



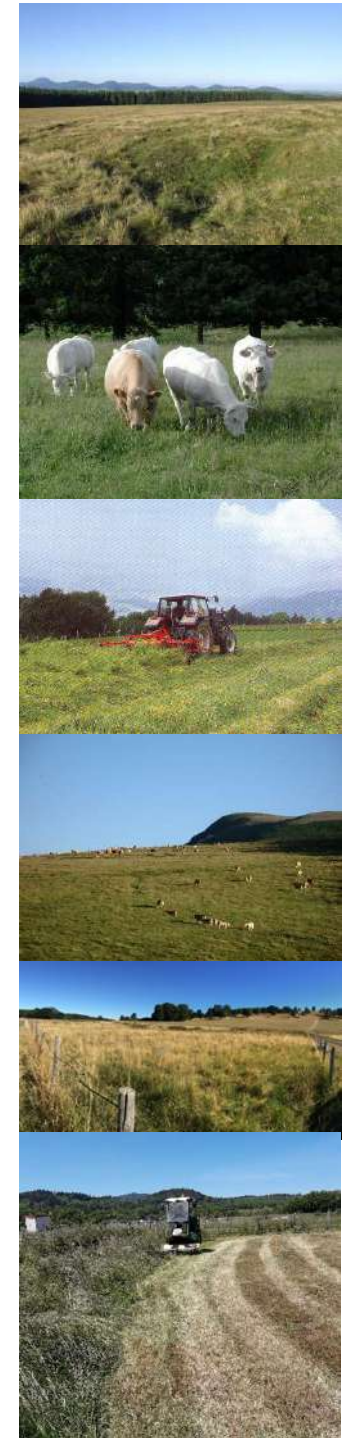
➤ Die Potentiale von Kohlenstoffspeicherung in bewirtschaftetem Grünland mit und ohne Beweidung

Katja KLUMPP

Grassland Ecosystem Unite, Clermont Ferrand, France



ZENARiO-Kolloquium 05.12.22, 16:15-17.45 Uhr



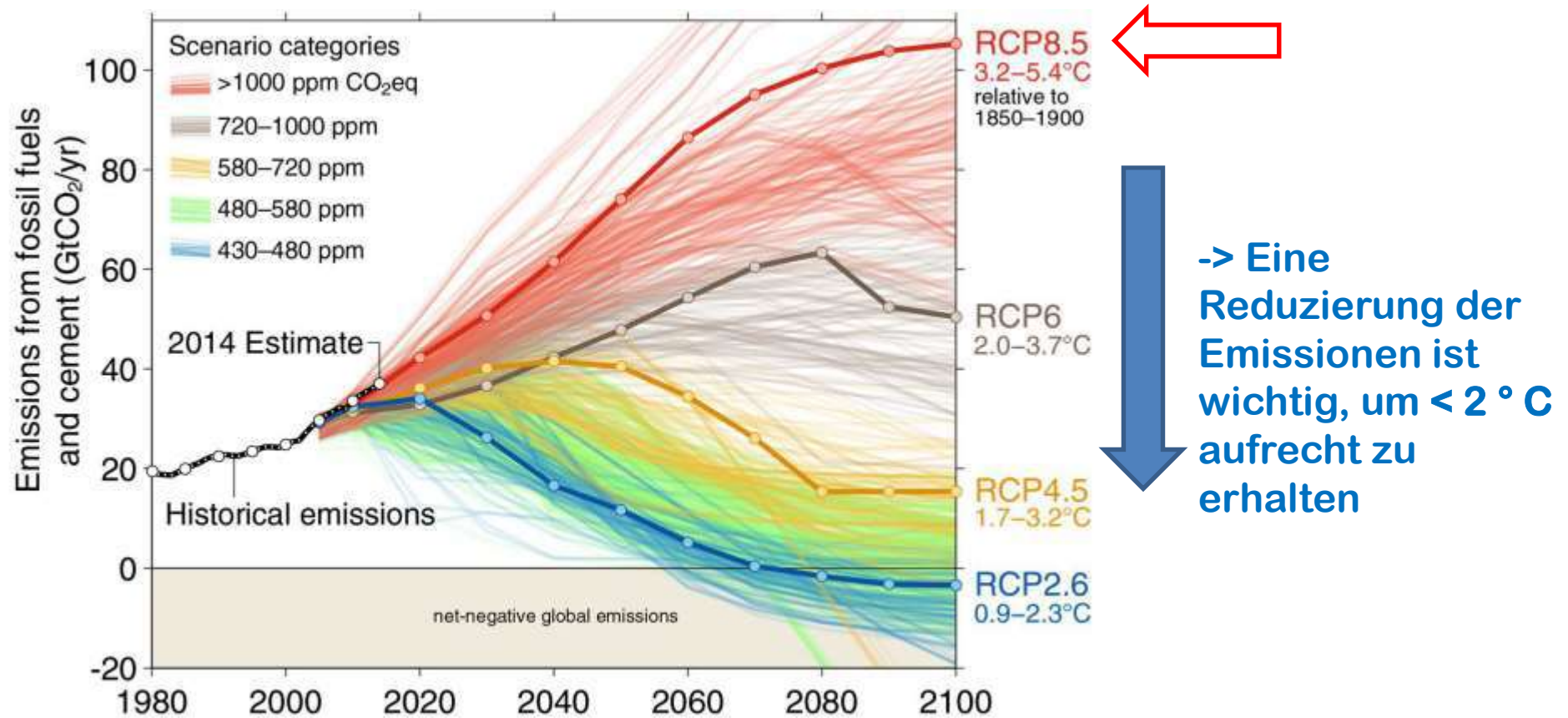


Warum kohlenstoffneutralen Systeme mit geringem Input?



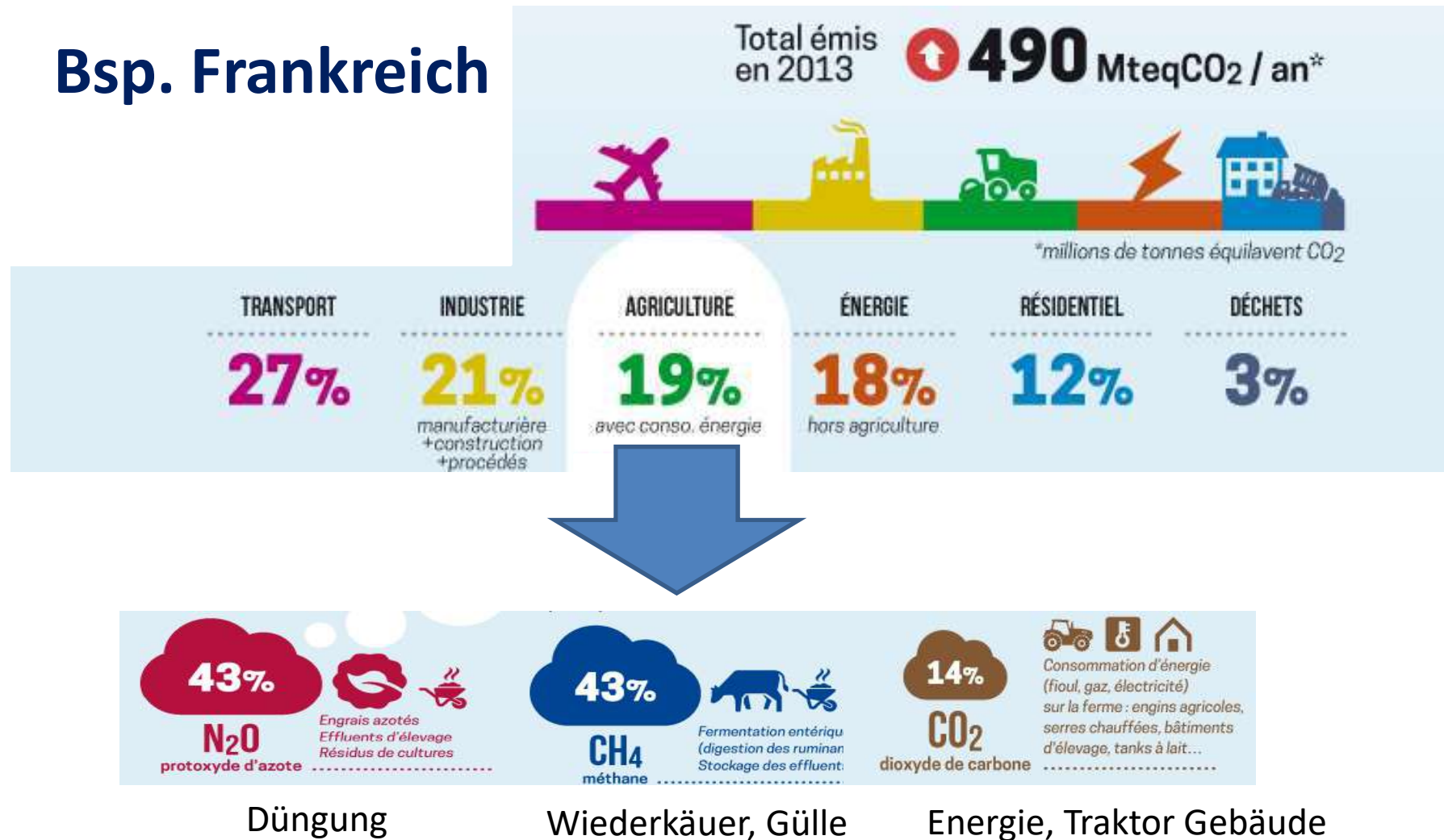
- Kontext
- Einige Grundlagen zur Sequestrierung
- Definition des Vokabulars: C-Kreislauf, organische Substanz
- Auswirkungen von Praktiken auf die C-Sequestrierung Zwischenfruchtanbau , Düngung ,
 - Nutzung und Intensität

Aktuelle Treibhausgas Emissions lassen eine Temperature Erhöhung von 3,2 - 5,4°C für 2100 vermuten



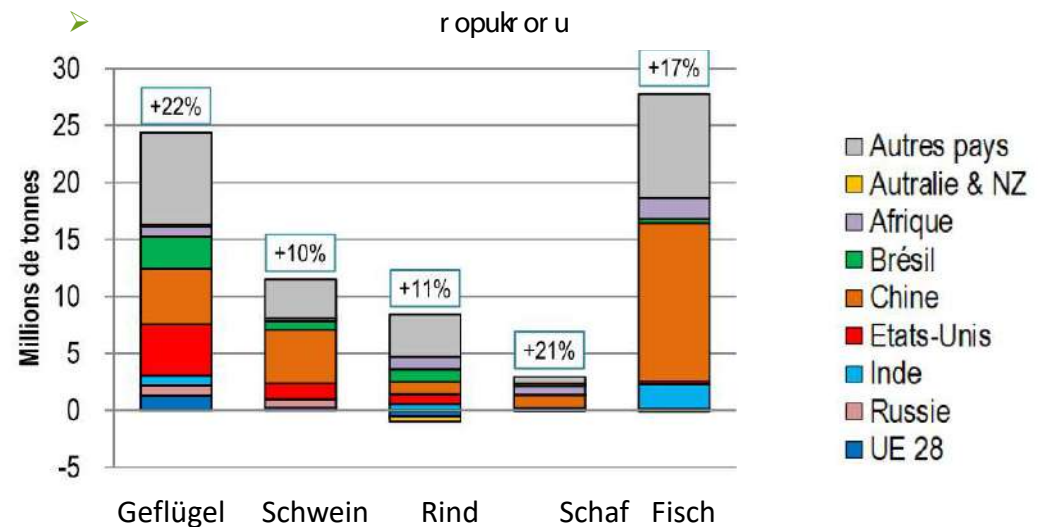
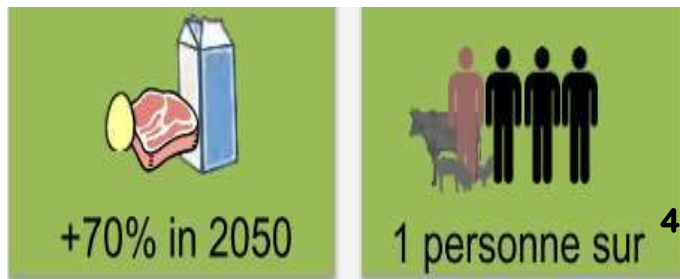
- Der Viehsektor ist für ca. 14,5% aller anthropogenen Treibhausgasemissionen weltweit verantwortlich (Gerber et al., 2013).

Bsp. Frankreich



- Der Viehsektor ist für ca. 14,5% aller anthropogenen Treibhausgasemissionen weltweit verantwortlich (Gerber et al., 2013).
- In naher Zukunft werden diese Emissionen zunehmen

Bevölkerung :
 + 30% seit 1990
 + 35% in 2050



- Wir werden nicht alle Emissionen reduzieren können.
- Aber wir können die CO2 Senke erhöhen durch eine bessere C speicherung in Pflanzen und Boden

- Erhöhung der CO2 Senke
-

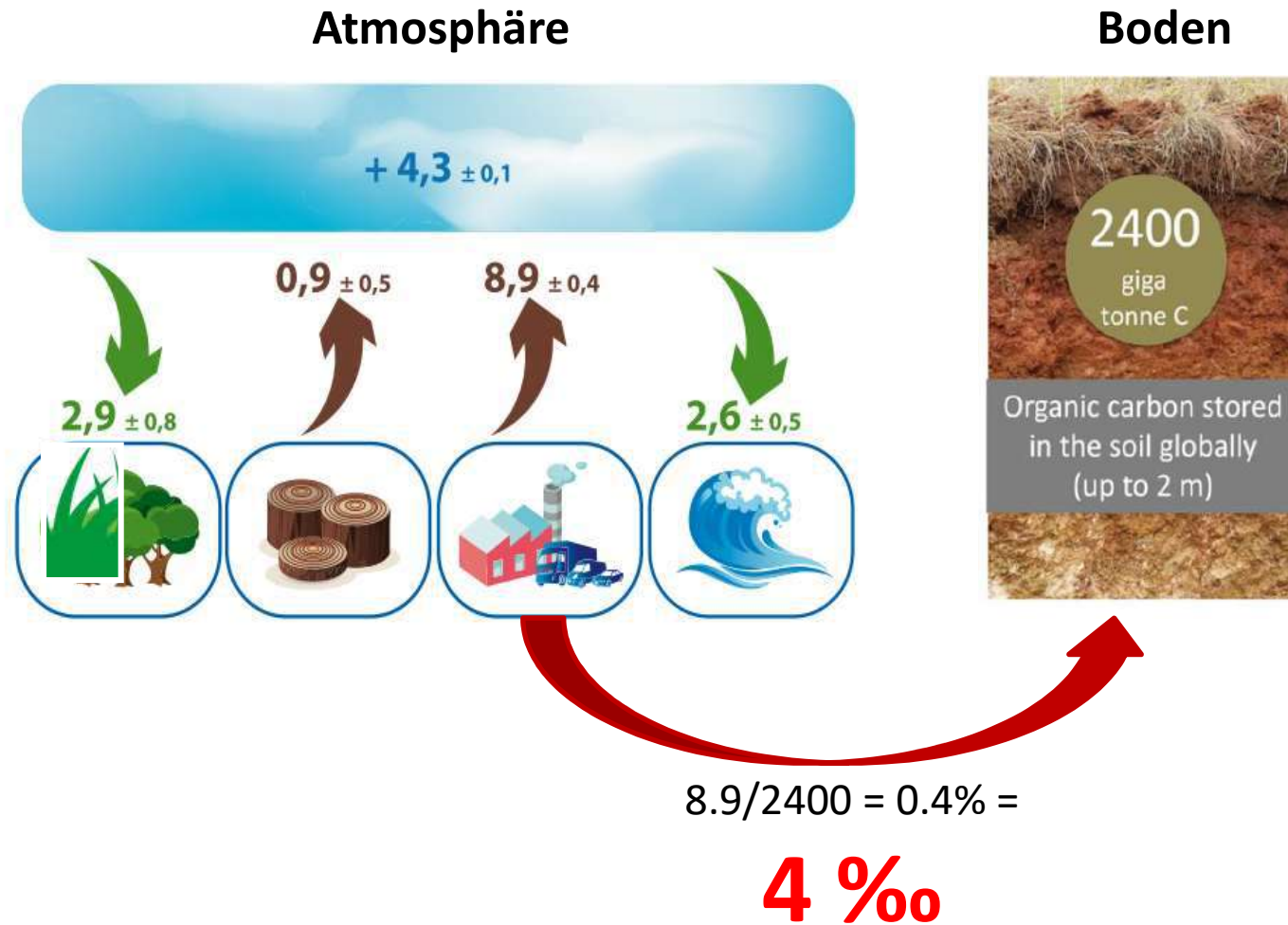


COP21 (2015)

- Die Initiative "4‰ „ oder „Böden für Ernährungssicherheit und Klima" wurde mit dem Ziel ins Leben gerufen, um weltweite Die Kohlenstoff senk in Böden zu erhöhen **4 per 1000** (oder 0.4 %)
- Verbesserung der **Bodenfruchtbarkeit** und der landwirtschaftlichen **Produktion**
- Die Begrenzung des Temperaturanstiegs mit einem Schwellenwert **von + 2 °**
- **Landwirtschaft hilft gegen den Klimawandel**

/

- Erhöhung der CO2 Senke



WELCOME TO THE "4 PER 1000" INITIATIVE

WELCOME TO THE "4 PER 1000" INITIATIVE

WHAT IS THE "4 PER 1000" INITIATIVE

UNDERSTANDING THE "4 PER 1000" IN 3'30

WHY DO WE SPEAK OF "4 PER 1000"?

AGRICULTURE HELPS FIGHT AGAINST CLIMATE CHANGE

A PRIORITY: AGRICULTURAL SOILS FOR FOOD SECURITY AND CLIMATE

THE "4 PER 1000" FOR FOOD SECURITY AND CLIMATE

THE "4 PER 1000" AT A GLANCE

PARTNERS AND MEMBERS OF THE INITIATIVE

PARTNERS CONTRIBUTING TO THE FUNCTIONING OF THE INITIATIVE

> WHAT IS THE "4 PER 1000" INITIATIVE

< **>**

The international initiative "4 per 1000", launched by France on 1 December 2015 at the COP 21, consists of federating all voluntary stakeholders of the public and private sectors (national governments, local and regional governments, companies, trade organisations, NGOs, research facilities, etc.) under the framework of the Lima-Paris Action Plan (LPAP).

The Initiative Forum "4 per 1000" has 359 partners (Dec. 2018 figure), out of which:

- 42 countries and regions
- 12 international organizations
- 14 foundations and development banks
- 110 Non-governmental organizations
- 80 research and teaching institutes
- 40 farmers' organizations ; and
- 61 private companies.

<https://www.4p1000.org/>

Landwirtschaftliche Praktiken zur Kohlenstoffspeicherung im Boden



Vermeiden von Brache



Zwischenfrucht



Agroforstwirtschaft



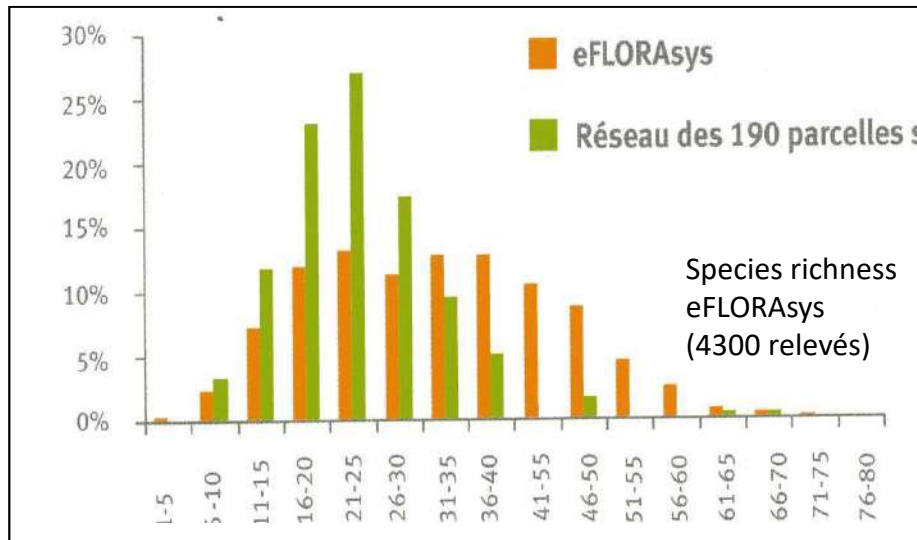
Grünland Benutzung



Landrestaurierung



Merkmale des Ökosystems Grünland



In Prairies permanentes Des références pour valoriser leur diversité (Launay et al., 2011)

Spontane Vegetationsdynamik = Aufforstung von Grasflächen.

