



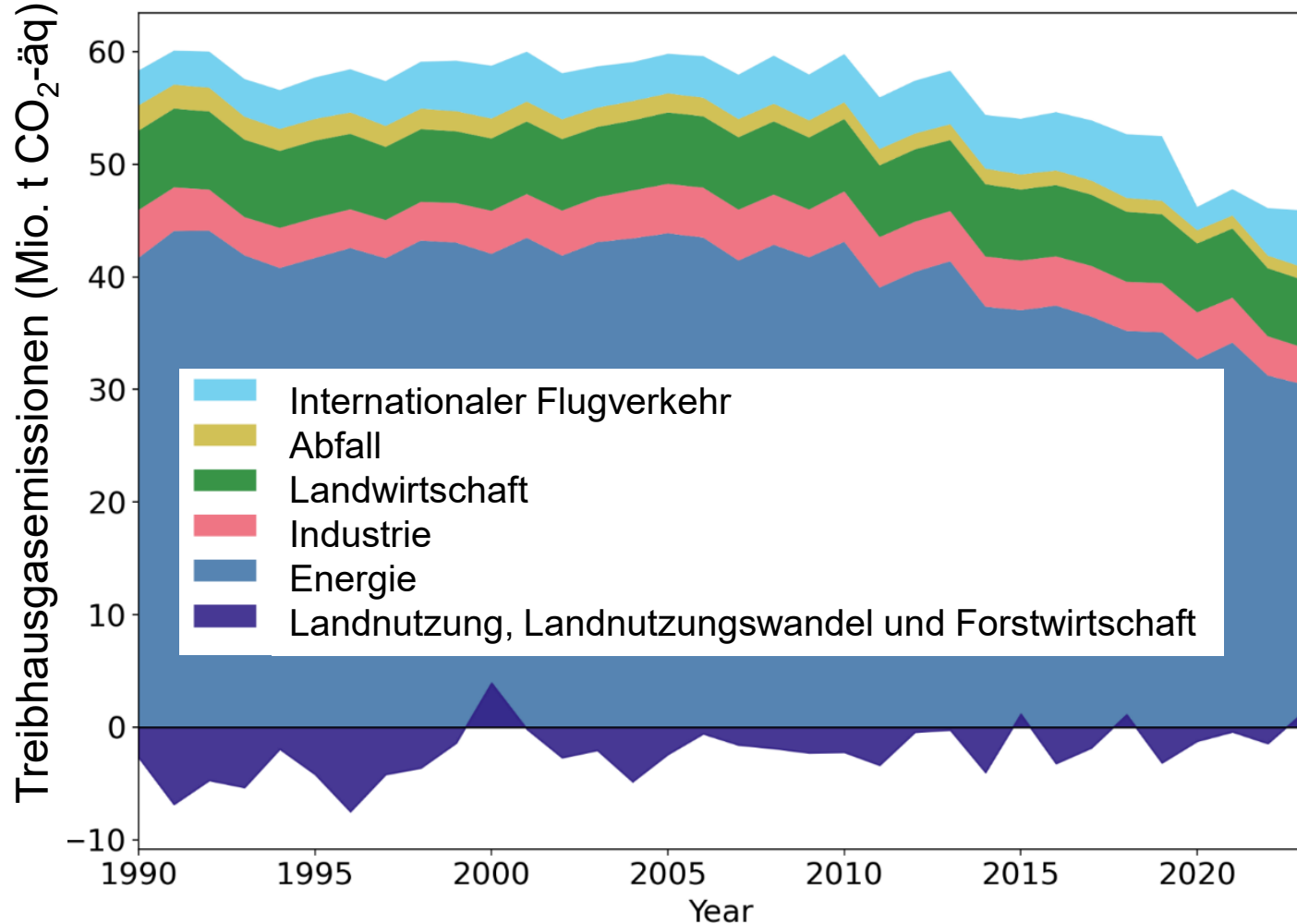
Bodenkohlenstoff in der Schweiz: Treibhausgasinventar, C-Sequestrierung und THG-Minderungsmaßnahmen

Sonja G. Keel, Forschungsgruppe Klima und Landwirtschaft, Agroscope (Schweiz)

