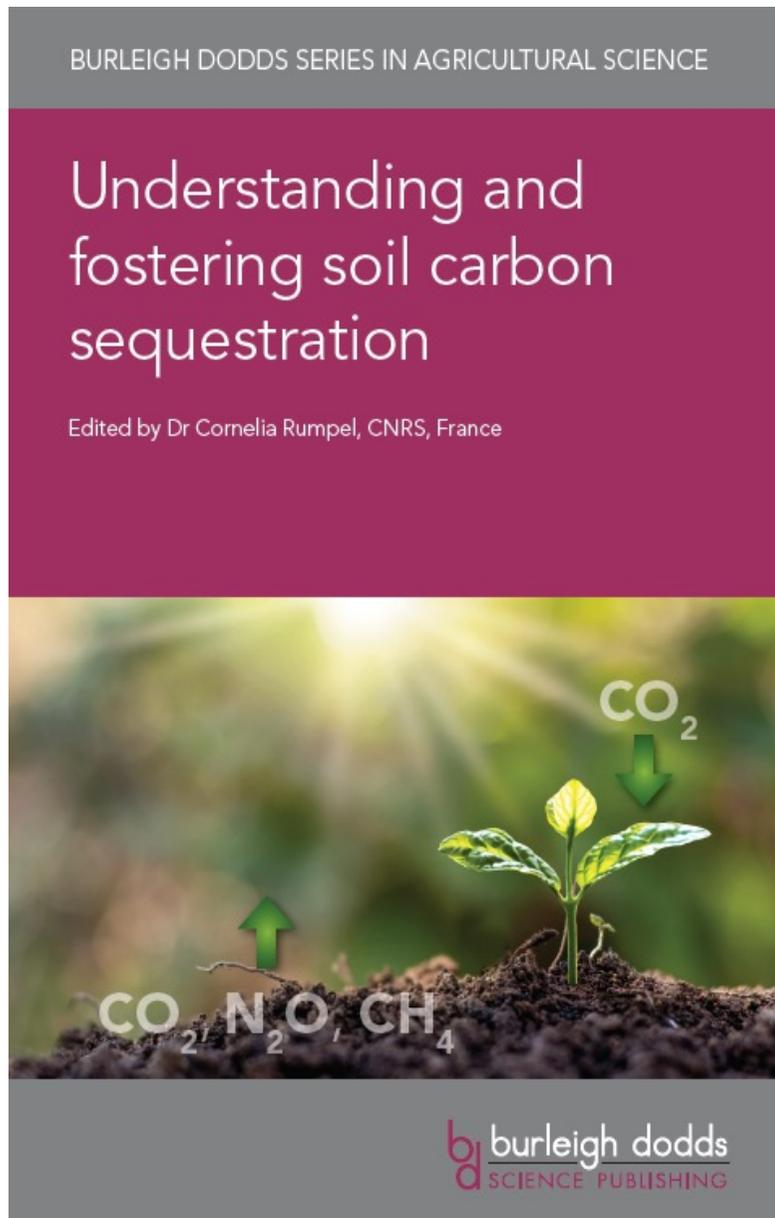
Alle sind herzlich eingeladen, teilzunehmen, indem sie den Arbeitsgruppen beitreten!

# Danksagung

Kollegen der 4 per 1000 Initiative  
Danke für die Vortragseinladung

**Danke für Ihre Aufmerksamkeit!**

# Publikation



## 39 Kapitel 4 Teile

- Die Kohlenstoffsequestrierung im Boden verstehen
- Messen, Berichten und Überprüfen der organischen Kohlenstoffvorräte im Boden
- Förderliche Bewirtschaftungsmassnahmen in verschiedenen Systemen
- Sozio-economische, legale und politische Aspekte

Beiträge der globalen wissenschaftlichen Gemeinschaft, einschließlich der Mitglieder des Wissenschaftlicher und Technischer Ausschuss der 4 per 1000 initiative.

Publicationsdatum: November 2022