- Notwendigkeit der Bewirtschaftung zur Erhaltung der Grasnarbe: Störung (Mahd, Beweidung) <-> Pflanzenfresser Viehhaltungssysteme

Pflanzendecke mit Tieren

- spezifische Funktionsweise von beweidetem Grünland

Komplexe Vegetationsdecke

- Artenreichtum im Dauergrünland
- ~ 30 Arten (10-60)

Mehrjährige krautige Pflanzen

- Hauptsächlich klonale Arten
- Hohe intra- und interspezifische Variabilität
- Nachhaltigkeit ist eine zu verwaltende Eigenschaft



Die Grünlandbewirtschaftung hat verschiedene Formen



Weidemanagement

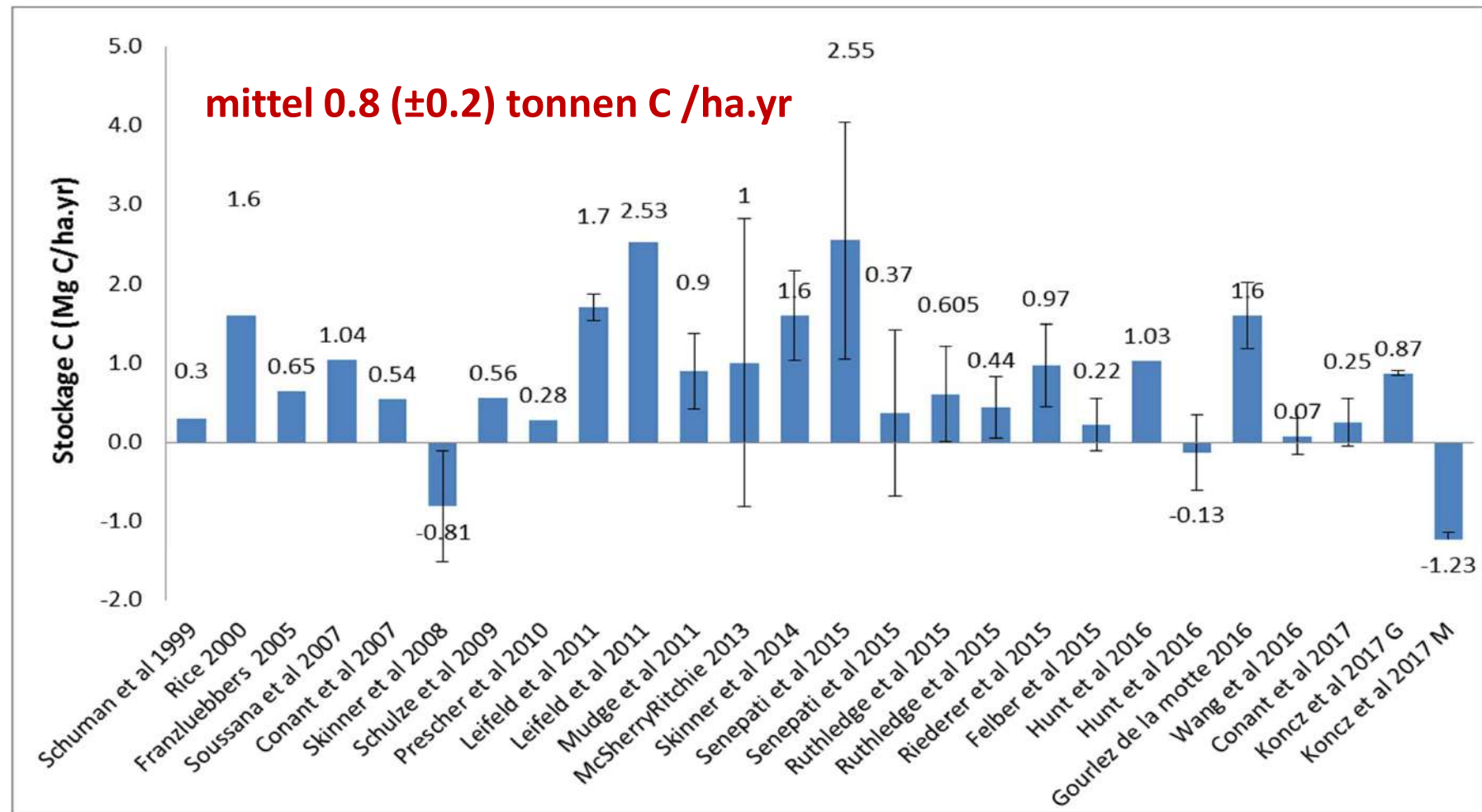


Brache ; Schnitt



**Düngung
und Verbesserung**

Literatur: C-Senken in Grünland (tonne C / ha.yr).

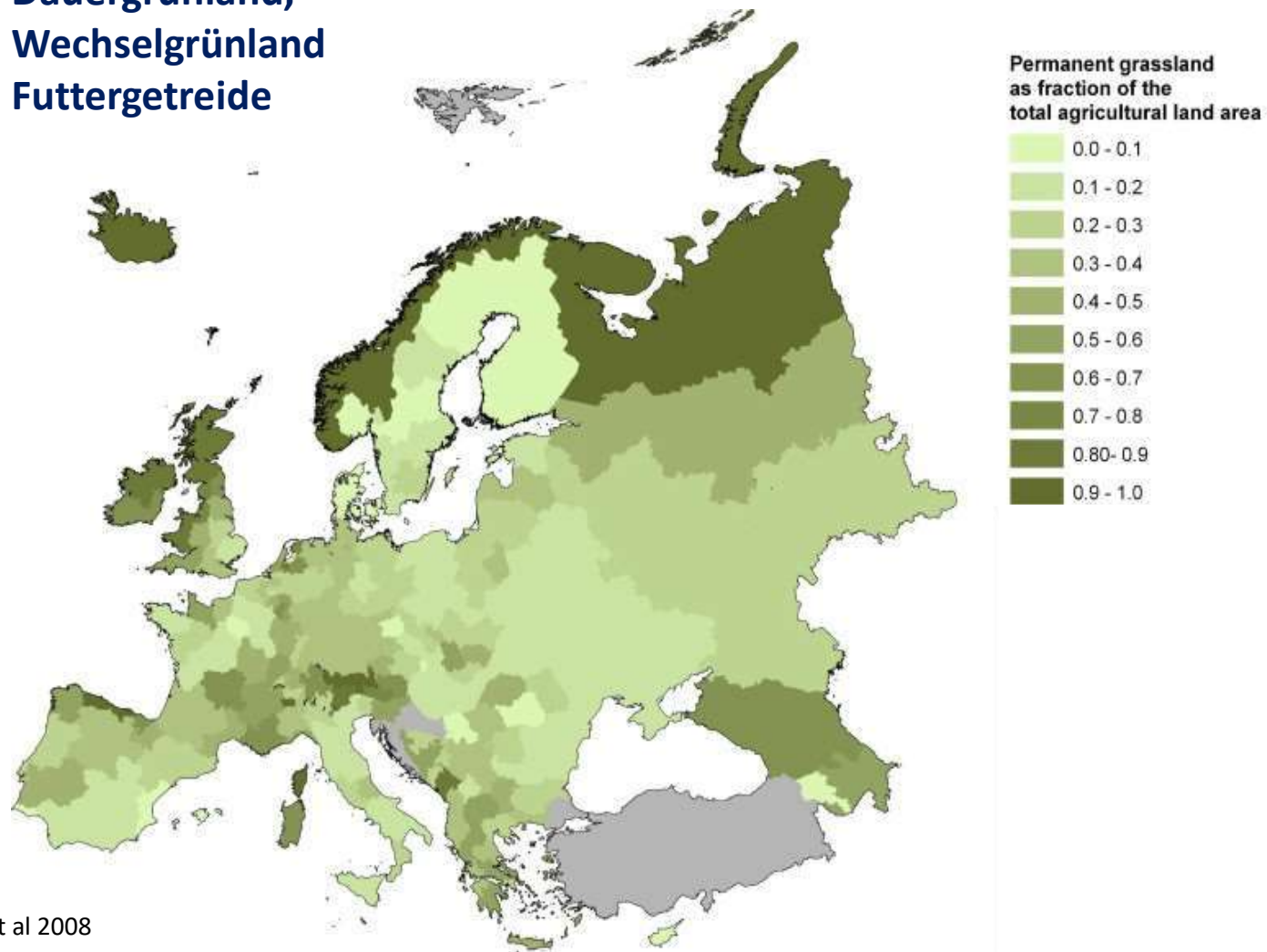


- **Beträchtliche Variation in Bezug auf Klima, Bewirtschaftung und Vegetationstyp**

EU grasslands

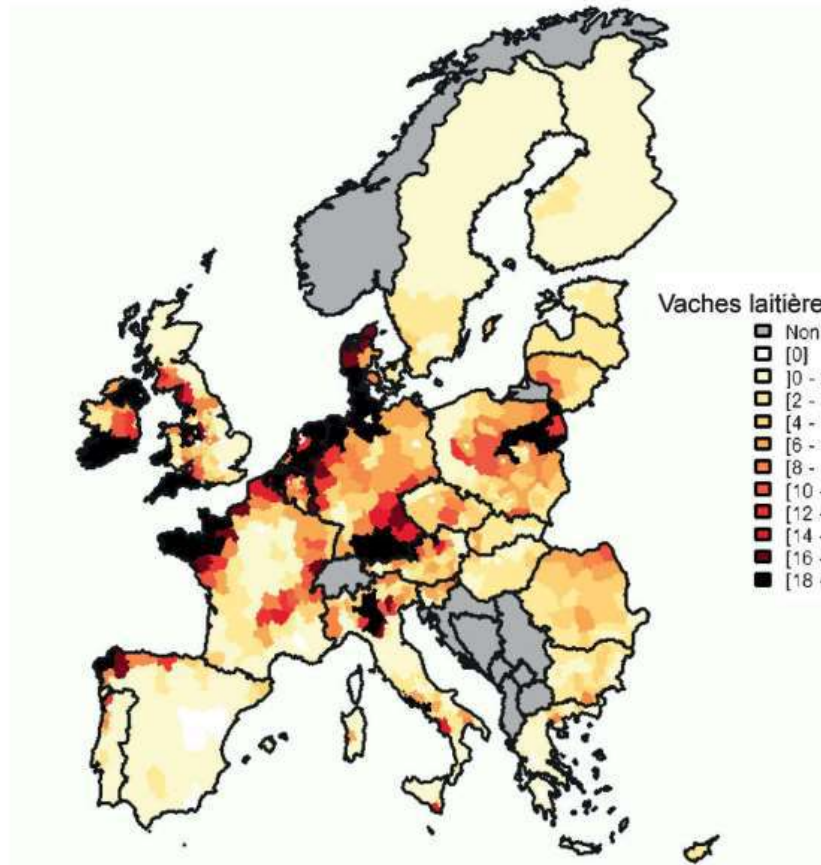
Etwa 50% der europäischen Landwirtschaftsfläche besteht aus Grünland, das für die Fütterung von Viehbeständen bestimmt ist.

74 Mha Dauergrünland,
10 Mha Wechselgrünland
35 Mha Futtergetreide

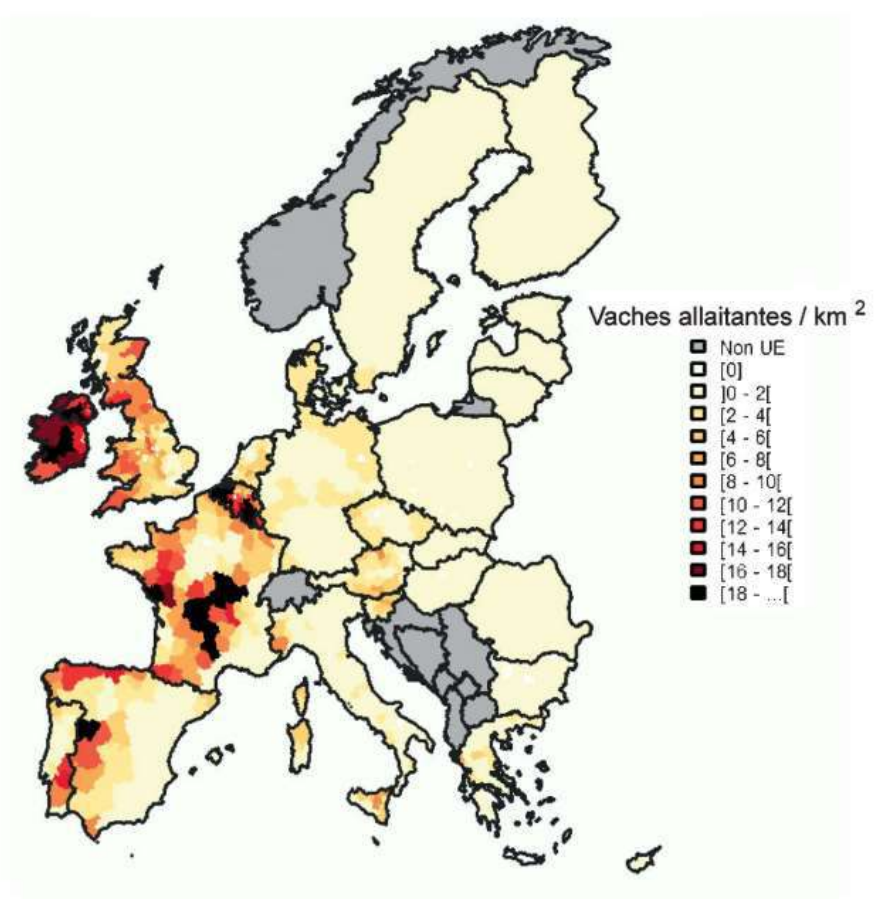


- Verteilung von Vieh in der EU (Eurostat 2015)

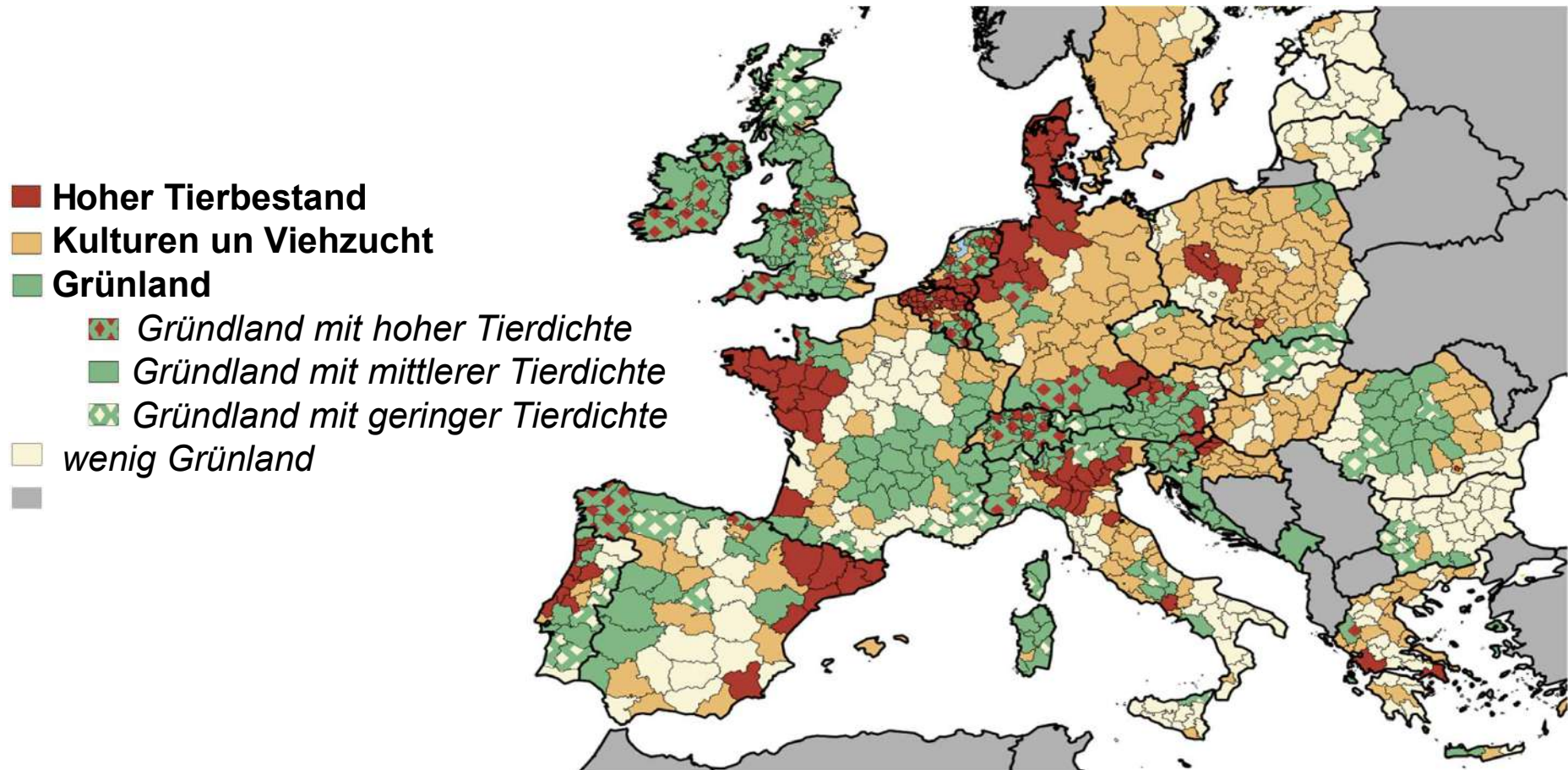
Milch



Fleisch

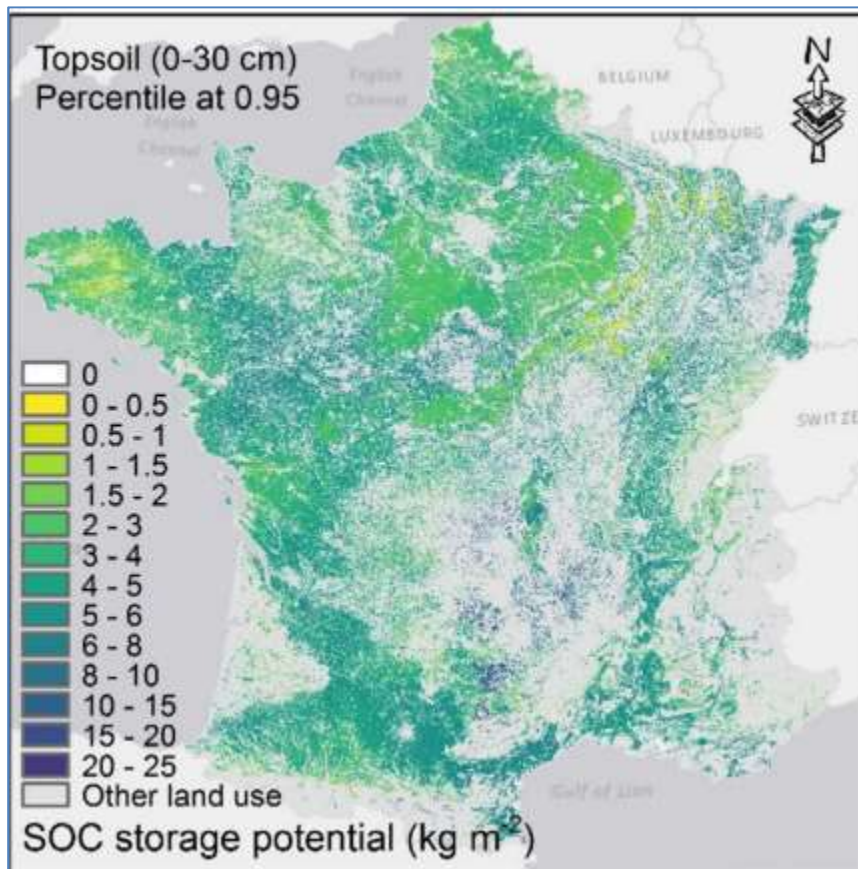


- **Typologie der europäischen Viehzuchtgebiete**

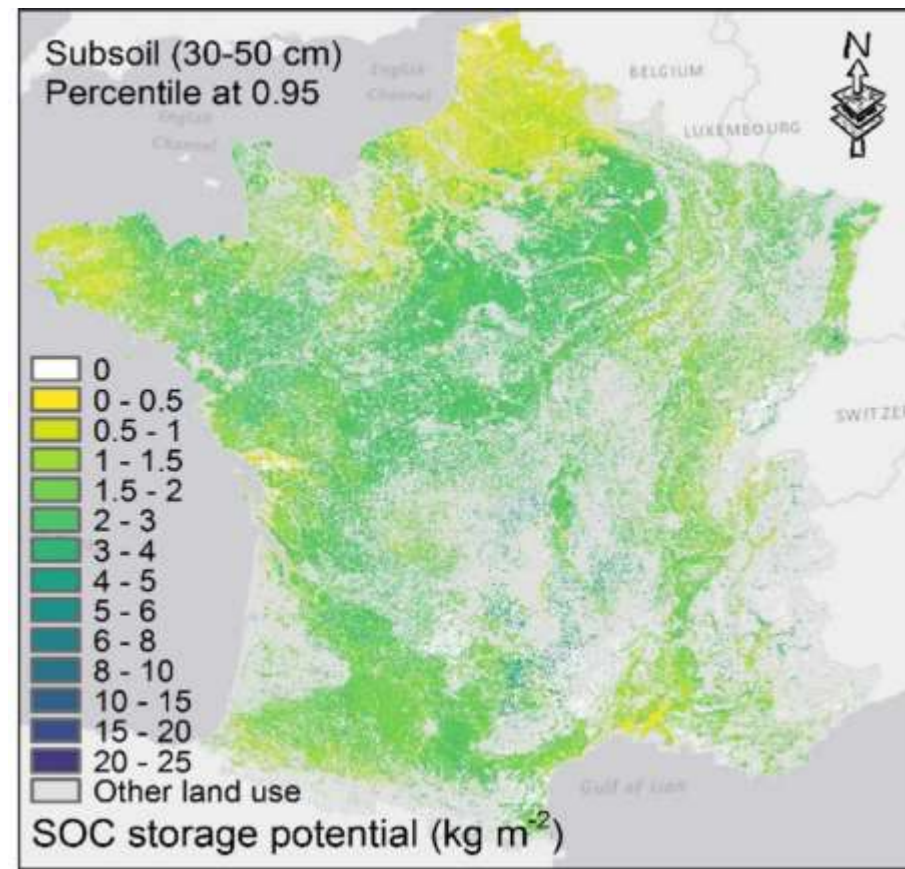


Wie viel organischen Kohlenstoff kann man noch im Boden speichern?