20.04.2026



Schweizer Treibhausgasemissionen inklusive internationaler Flugverkehr



- Emissionen sind im Jahr 2023 15% tiefer als im 1990 (47 Mio. t CO₂-äq)
- Landwirtschaft: 6 Mio. t CO₂-äq (13 %) im Jahr 2023
- Bodenkohlenstoffänderungen werden im Sektor Landnutzung rapportiert



Klimaziele

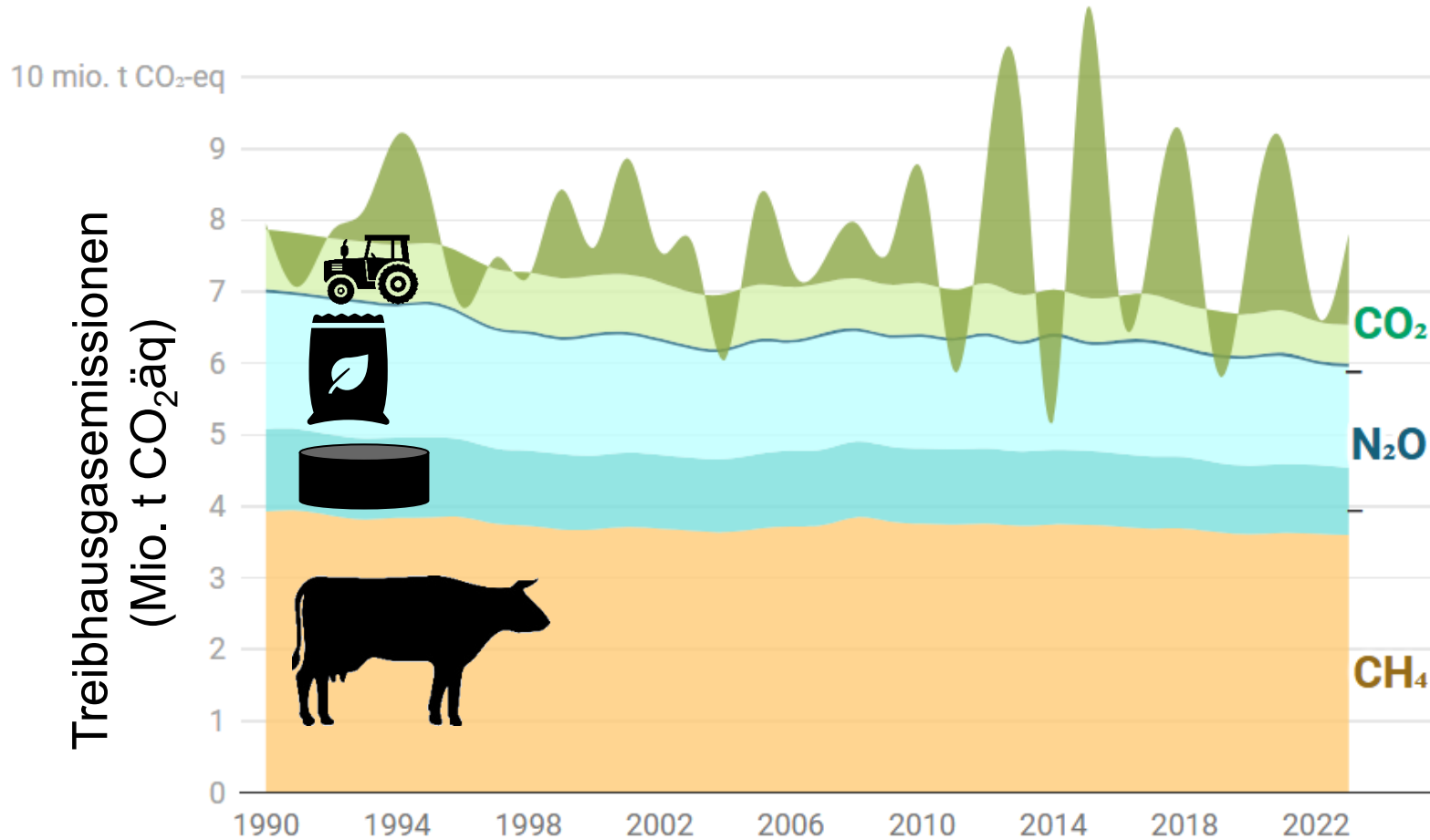
- Ganze Schweiz: Netto Null Emissionen bis 2050
- Klimastrategie Landwirtschaft und Ernährung: 40% tiefere Emissionen für die landwirtschaftliche Produktion bis 2050 im Vergleich zu 1990
- Das Klimaziel Landwirtschaft umfasst auch CO₂ Bilanzen der Böden