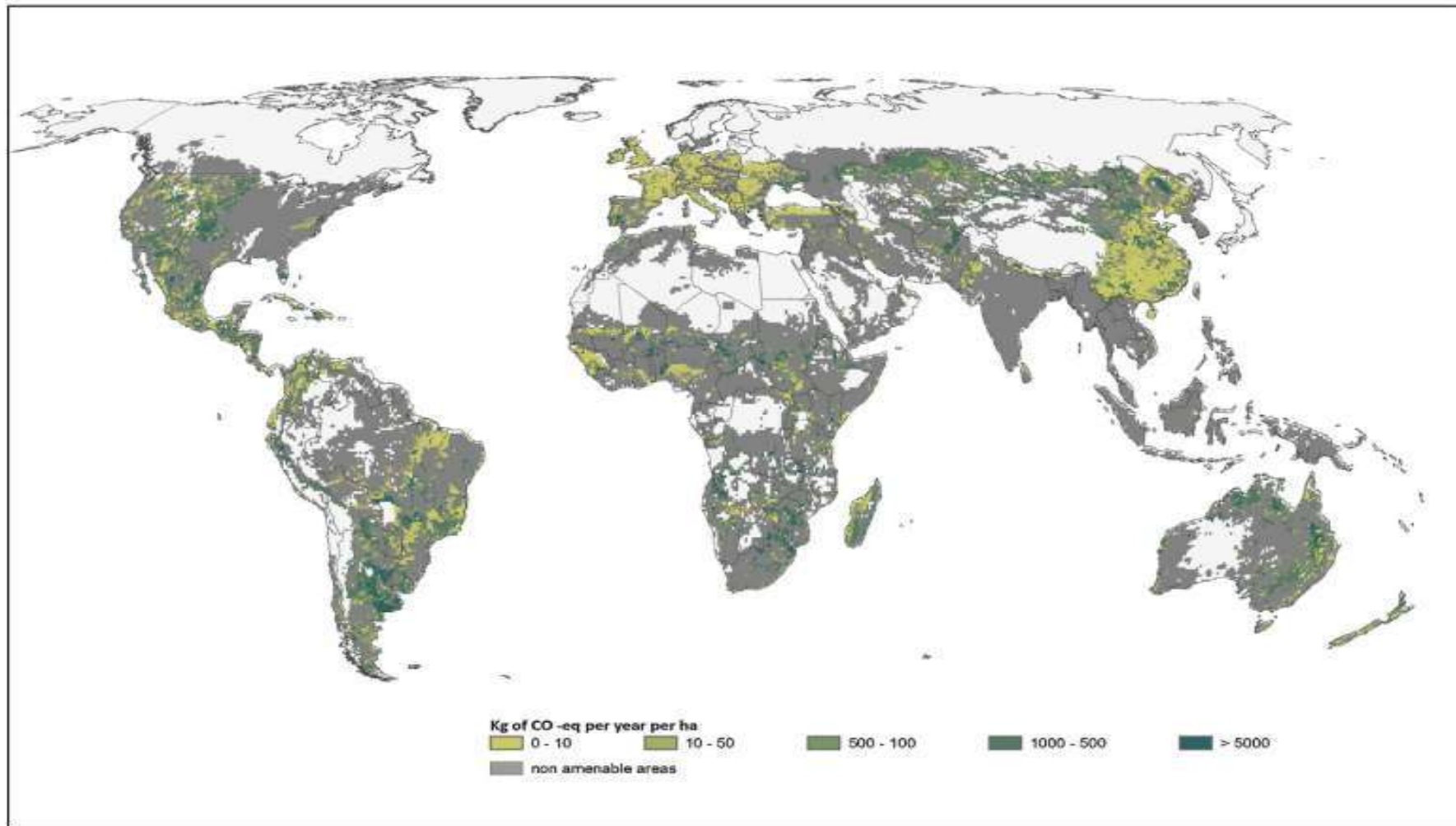
0-30cm



30-50cm

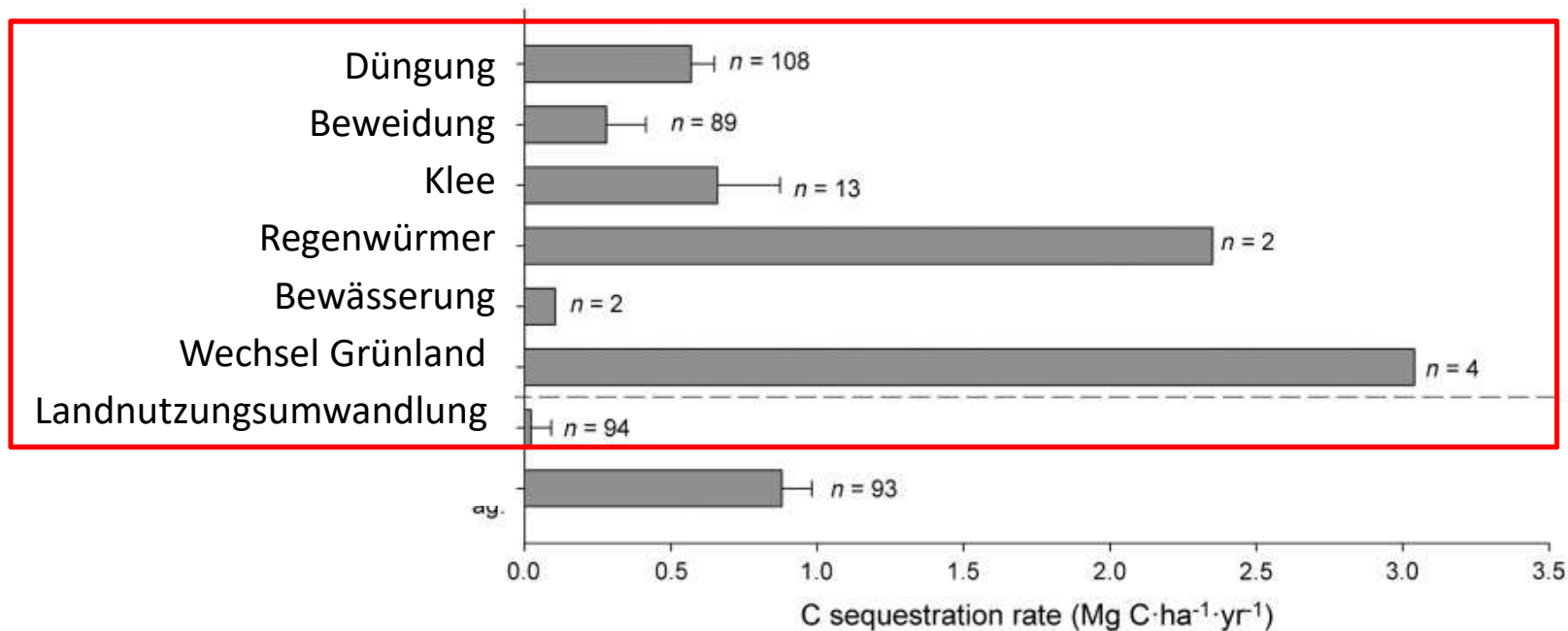
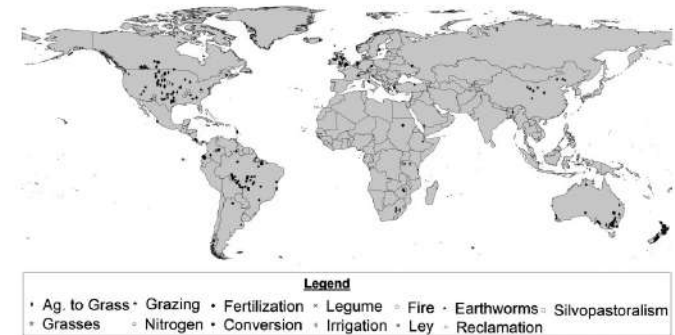


Wie viel organischen Kohlenstoff kann man noch im Boden speichern?



Positiver Effekt der Grünlandbewirtschaftung

Conant et al., 2017: Grassland management impacts on soil carbon stocks: a new synthesis

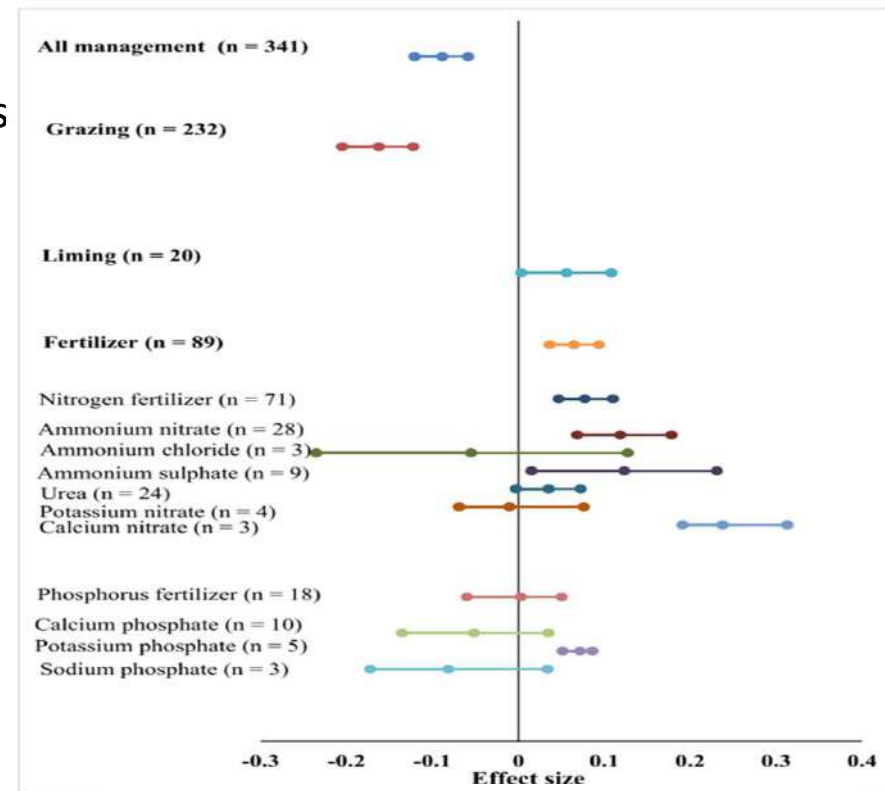
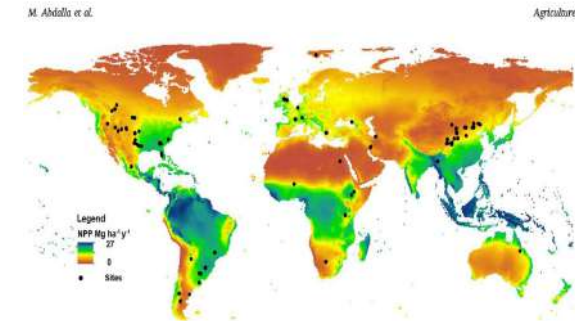


Negative Auswirkungen der Grünlandbewirtschaftung, insbesondere Weideintensität

Abdalla et al 2018 : Critical review of the impacts of grazing intensity on soil organic carbon

Brynes et al 2018 : A Global Meta-Analysis of Grazing Impacts on Soil Health Indicators

Eze et al 2018: Soil organic carbon stock in grasslands: Effects of inorganic fertilizers, liming and grazing in different climate settings



Effekt negativ

Positif

A black and white photograph showing a cross-section of soil. The top layer is dark and rich, with numerous roots extending downwards. A single plant stem with several leaves is visible, growing from the surface and extending into the soil. The soil below the top layer is lighter in color and appears more textured and crumbly. The overall scene illustrates the relationship between soil and plant life.

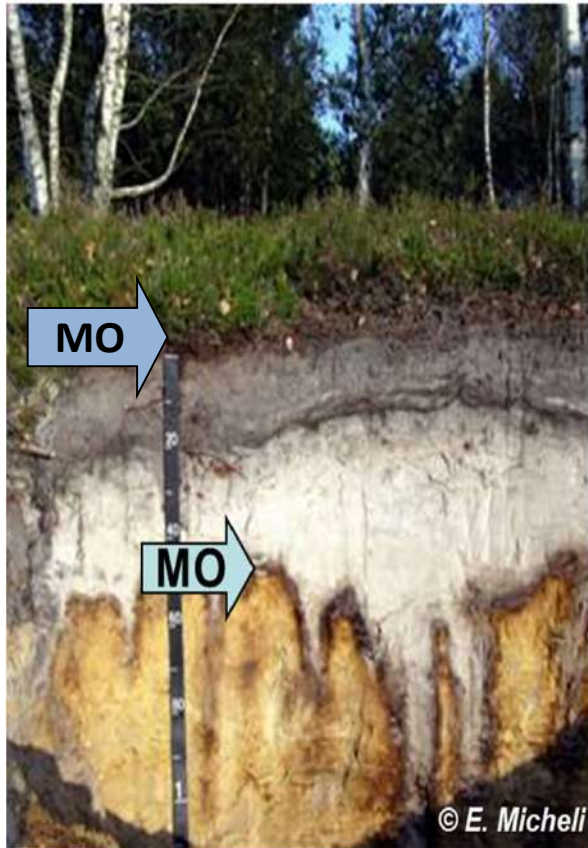
Einige Grundlagen Kohlenstoff in Böden

Der Kohlenstoffbestand (C) im Boden: Was ist damit gemeint?

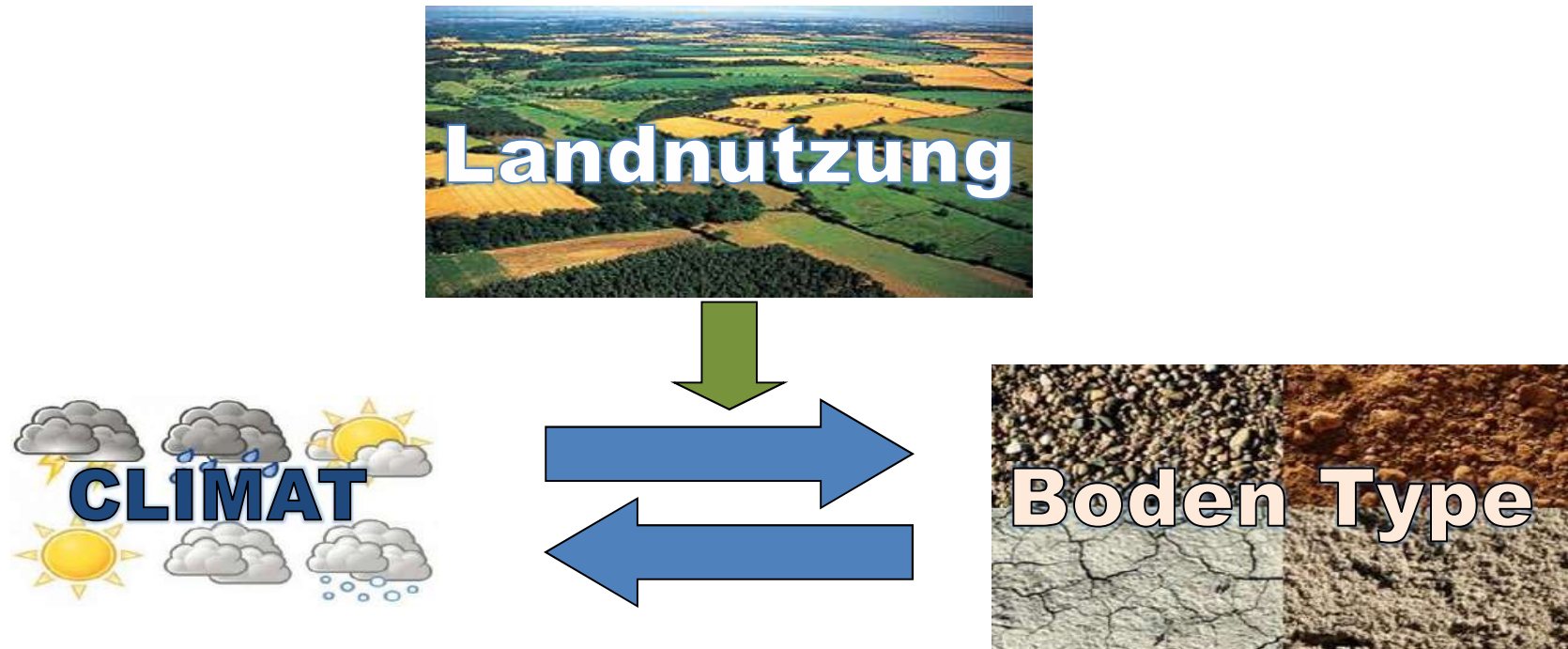
- Der Bodenkohlenstoffbestand bezieht sich oft auf den **organischen Kohlenstoff im Boden (SOC)**.
- Der SOC steht in engem Zusammenhang mit der Menge an **organischer Substanz** im Boden (organische Bodensubstanz) ($SOM = SOC \times 1,72$).
- **Organische Stoffe (OM)**
- = Kohlenstoffverbindungen pflanzlichen und tierischen Ursprungs.
- Sie werden durch C-Inputs versorgt Einstreu, Wurzeln, Org-Düngung, Weidegang ...



Organischer Kohlenstoff im Boden

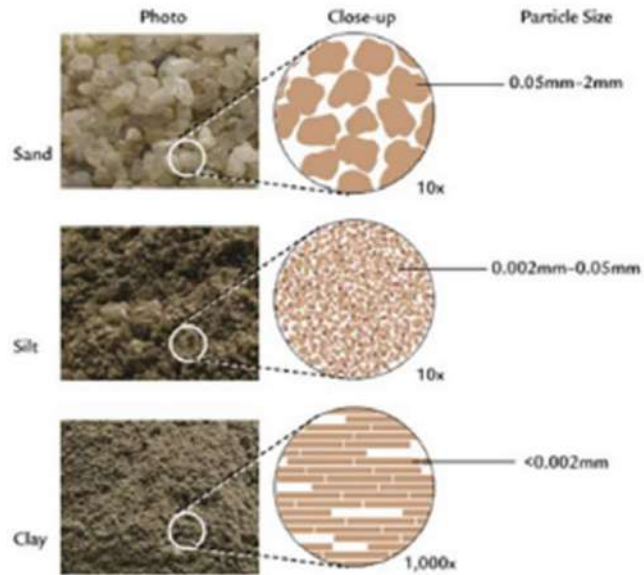


- **Boden C Bestand (Erbe)**

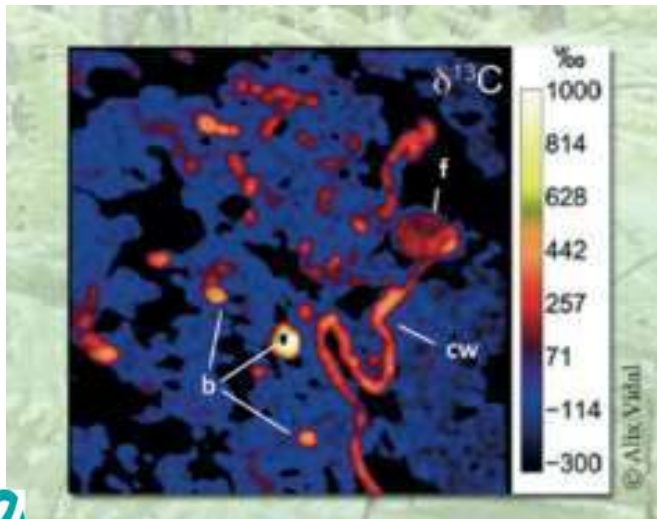
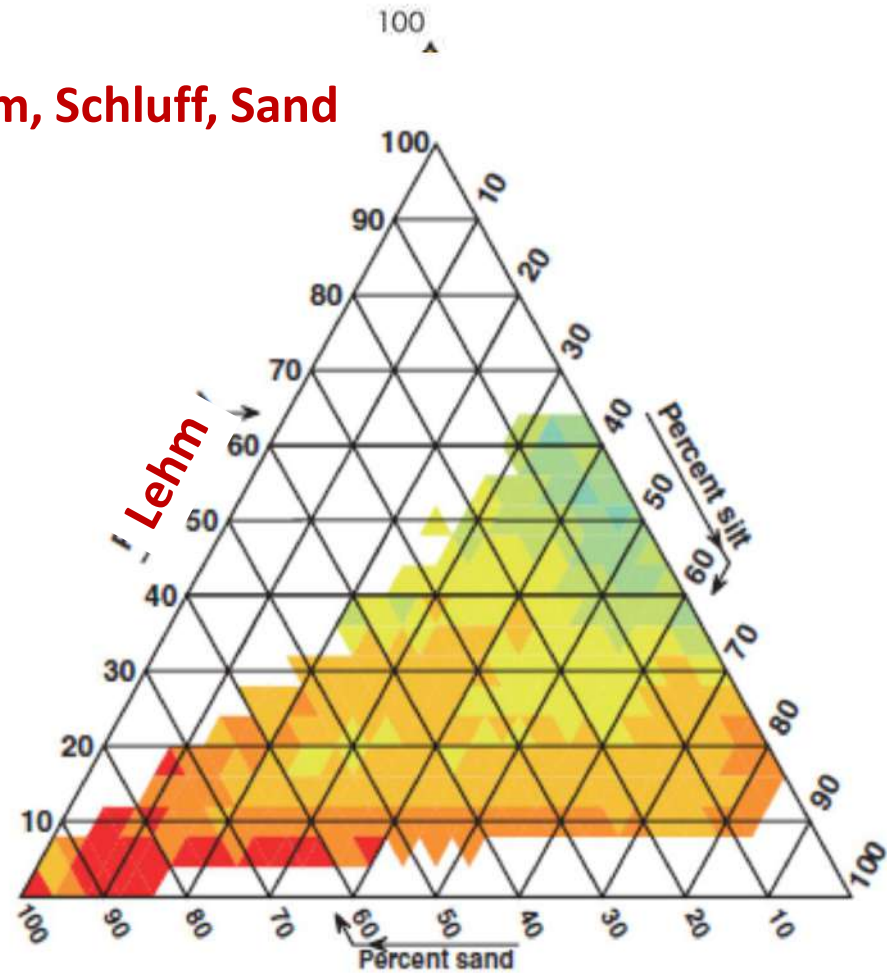


- **Langfristig hängt der Bestand an C (Erbe) von folgenden Faktoren ab**

C Bestand hängt von der Bodentextur ab

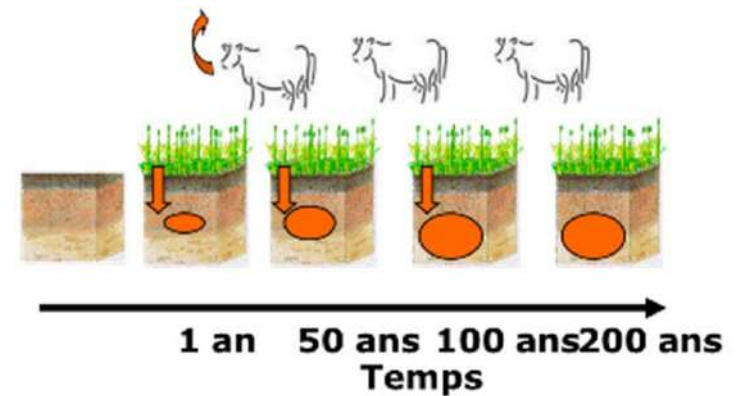
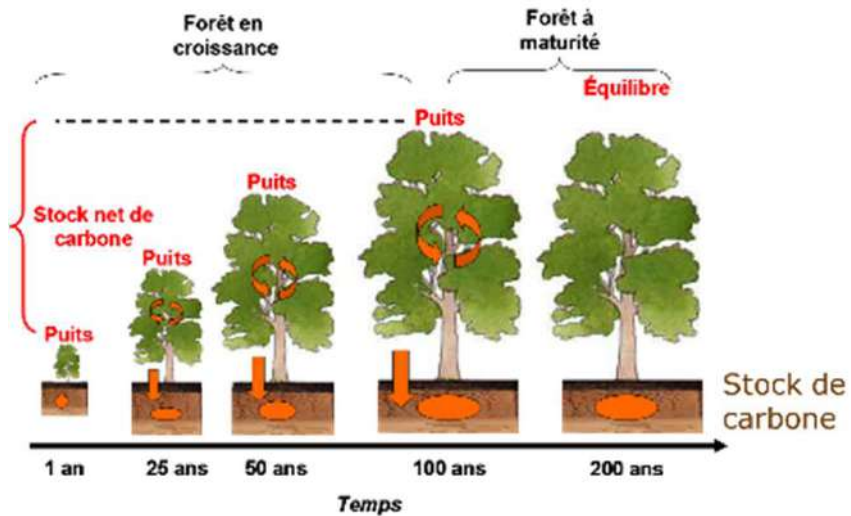


Lehm, Schluff, Sand

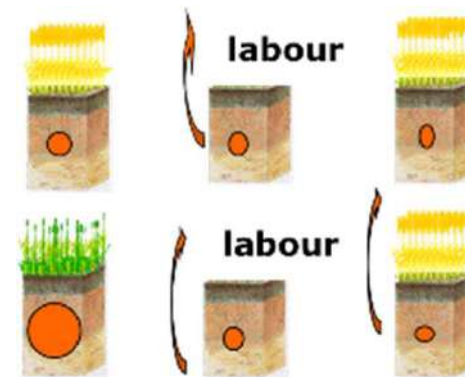


C Bestand hängt von der Nutzung von Land ab

Wald und Grasland = **Kohlenstoffsinken...**

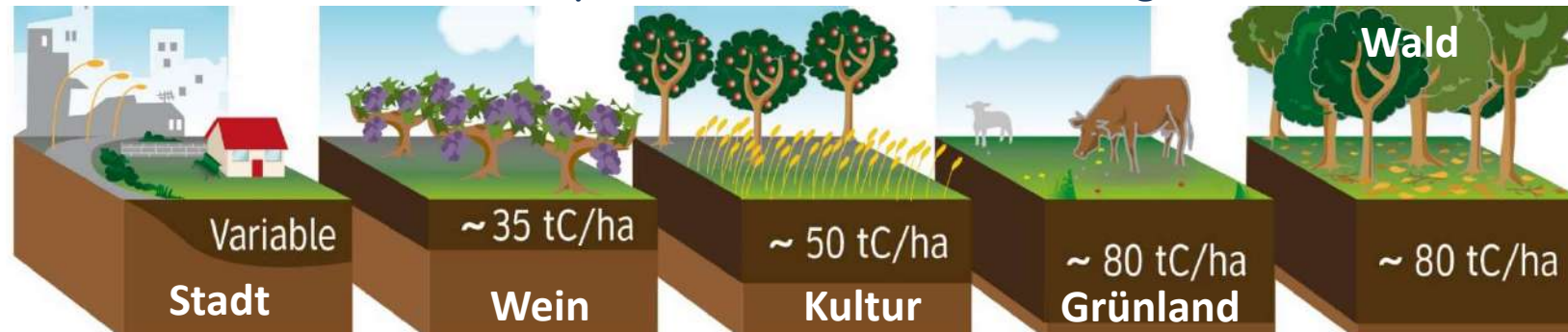


Ackerbau =
**schwache/starke
Kohlenstoffquelle**

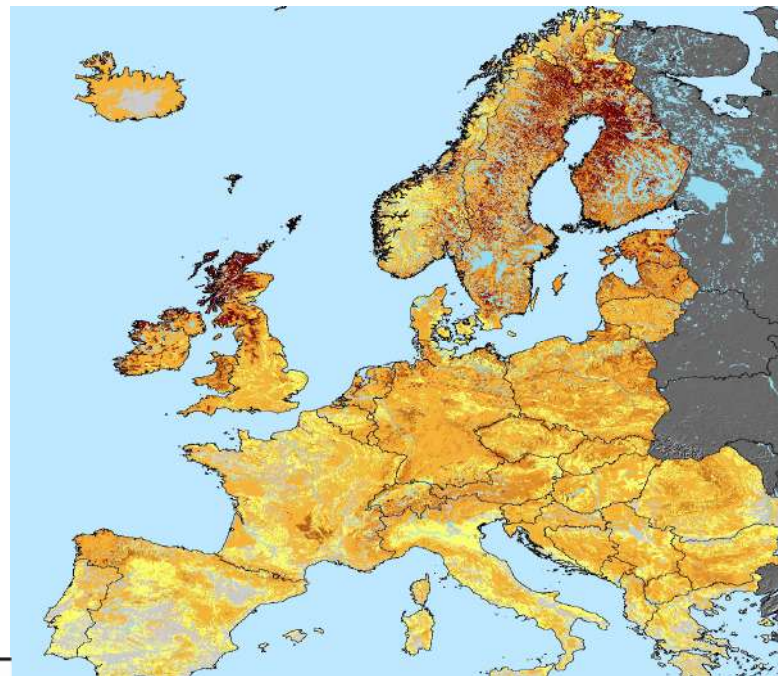
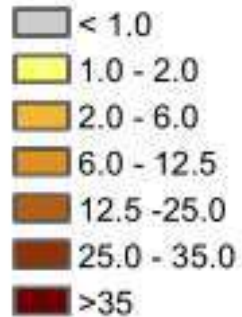


Kohlenstoffbestand im Boden

- Mittlerer C-Bodenbestand pro historischer Landnutzung



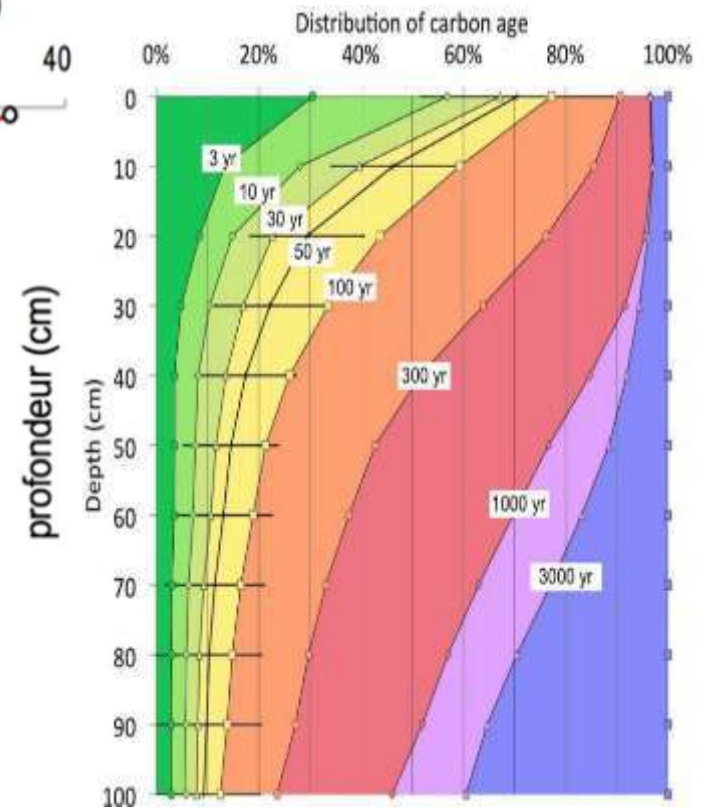
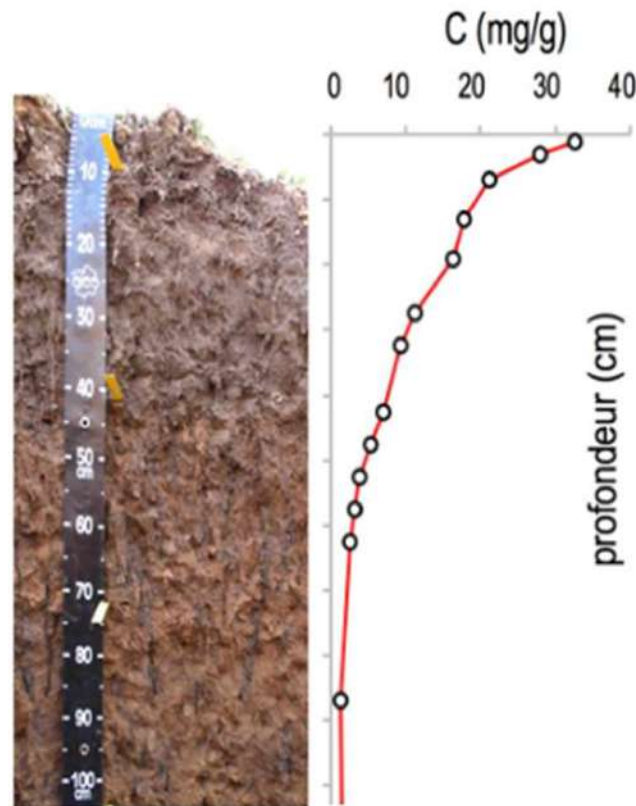
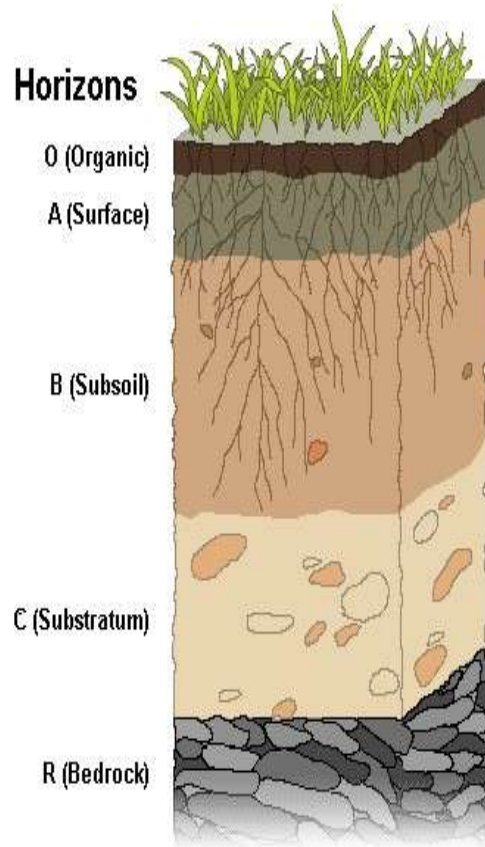
Organic Carbon (%)



A black and white photograph showing a cross-section of soil. The top layer is dark and rich, with many roots from plants above extending downwards. The soil below is lighter and more textured, showing signs of cracking and erosion. The overall scene illustrates the interaction between organic matter and soil structure.

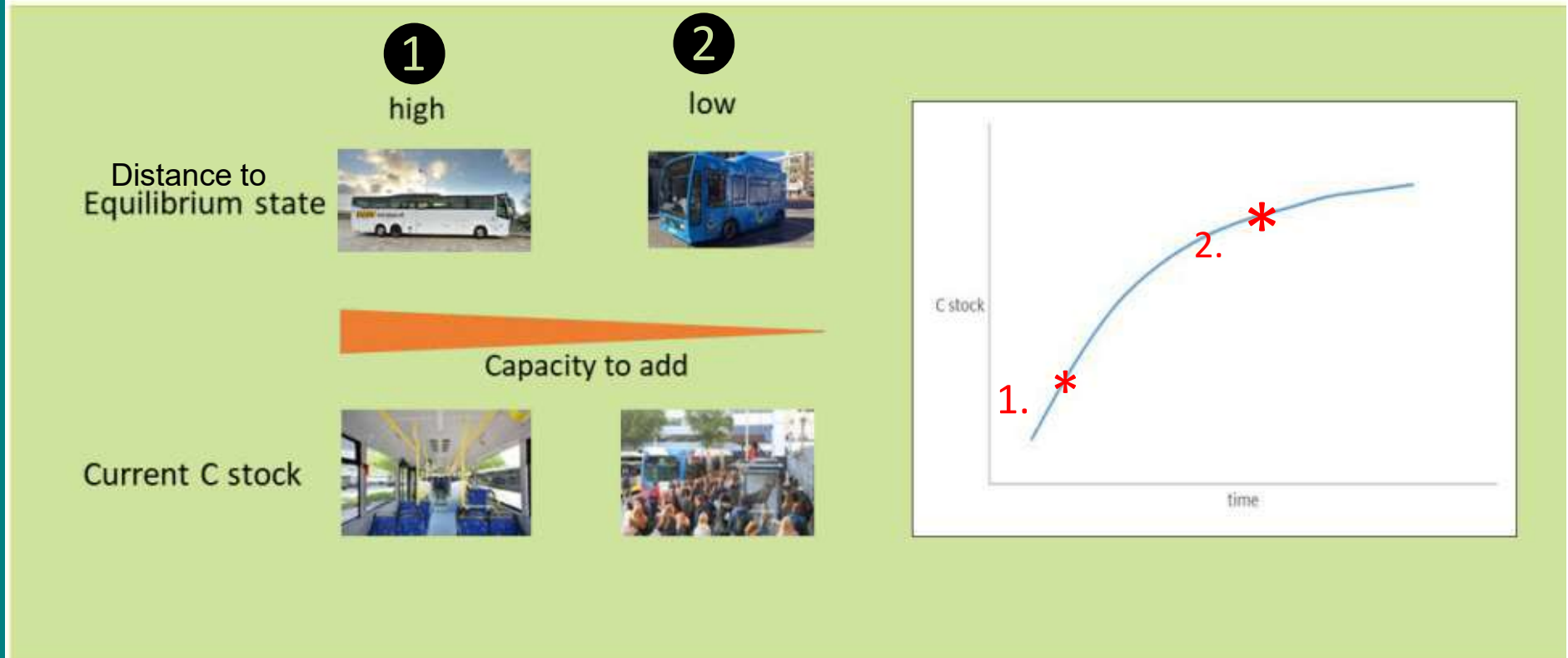
**Wie lange bleibt
organischer Kohlenstoff
im Boden, vor allem in
tieferen Schichten?**

Die vertikale Verteilung des organischen Kohlenstoffs in diesem Boden. aktuelle Altersverteilung des Kohlenstoffs



(Balesdent *et al.* (2018)).

- Bedeutung des anfänglichen C-Bestands im Boden (Erbe des Bodens)

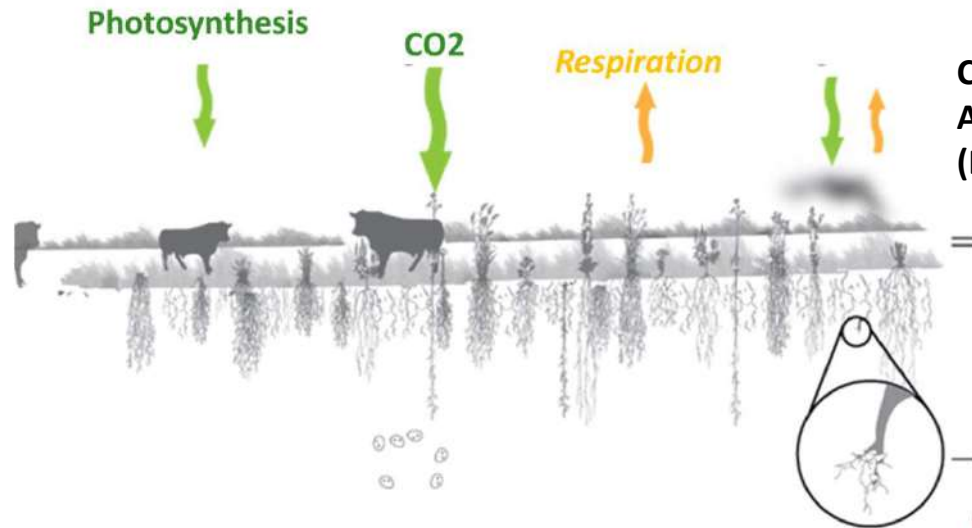


- 1) Maßnahmen zur Speicherung von mehr Kohlenstoff
- 2) Maßnahmen zur Erhaltung von vorhandenem Boden Kohlenstoff

A black and white photograph showing a cross-section of soil. The top part of the image shows dry, tangled plant roots and stems. Below this, the soil is dark and appears to have a crumbly, aggregated structure. A single, long, thin root extends vertically from the top layer down into the soil. The text is overlaid in the center of the image in a bold, yellow font.

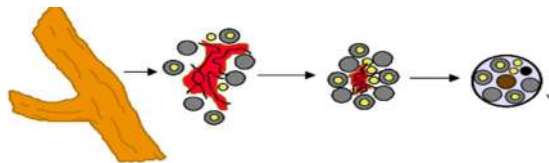
**Mechanismen, die sich auf die
Dynamik der
Kohlenstoff Speicherung
von Böden auswirken**

- **Kohlenstoffspeicherung ist ein aktiver Prozess**



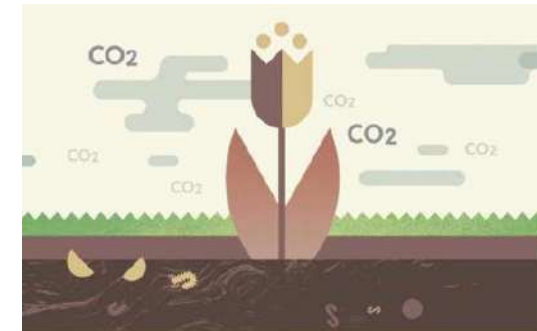
CO₂-Assimilation durch Photosynthese
 Aufbau von ober- und unterirdischer Biomasse
 (Blätter und Wurzeln) -> organische Substanz

Durch Zersetzungsprozesse
 wird die organische Substanz
 unter Freisetzung von CO₂
 immer stabiler.



C-Senke

..... Aufbau von
 Humus- und Boden-C

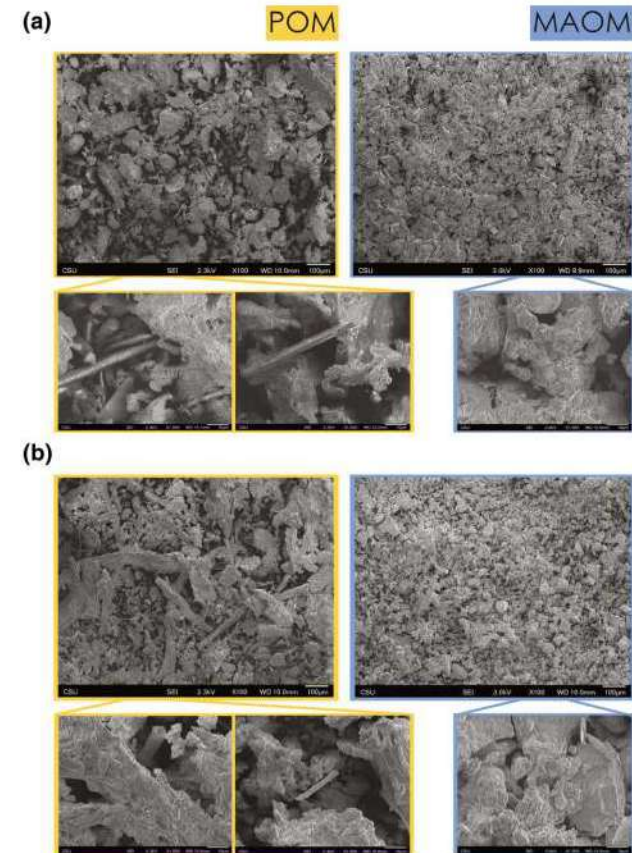
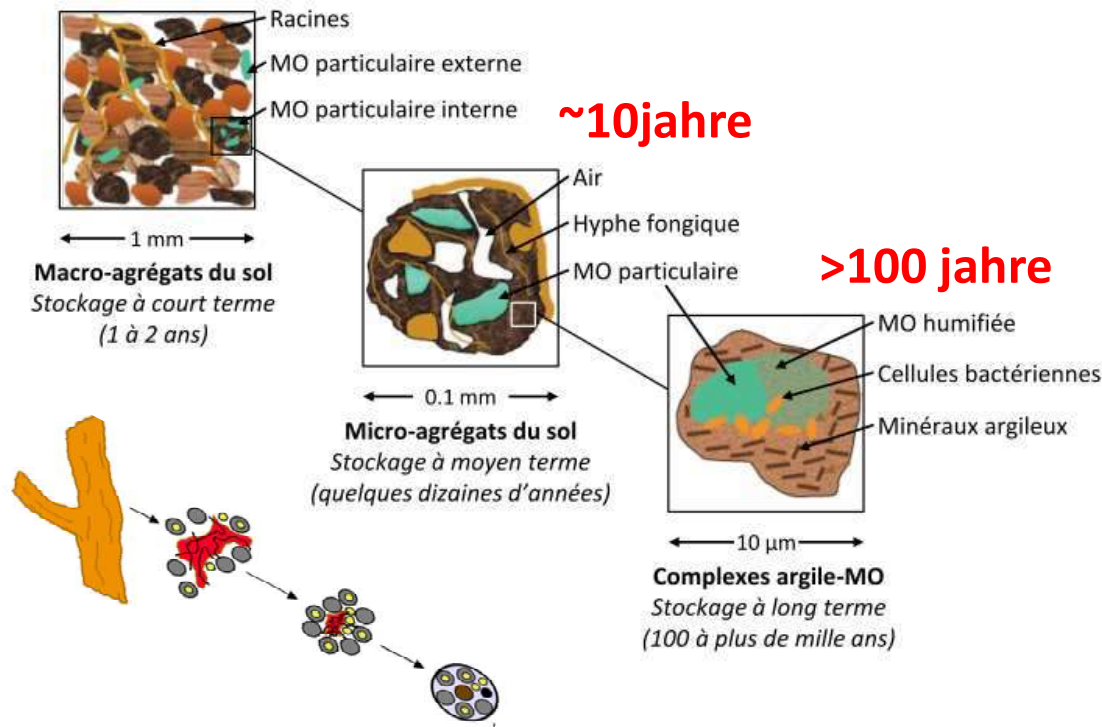


Mit der Zeit wird pflanzliche
 Biomasse alt und alt
 wird in den Boden
 eingearbeitet.