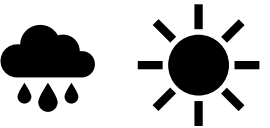
Foto: Alice Johannes



Treibhausgasemissionen Sektor Landwirtschaft plus Böden und Energie



Annuelle Schwankungen sind wetterbedingt

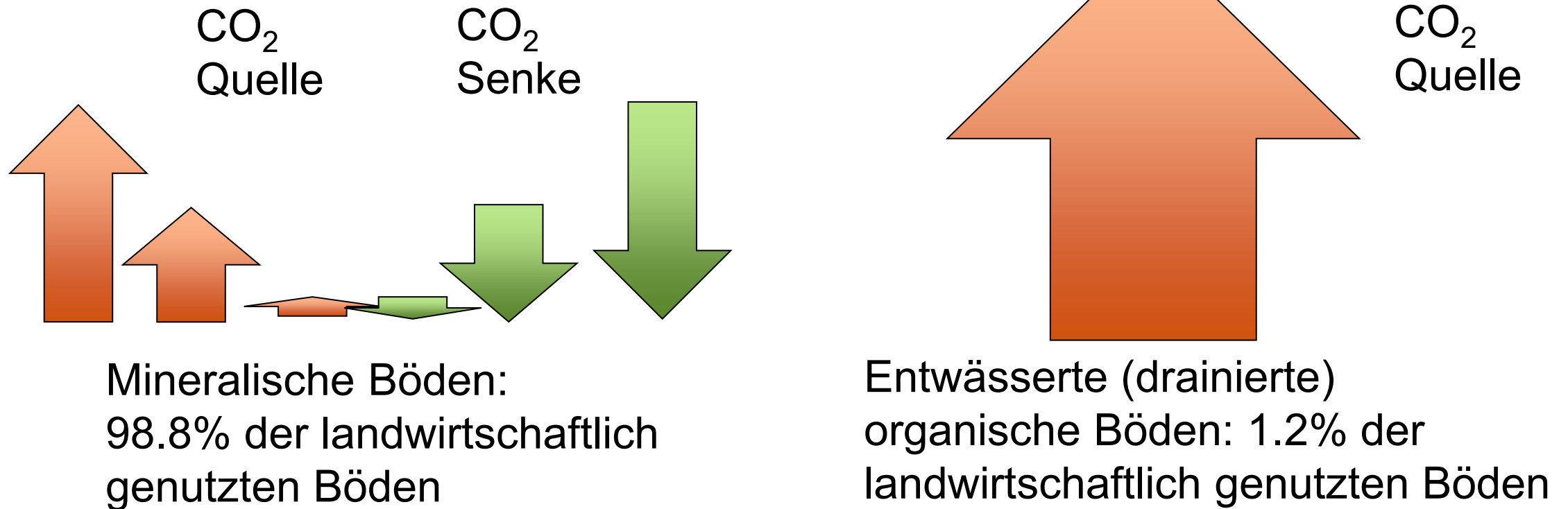


- Boden-C
- Treibstoffe
- N Düngung
- Hofdüngerlagerung
- Wiederkäuer



1. Teil: Mineralische Böden (Treibhausgasinventar, C Sequestrierung)

2. Teil: Organische Böden (Minderungsmaßnahmen)





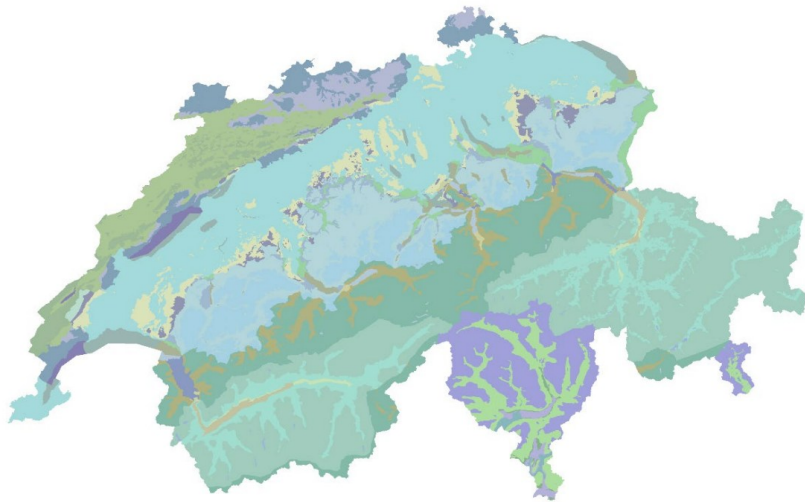
Seit 2019 werden Veränderungen im organischen Bodenkohlenstoff (C_{org}) Vorrat mit einem Modell berechnet (Tier 3 Ansatz)