- Kohlenstoffspeicherung ist ein aktiver Prozess

~1-2 Jahre



Durch Zersetzungsprozesse wird die organische Substanz unter Freisetzung von CO₂ immer stabiler.

Vegetation Boden

Artenmischung

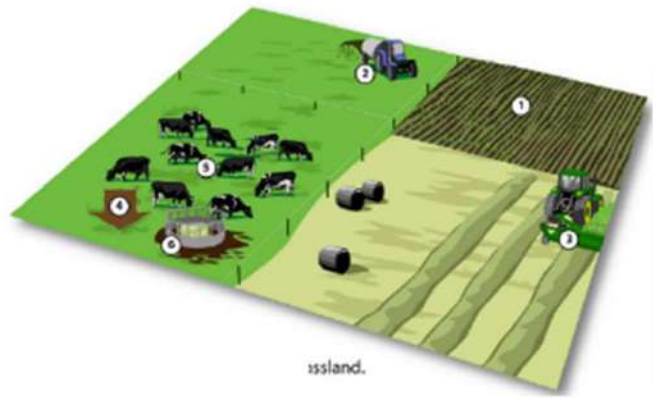
Dünger (N, P, K)

Fruchtfolge

Austrag von C (Verwertung)
Intensität und Frequenz
(Mähen, Weiden)

Importe von C
+ Hofdünger
+ Kompost

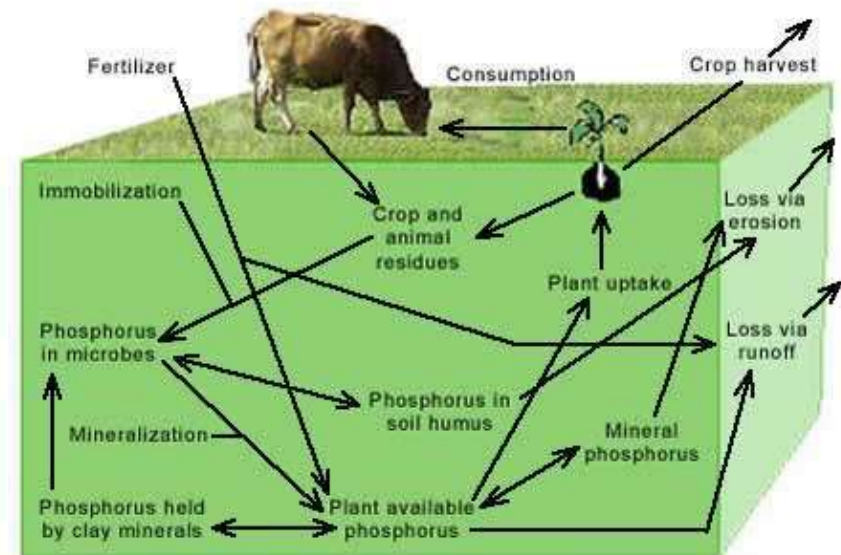
Verluste, Pflügen
Drainage



Kohlenstoff senke

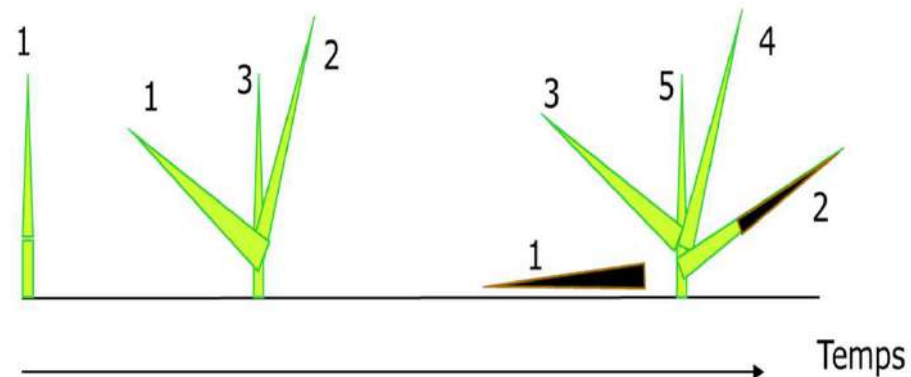
Managementpraktiken ... was man hinterlässt

- Beeinflusst die Geschwindigkeit des Nachwachsens
- Beeinflusst das Wurzelwachstum
- Beeinflusst die Bodentemperatur
- Beeinflusst die organische Substanz
- Beeinflusst die Wasserinfiltrationsrate und die Wasserspeicherkapazität
- Beeinflusst den Nährstoffkreislauf



Auswirkungen der Grünlandnutzung

- Es braucht Blätter (und die Entlaubung von Blättern), um Blätter wachsen zu lassen.
- Das neu wachsende Blatt bezieht Kohlenhydrate aus
 - **Wurzeln, Kronen, Stämmen oder älteren Blättern,**
 - bis der Wachstumsbedarf des Blattes durch die eigene Energieproduktion gedeckt werden kann.
- Einmal gebildet, ist ein einzelnes Blatt **nur von kurzer Dauer.**
- Im mittleren Alter produziert es mehr Energie, als es verbraucht, und exportiert Assimilate an andere Teile der Pflanze.
 - Zu diesem Zeitpunkt hat es das größte Trockengewicht und ist am nahrhaftesten.
- **Die Blattseneszenz (langsames Absterben) beginnt kurz nach dem mittleren Alter an der Spitze und breitet sich nach unten aus.**



Auswirkungen der Grünlandnutzung

- Entlaubung stresst Pflanzen, da sie die Photosynthese reduziert oder ausschaltet.
- Entlaubung stoppt die Nährstoffaufnahme aus dem Boden.
 - Bei Leguminosen wird die Stickstofffixierung innerhalb weniger Stunden nach der Ernte eingestellt.
- Die Futterproduktion wird erheblich reduziert, wenn häufig **und mehr als die Hälfte der Blattoberfläche** entfernt wird und nicht mehr nachwächst (z. B. durch ständige Beweidung, häufige Schnitte).
- **Es ist von entscheidender Bedeutung, durch eine ordnungsgemäße Bewirtschaftung genügend Blätter zu erhalten.**
- **3 Blätter Regel**

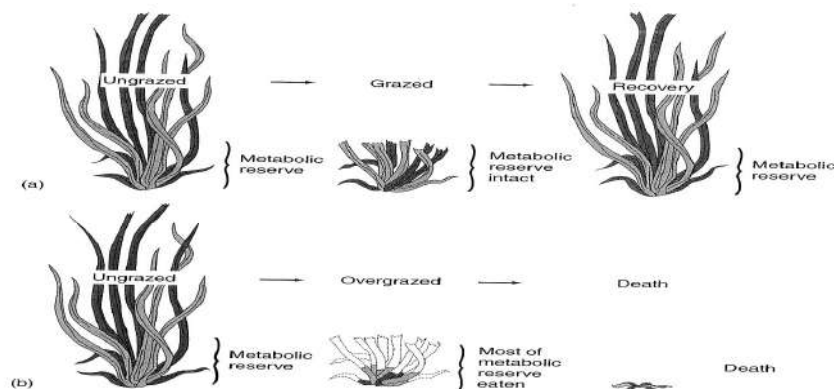
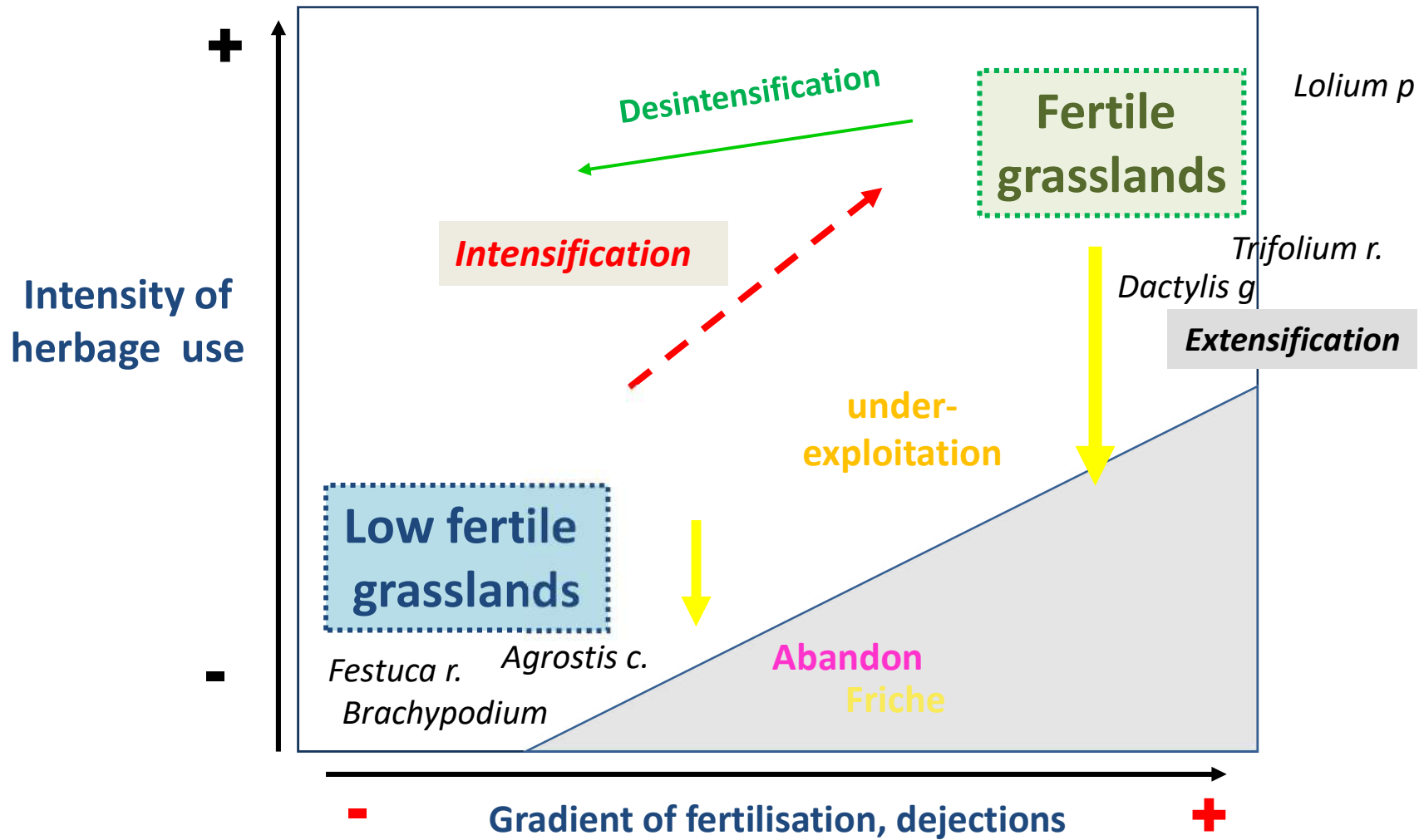


Figure 5.3 Grasses can be grazed without damage if 50% to 70% of the leaf and stem material by weight is intact as a metabolic reserve. Without this material, the plant will eventually shrink and die. (From Owen et al. 1998.)



Grassland systems affected by practices and environment



A black and white photograph showing a cross-section of soil. The top layer is dark and rich, with several plant roots extending downwards. A single plant stem with long, narrow leaves is visible on the right side, extending from the surface into the soil. The soil below is lighter and appears more textured and cracked.

**Bewirtschaftungsmethoden die
sich auf die
Kohlenstoffspeicherung
auswirken ?**

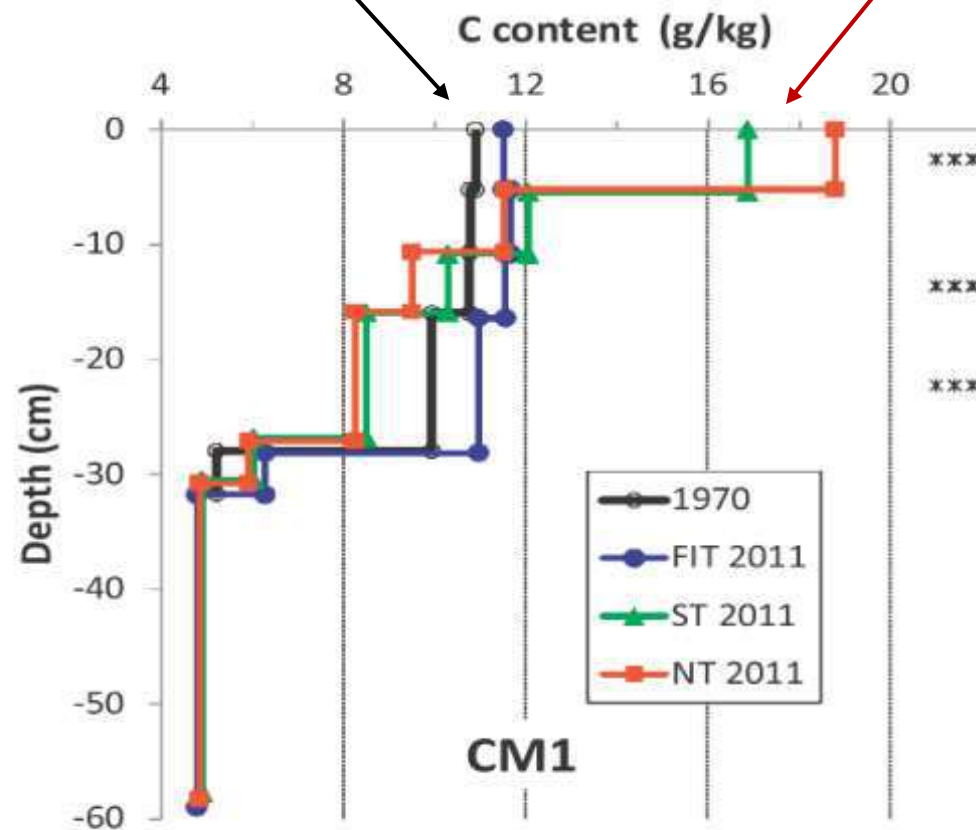
Bodenbearbeitung



Bewirtschaftung, die die Kohlenstoffsequestrierung beeinflusst - (Nicht-) Bodenbearbeitung

Bearbeitung
konventionelle Bodenbearbeitung (FiT)

Nicht-Bearbeitung des Bodens (NT)
oberflächliche Bodenbearbeitung (ST)



Séquestration C

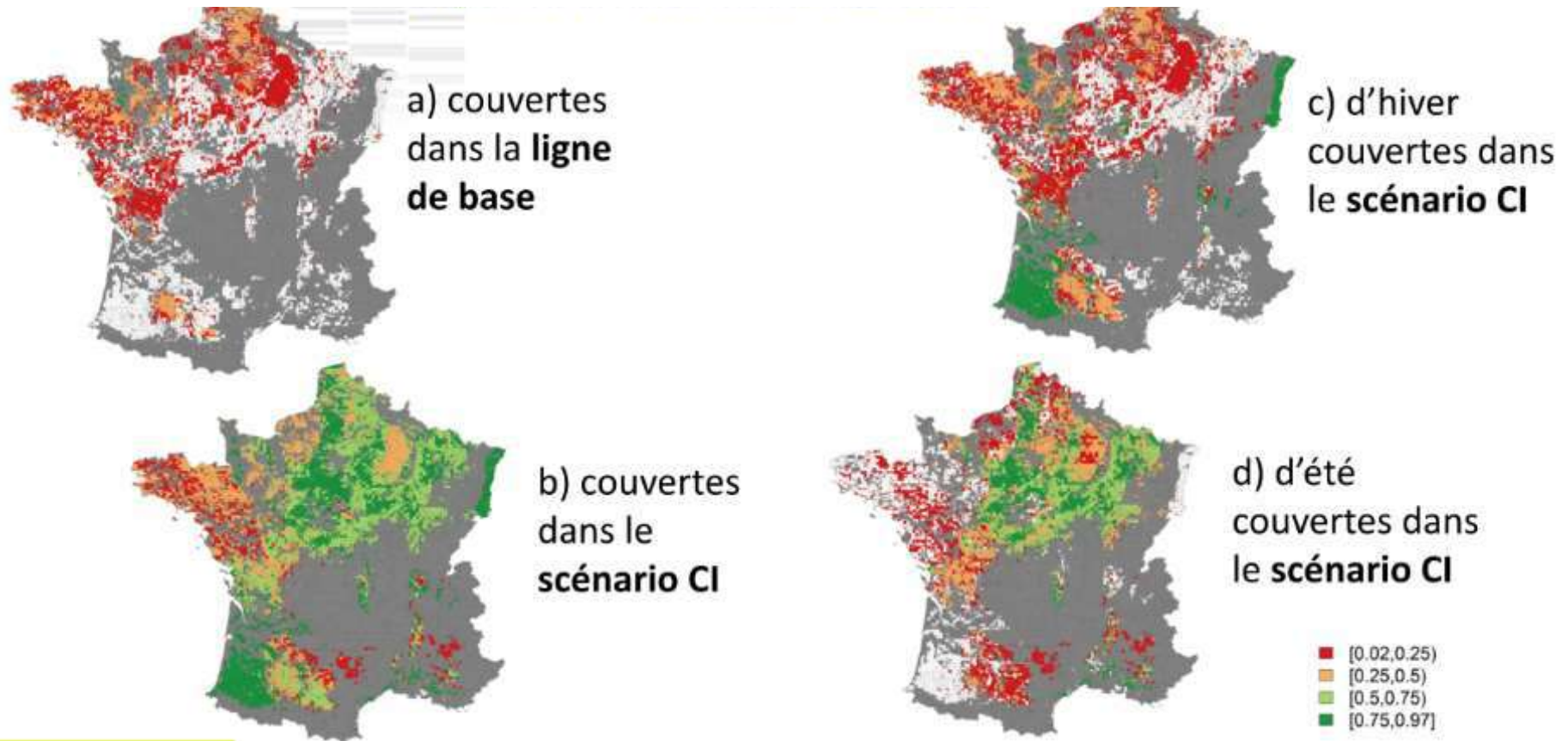
Dimassi et al 2014 Luo et al. 2010 AGEE
Meta analyses (69 sites)

Zwischenfrüchte



"Einfügen und Verlängern von Zwischenfrüchten"

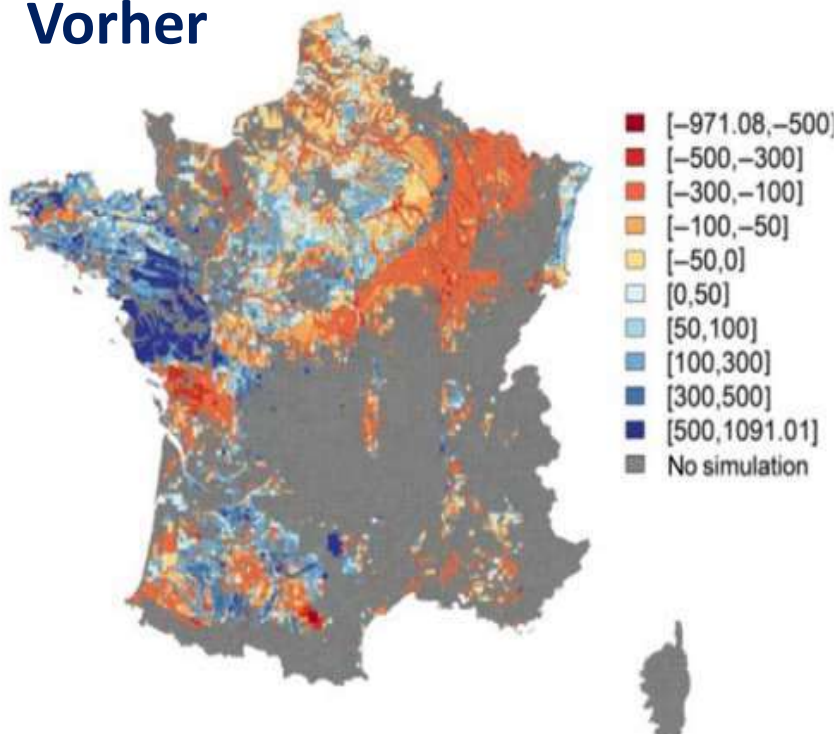
Anteil von Zwischenfrüchten in der Fruchtfolge



"Einfügen und Verlängern von Zwischenfrüchten"

Stockage additionnel absolu (kgC/ha/an) sur 0-30 cm avec le scénario

Vorher



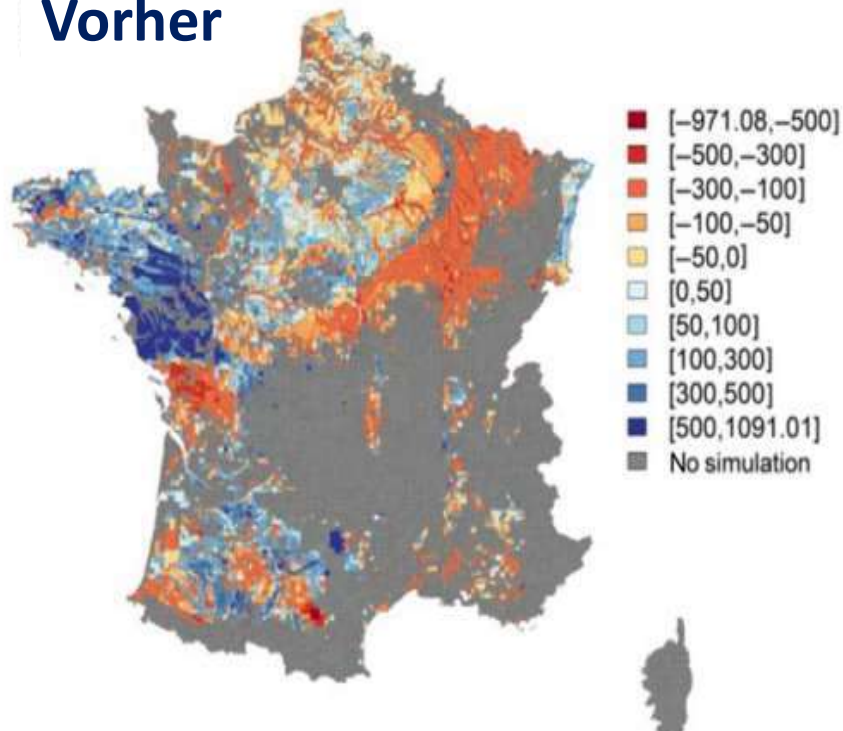
Kultures

-59 (± 160) kg C ha⁻¹yr⁻¹

"Einfügen und Verlängern von Zwischenfrüchten"

Stockage additionnel absolu (kgC/ha/an) sur 0-30 cm avec le scénario

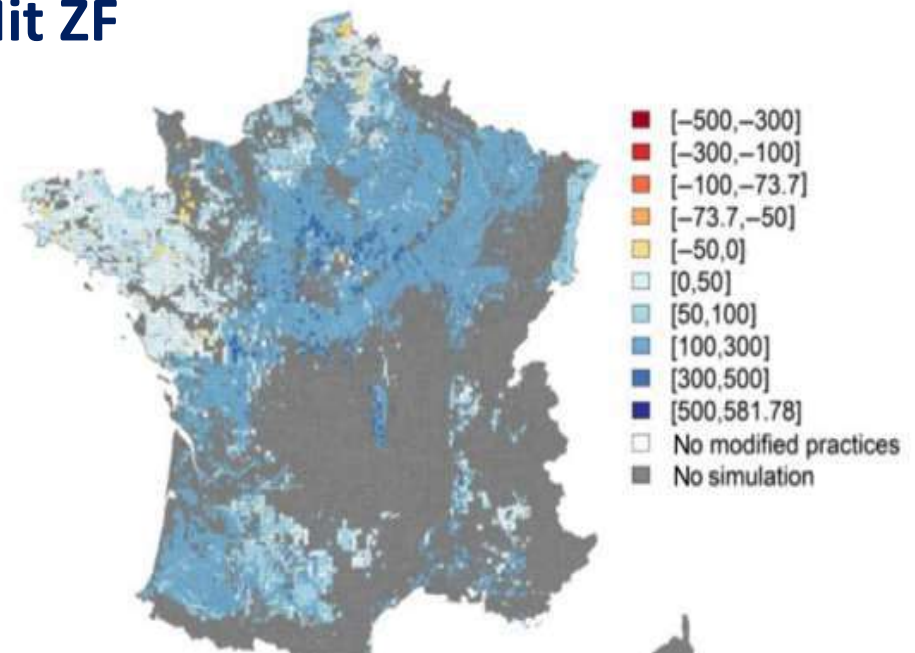
Vorher



Kultures

-59 (± 160) kg C ha⁻¹yr⁻¹

Mit ZF



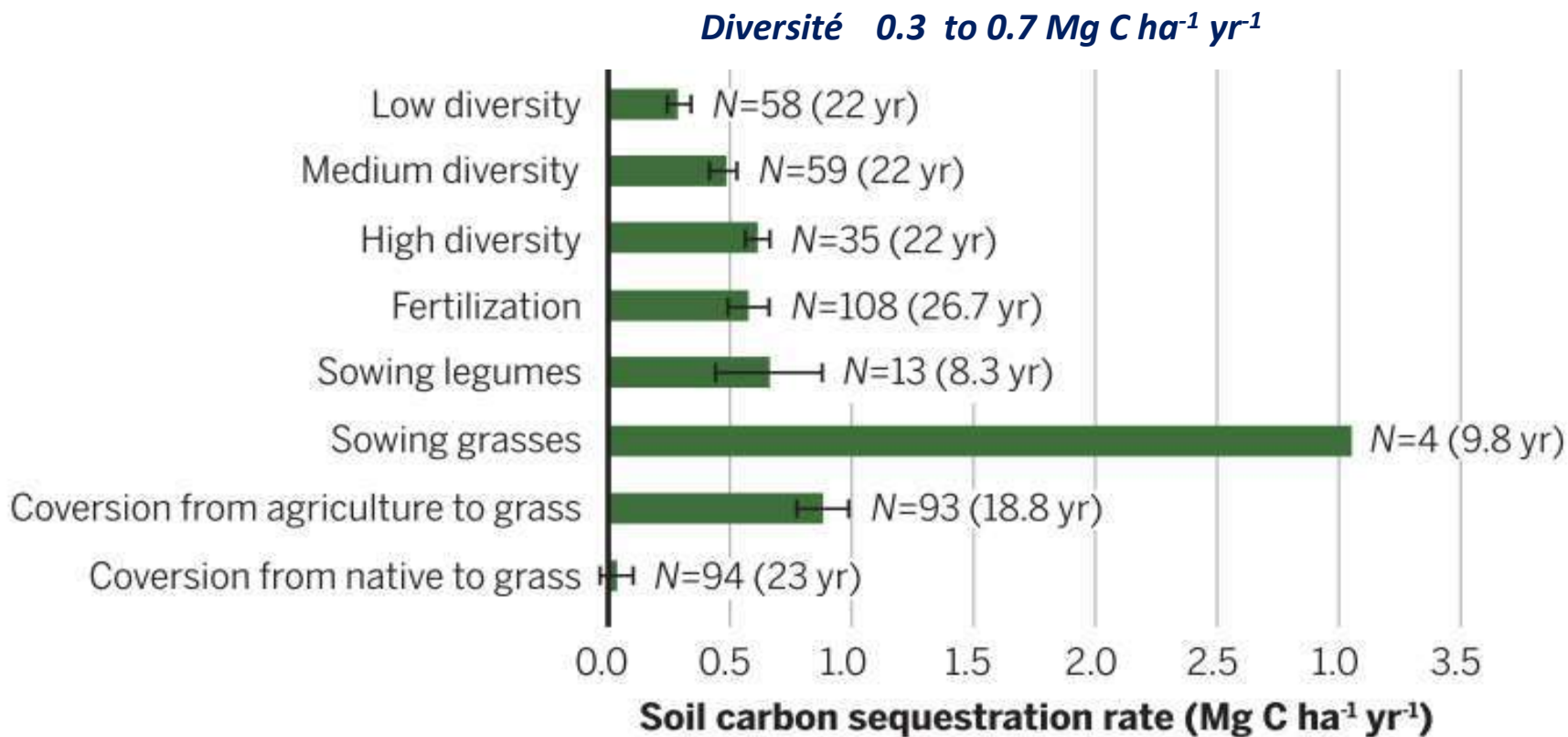
Avec Ci

+126 kg C ha⁻¹yr⁻¹

Artenmischung und Einfügen von Grünland in die Fruchtfolge



Grünland Bewirtschaftung : Artenvielfalt

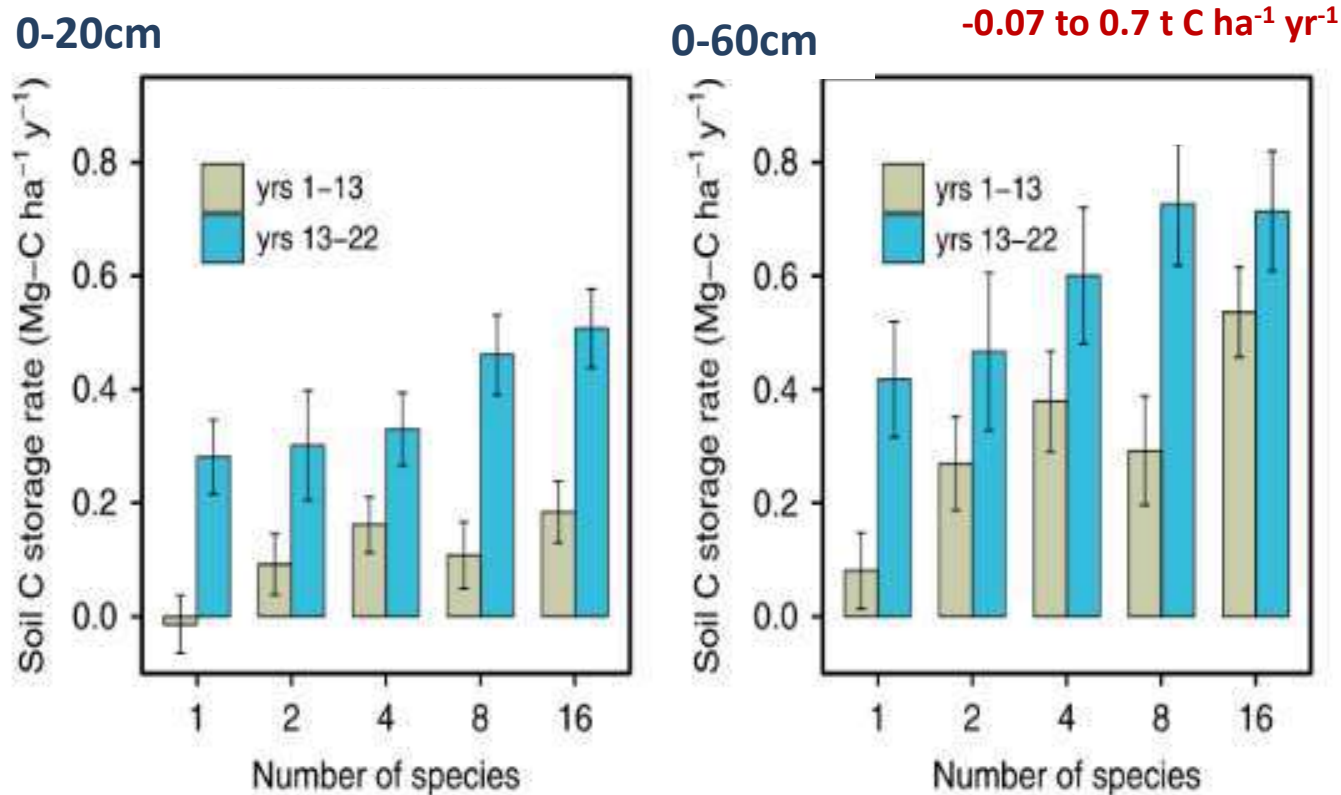


Séquestration C

Grünland Bewirtschaftung :

- Artenvielfalt
- Einfügen von Wechsel Grünland in die Fruchtfolge

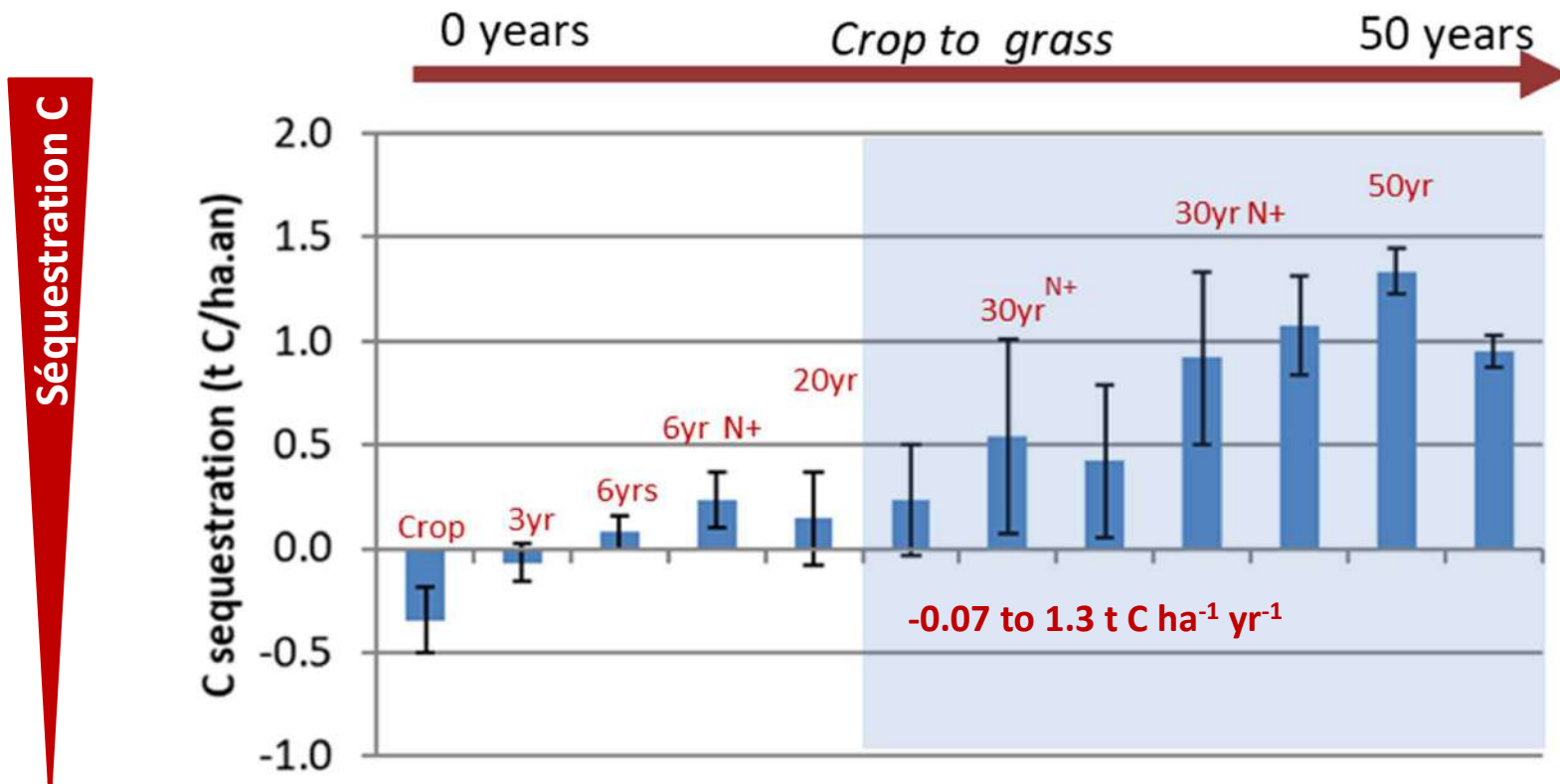
Séquestration C



Die Kohlenstoffsequestrierung steigt mit der Vielfalt der Vegetation

Grünland Bewirtschaftung :

- Artenvielfalt
- Einfügen von **Wechsel** Grünland in die Fruchtfolge



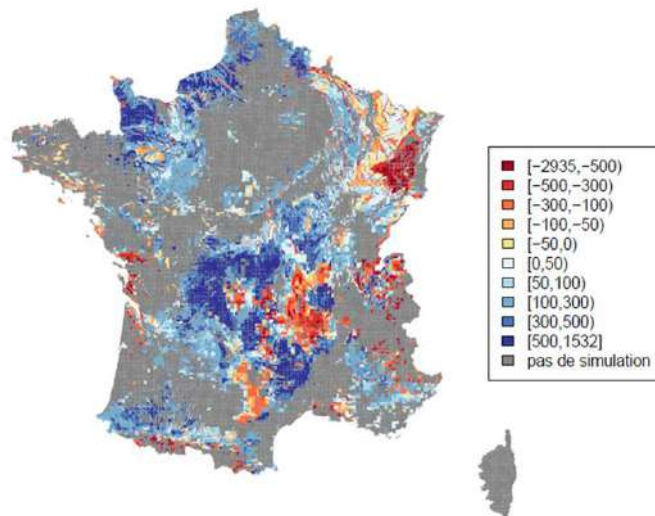
*Kulture und
Wechsel Grünland*

Dauer Grünland

Grünland Bewirtschaftung :

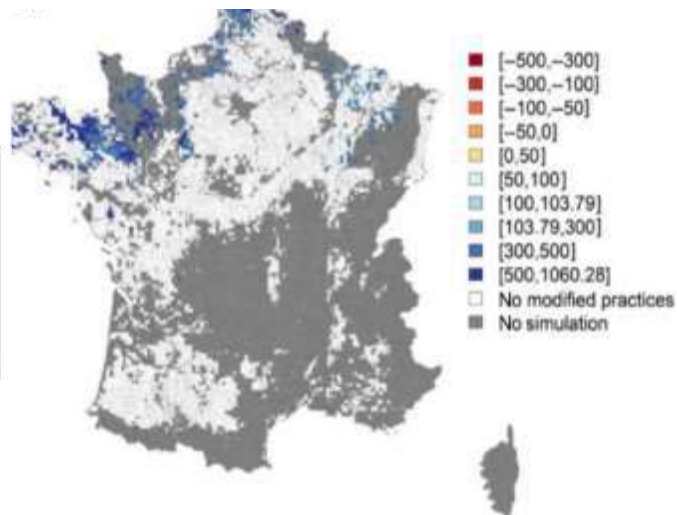
- Artenvielfalt
- Einfügen von **Wechsel** Grünland in die Fruchtfolge

Vorher



Kulturen:
-59 (±264) kg C ha⁻¹yr⁻¹

Wechsel Grünland
in Mais Rotation



Wechsel Grünland
Lebensdauer

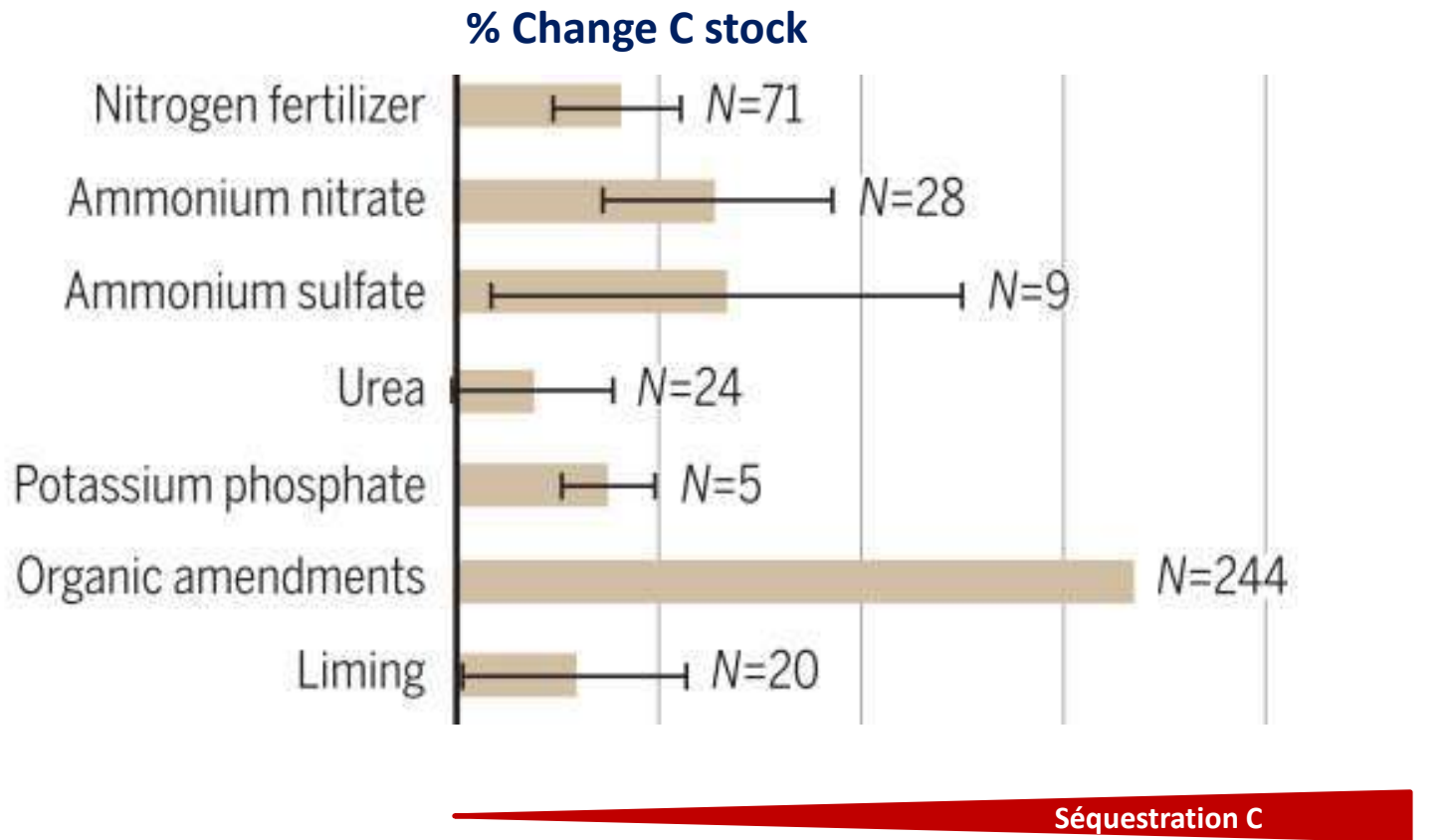
+466 (±299) kg C ha⁻¹yr⁻¹
+ 28 (±279) kg C ha⁻¹yr⁻¹

Düngung



Grünland Bewirtschaftung :

- **Düngung**

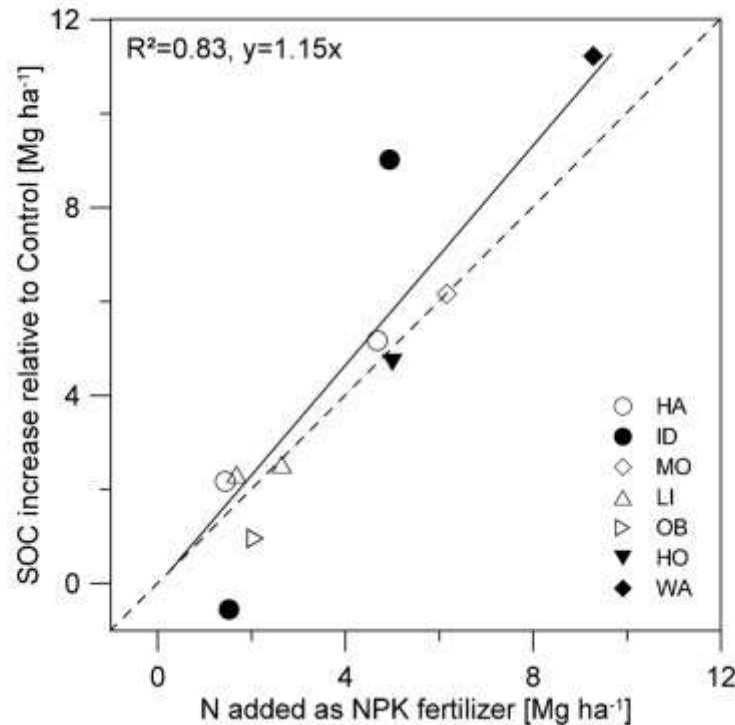


- C Senke und **NPK Dünger**

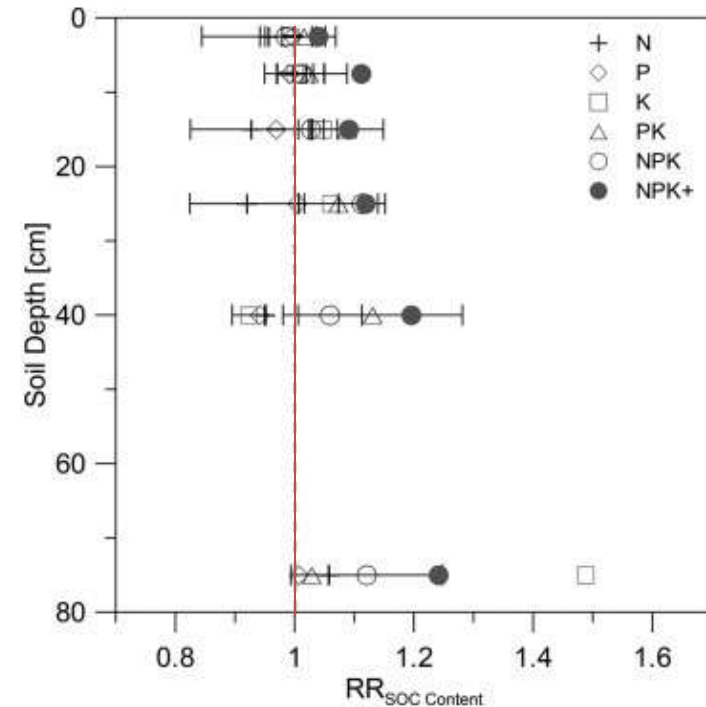
(Pöpleau *et al.* 2018. AGEE)

Séquestration C

Pro hinzugefügtem Dünger



Mit Bodentiefe

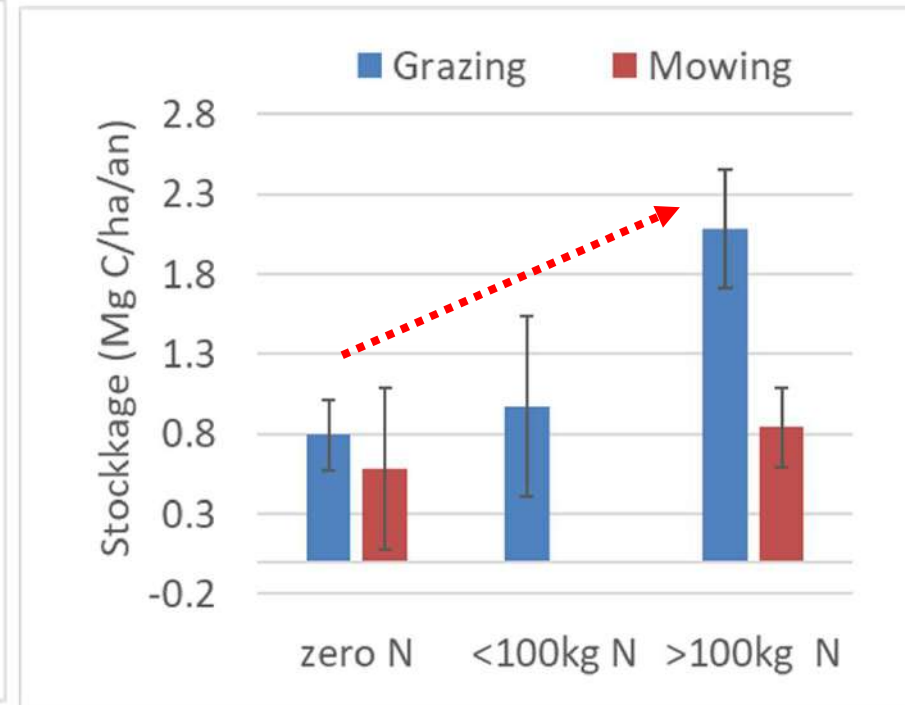
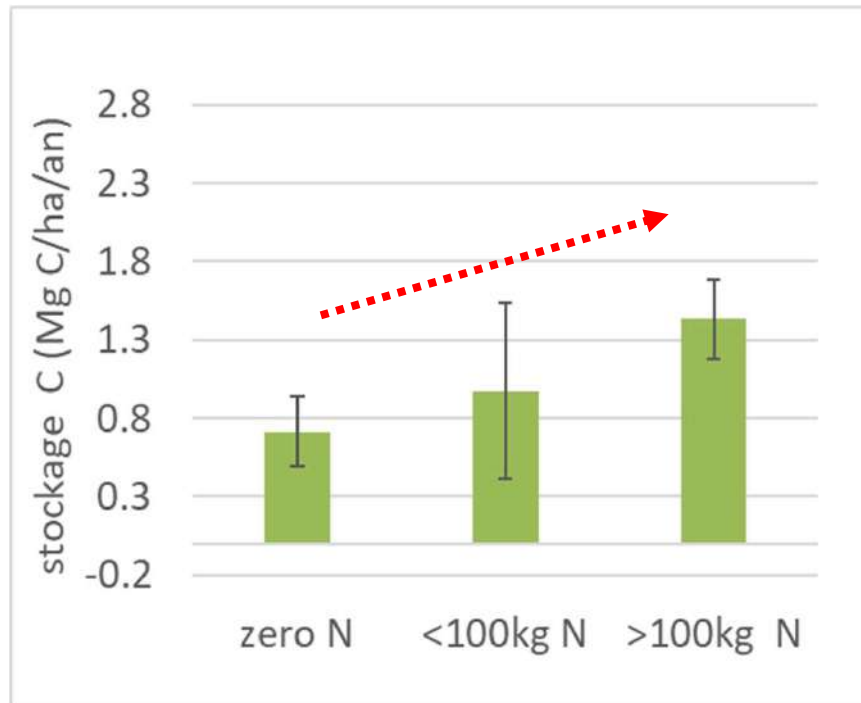


- N-Addition erhöht die C-Sequestrierung,
- **1,15 kg N** wurden benötigt, um 1 kg SOC zu maskieren.

- Die Zugabe von N erhöht die C-Senke auch in tieferen Bodenschichten

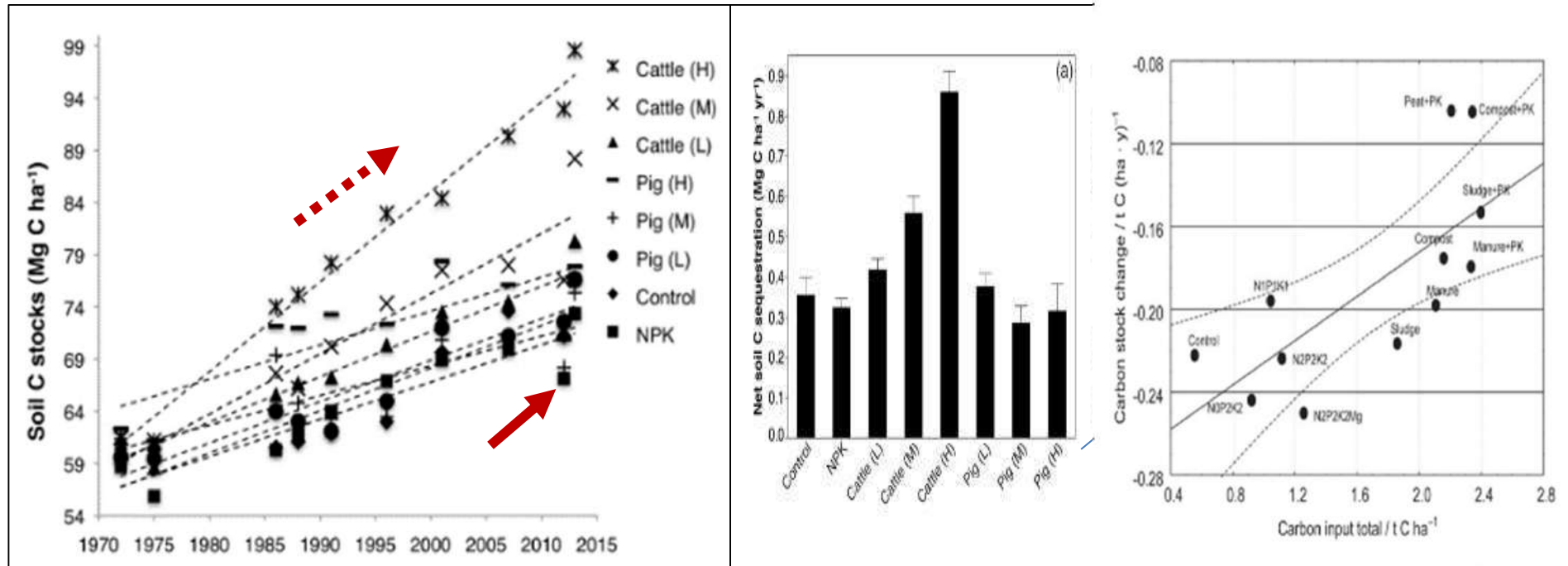
- **!!! N₂O-Emissionen durch Düngemittelproduktion und -anwendung**

- C Senke und **NPK Dünger**



- Die Düngung erhöht die C-Sequestrierung.
- Dies scheint in Weidesystemen ausgeprägter zu sein als in gemähten Systemen

- C Senke und **organischer Dünger**



- Rindergülle bietet höhere C-Sequestrierungsraten als NPK- und Schweinegülle.

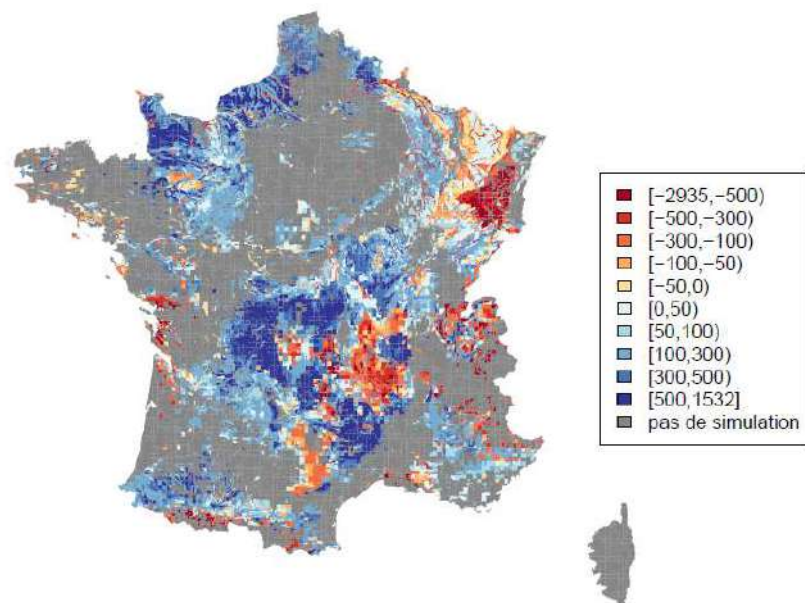
- **!!! N₂O-Emissionen durch Düngemittelproduktion und -anwendung**

Grünland Bewirtschaftung :

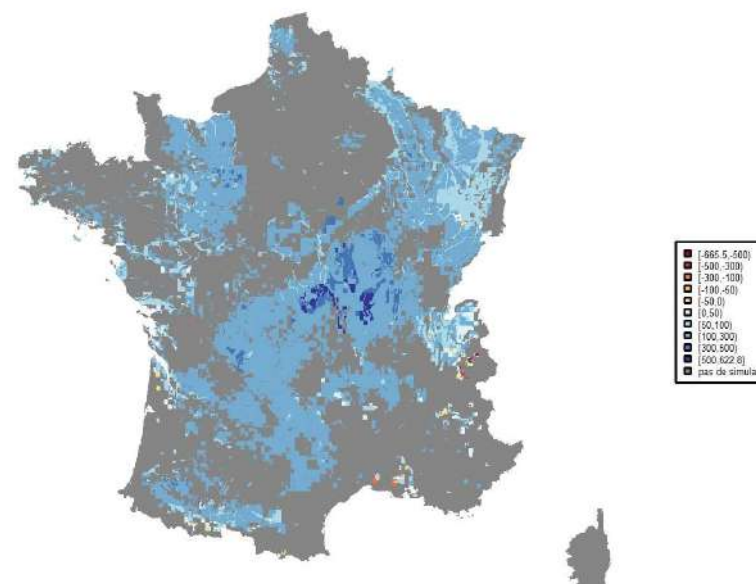
- **Düngung**

+ Düngung (50 kg N)
für Flächen mit geringer
Produktivität

Vorher



Grünland:
-212 (±564) kg C ha⁻¹yr⁻¹

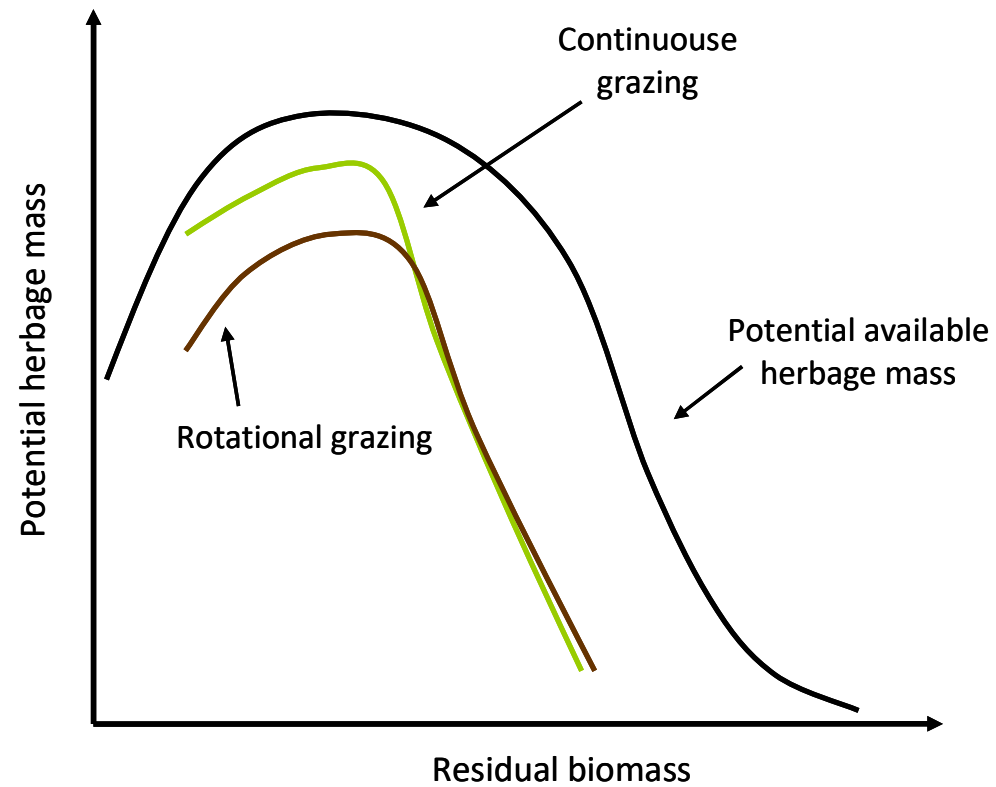


Zusätzliche C Senke :
+163 kg C/ha/yr
35€ /tCO₂e

Intensität der Grünland Nutzung



Weiden vs. Mähen..... Was man zurücklässt



Auswirkungen der Grünlandnutzung



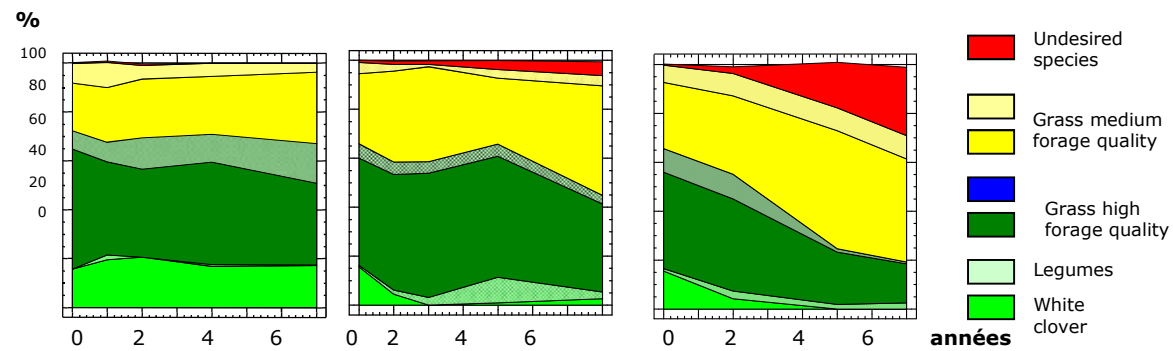
Intensive herbage use
+fertilisation



medium

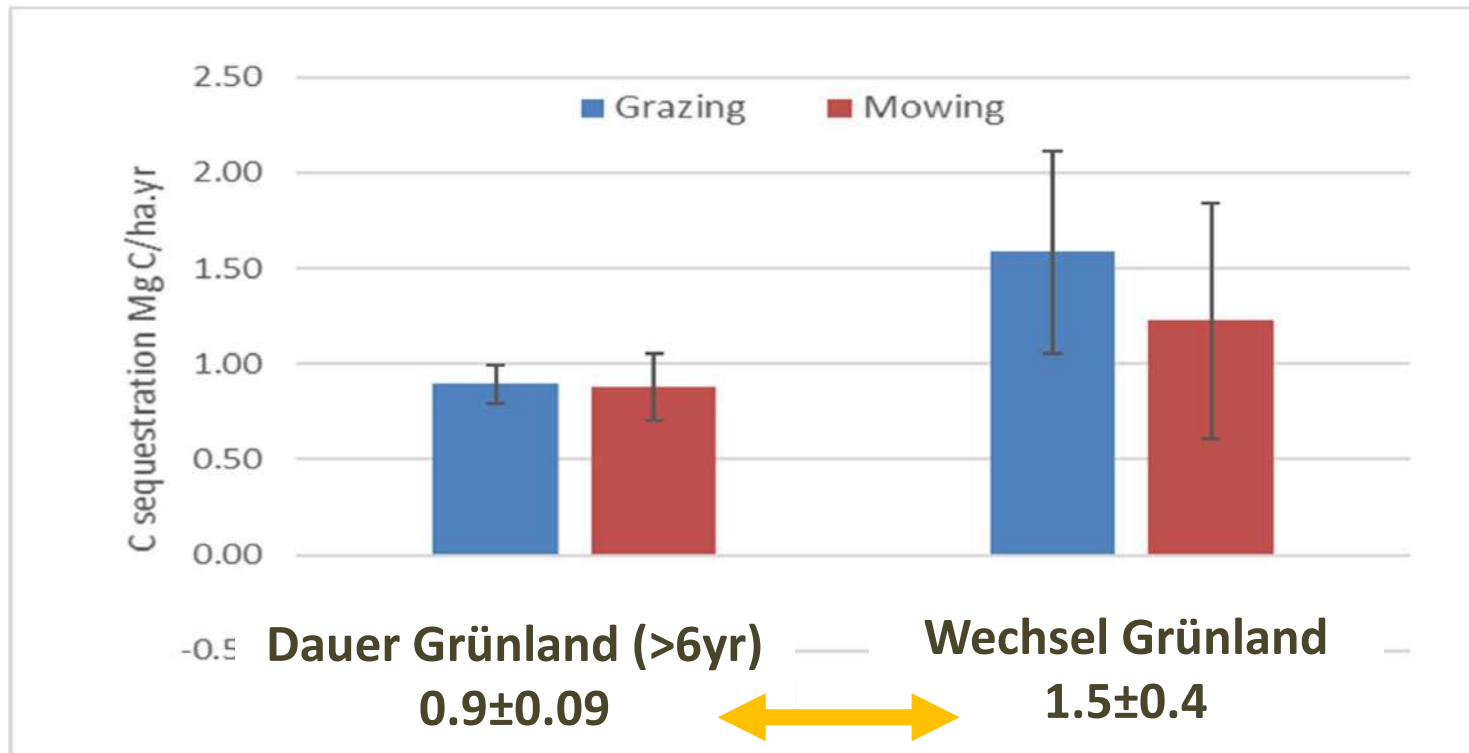


Low herbage use , zero
fertilisation



Louault et al., 2005, J. Veget. Sci.

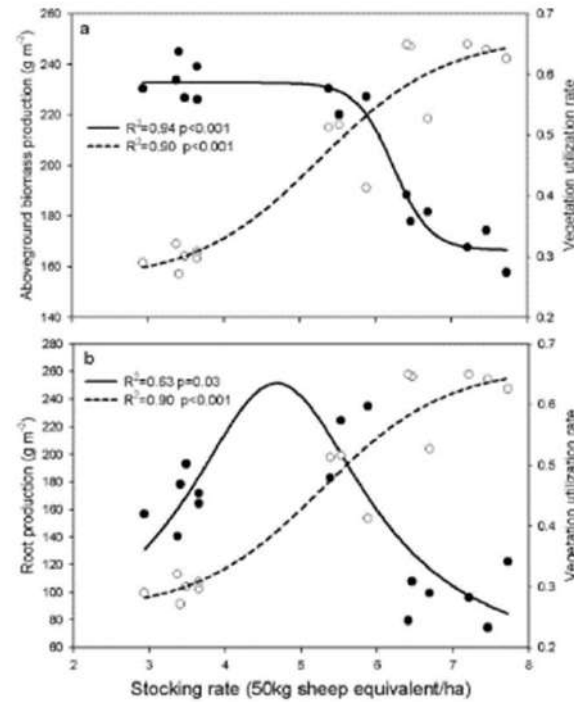
- **Grünlandbewirtschaftung**
Beweidung vs. Schnitt



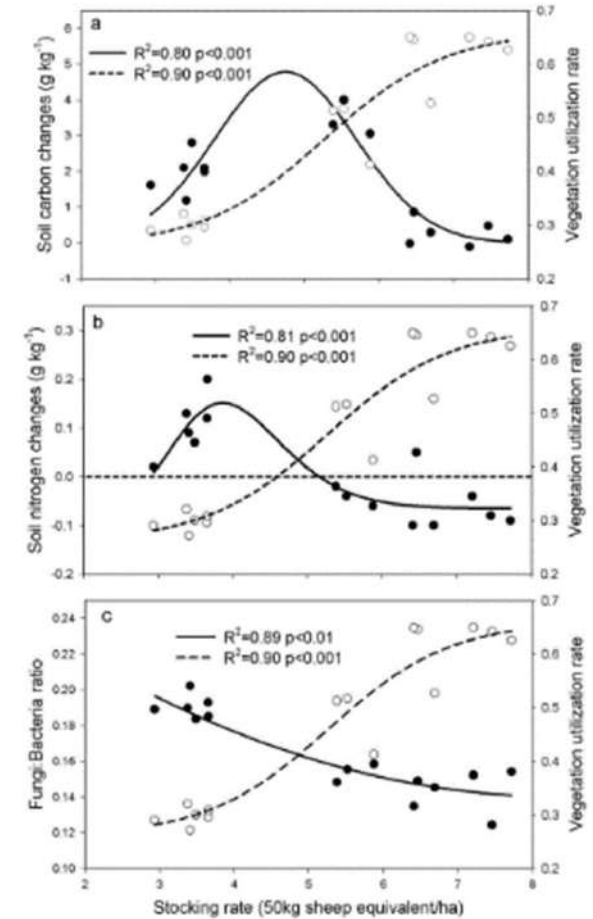
- Insgesamt wenig Unterschied zwischen gesättem und permanentem Grünland
- Abweichungen in Verbindung mit der Grünlandbewirtschaftung spiegeln die möglichen Auswirkungen von Alter und Düngung der Grünlandflächen wider

- Grünlandbewirtschaftung
Tierbesatz

Biomass produktion

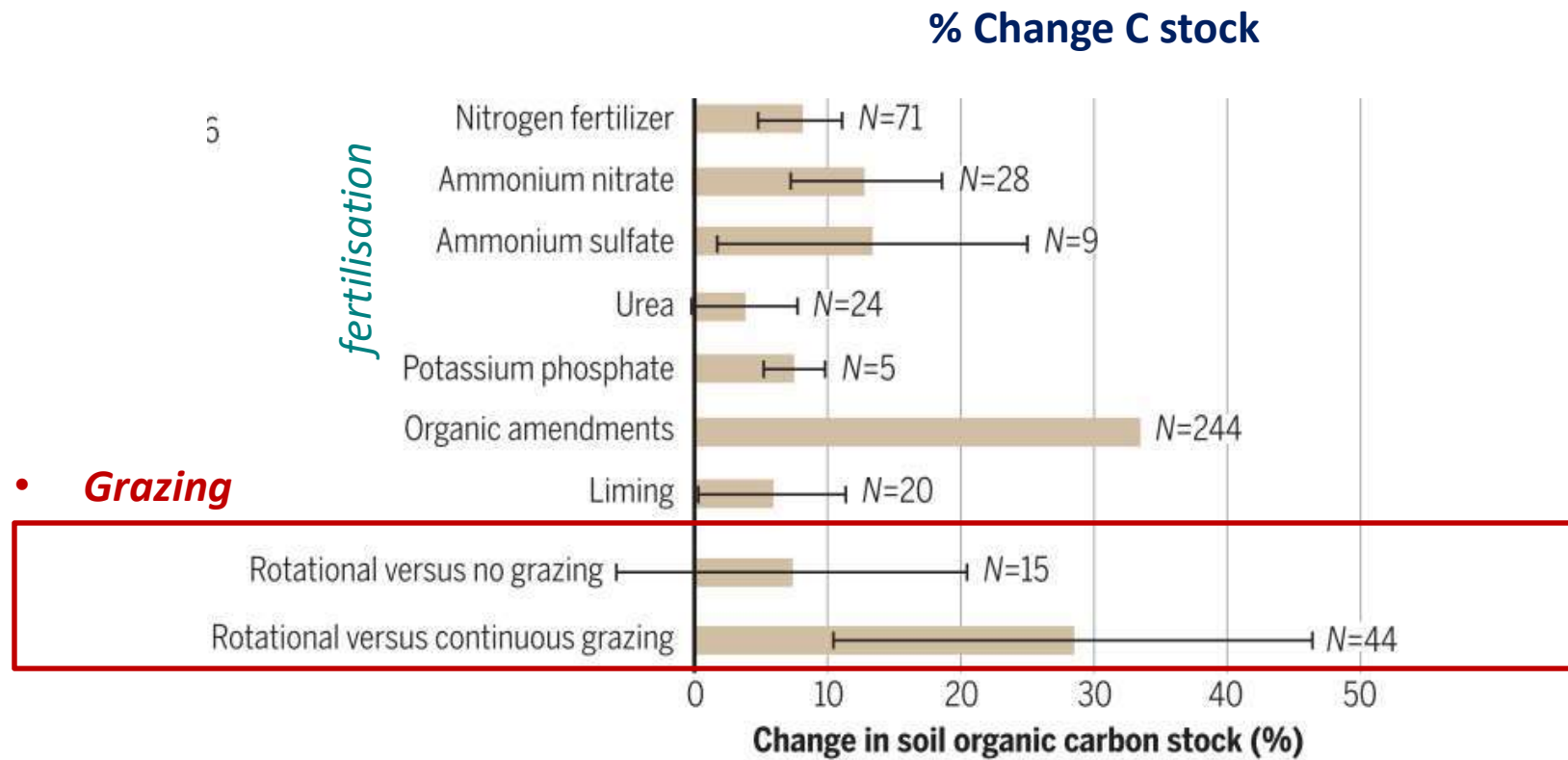


Wurzel produktion

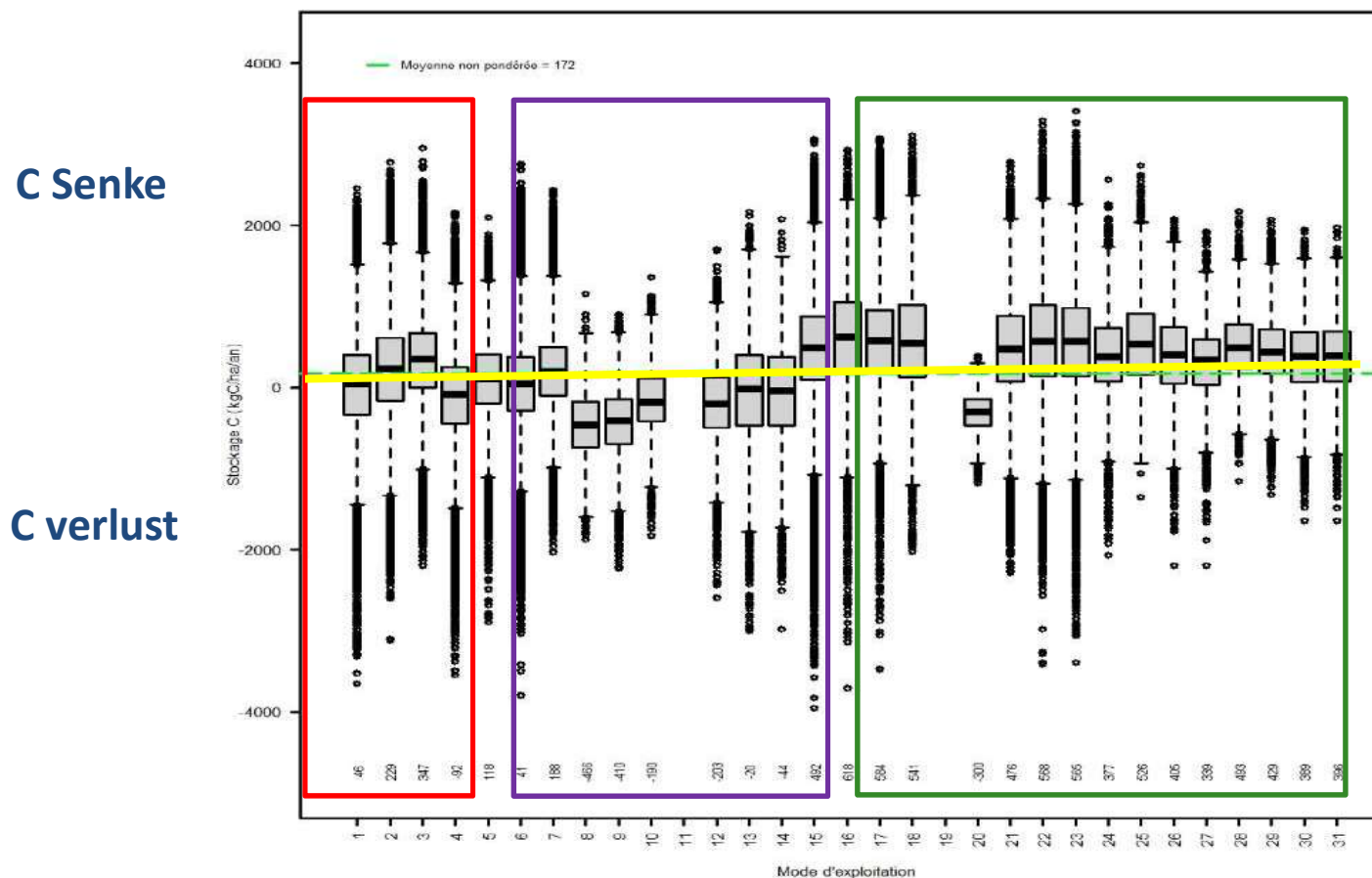


Cheng et al 2014

- Grünlandbewirtschaftung
Beweidung



- Grünlandbewirtschaftung
Beweidung vs Schnitt und mix



Niedrigproduktives Grünland

Produktives Grünland

Produktives Grünland

Mähen

Mix

Beweidet

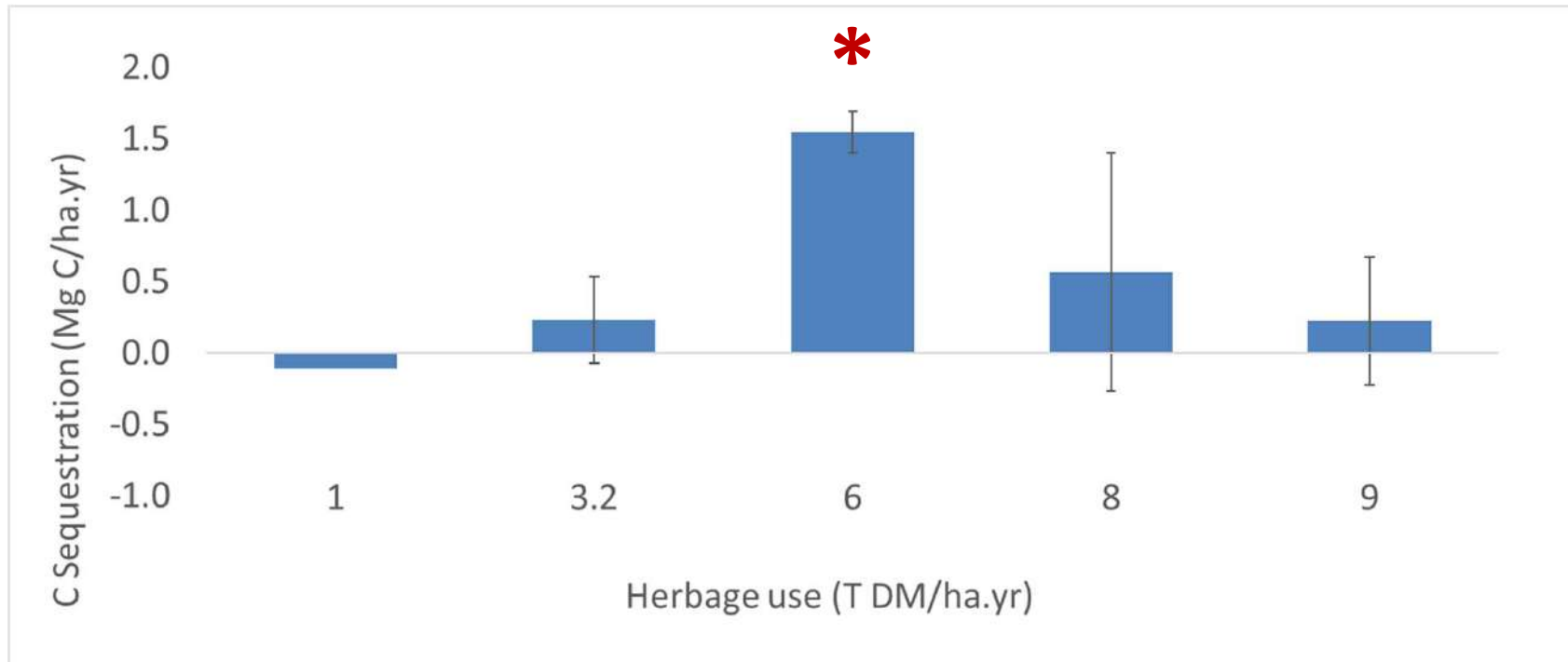
+147 (±386)

-124 (±414)

+792 (±411)

kg C ha⁻¹ yr⁻¹

- **Grünlandbewirtschaftung**
Schnittintensität



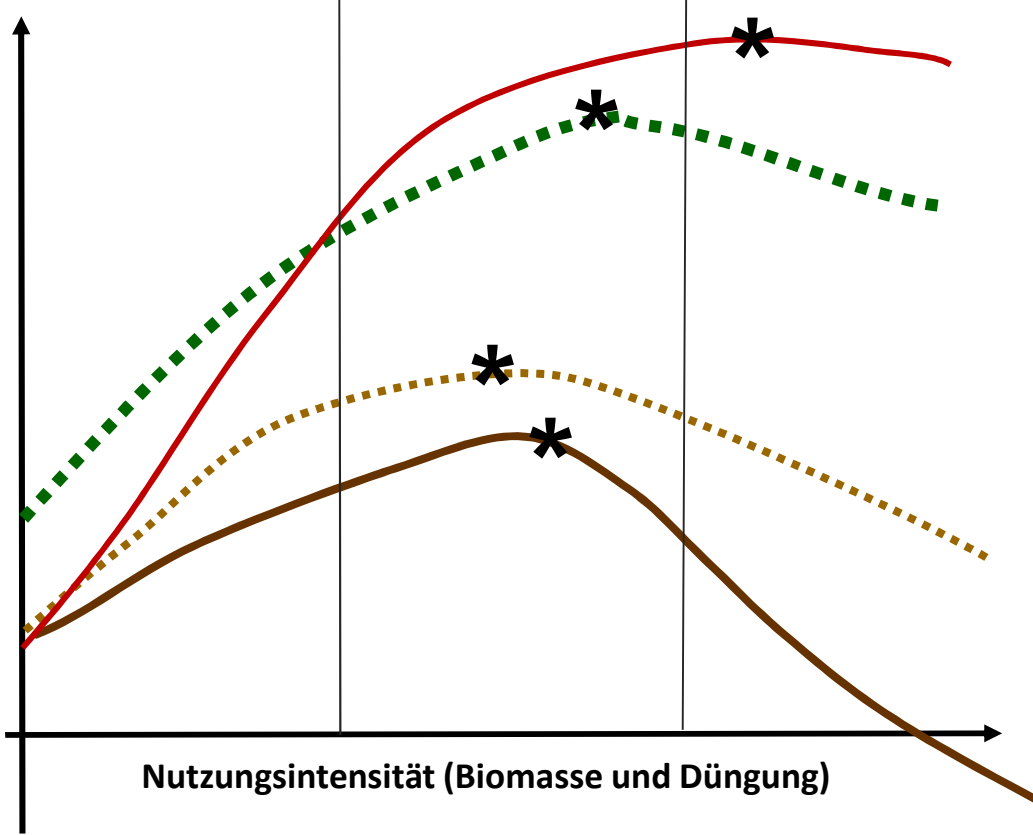
- C-Senke steigt bis zu einem kritischen Punkt * (Schwelle)



gering

mittel

Intensif



Tierproduction



Biomasse Production



**C input in Boden
(Wurzeln und
Pflanzenstreu)**



C Senke

- Grünlandflächen sind in der Lage **0,3 (± 0,05) tC/ha /Jahr** zu speichern. Dies ist abhängig vom Klima, Bodentyp, Alter der Flächen und der angewandten Nutzungsintensität.

Es ist dringend nötig

- Fläche mit hohem C-Gehalt : **Schutz und Erhaltung**
 - Reduktion von weiteren Kohlenstoffverlusten (z. B. Sanierung von degradiertem Grasland).
- Fläche mit hohem C-Gehalt : **Massnahmen die zur Erhöhung der C Senke**
 - Um weitere Kohlenstoffverluste zu reduzieren (z. B. Sanierung von degradiertem Grasland).
- Ein besseres Verständnis über die Wechselwirkungen zwischen Boden- und Vegetationstypen ist nötig für die Erstellung von Richtlinien für C-neutral oder Grünland Flächen.
- Es besteht ein Kompromiss zwischen Nutzungsintensität (Weiden und Schnitt) und C-Senke

	Geringe Stickstoff Düngung			Hohe Stickstoff Düngung		
	Schwelle	Limits	Ratio use/prod	Schwelle	Limits	Ratio use/prod
Weide (LSU/ha.yr)	0.5	>1	0.6	>1.8	3 to 4	0.8
Schnitt (t DM/ha.yr)	3 to 6	4	0.5	7	>12	0.8

Danke



t 9
b m

m b r bt viub UYibo vicis y b Yp mmbYvi b 3buYp4
GC op bn Xt b FCEJ





EIP-AGRI Focus Group **Grazing for Carbon**

Cio Vmt br pt v EC ubr vbn Xbt FCEM

- Mini-paper 1: Effects and trade-offs
- Mini-paper 2: Mixtures of species
- Mini-paper 3: Guidelines
- Mini-paper 4: Incentives
- Mini-paper 5: Monitoring



Horizons de l'Économie Circulaire et de la Bioéconomie
Le rôle des sols agricoles dans la séquestration du carbone
Le cas de la France

 **STOCKER DU CARBONE DANS LES SOLS FRANÇAIS**

QUEL POTENTIEL AU REGARD DE L'OBJECTIF 4 POUR 1000 ET À QUEL COÛT ?

RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE - JUILLET 2019

RÉALISÉE POUR L'ADEME ET LE MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION



Costs

C storing practice	Potential applicability (Mha)	Cost for farmer (€/ha/year)	Storage cost (€/tC)	Storage cost (€/tCO ₂ e)
New carbon inputs	4,21	-52 (-117; -8)	-494 (-1 192; -134)	-135 (-325; -37)
Grass cover of vineyards	permanent	-26 (-27; -22)	-56 (-44; -77)	-15 (-21; -11)
	In winter	0,41	-15 (15; 15)	-14 (-14)
Expansion of cover crops	16,03	39 (12; 147)	180 (69; 1 104)	49 (19; 301)
Moderate intensification of extensive grasslands	3,94	28 (12; 38)	130 (60; 1 189)	35 (16;324)
Grazing instead of mowing	0,09	73 (-85; 146)	203 (-2 791; 518)	55 (-761; 141)
Expansion of temporary grasslands	6,63	91 (-40; 263)	473 (-242; 1 667)	129 (-66; 455)
Agroforestry	5,33	118 (63; 179)	302 (195; 386)	82 (53; 105)
Hedges	8,83	73 (54; 87)	2 322 (2 013; 3 618)	633 (549; 987)

- **No incentive**

0€/tC

- **Current carbon price, CO2 European Emission Allowances :**

25€/tCO₂e = 91.75€/tC

- **Shadow price of carbon in 2020- European Bank (1,5°C increase)**

55€/tCO₂e = 201.7€/tC