- Für alle Oberböden (0-30 cm) mit gleichbleibender Landnutzung
- Modell RothC wird verwendet. Wurde anhand von Vergleichen mit Langzeitversuchen ausgewählt
- Ackerland: Flächengewichtete Mittelwerte für 19 verschiedene Kulturen (Kunstwiesen, Weizen etc.)
- Dauergrünland: 6 Graslandkategorien (z.B. intensiv/extensiv bewirtschaftete Wiesen/Weiden)
- Validierung: C_{org} Trends stimmen grob mit gemessenen Trends der Nationalen Bodenbeobachtung überein

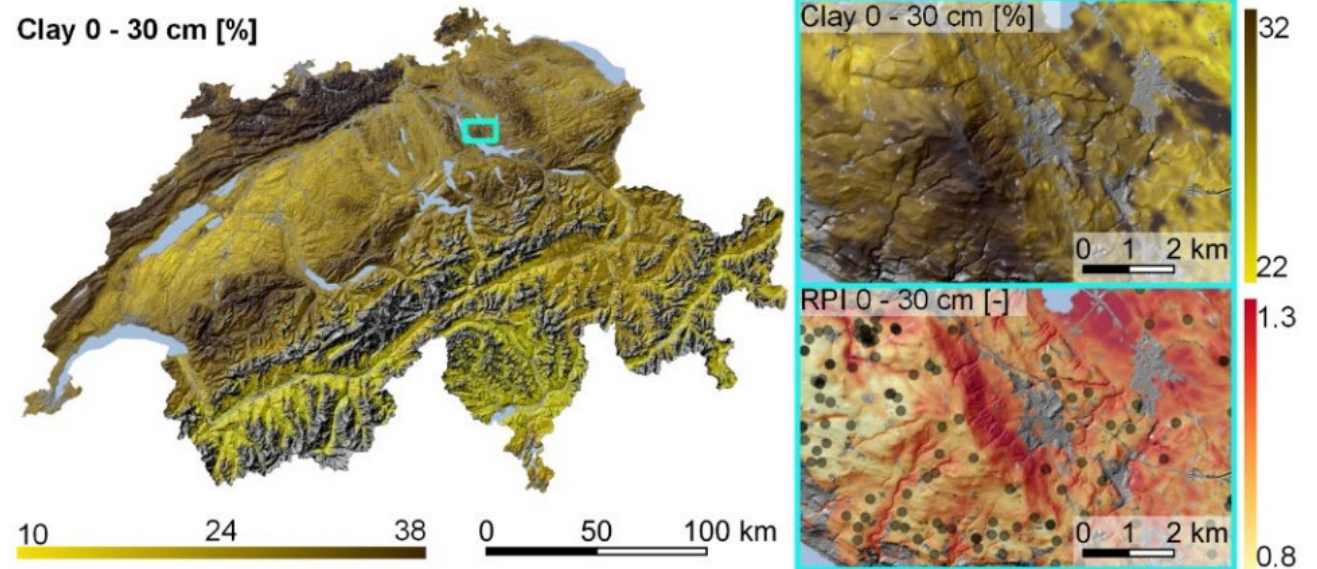


Räumliche Auflösung: 240 Simulationseinheiten



24 Gebiete mit ähnlicher
Bewirtschaftung/
ähnlichem Klima

x



x

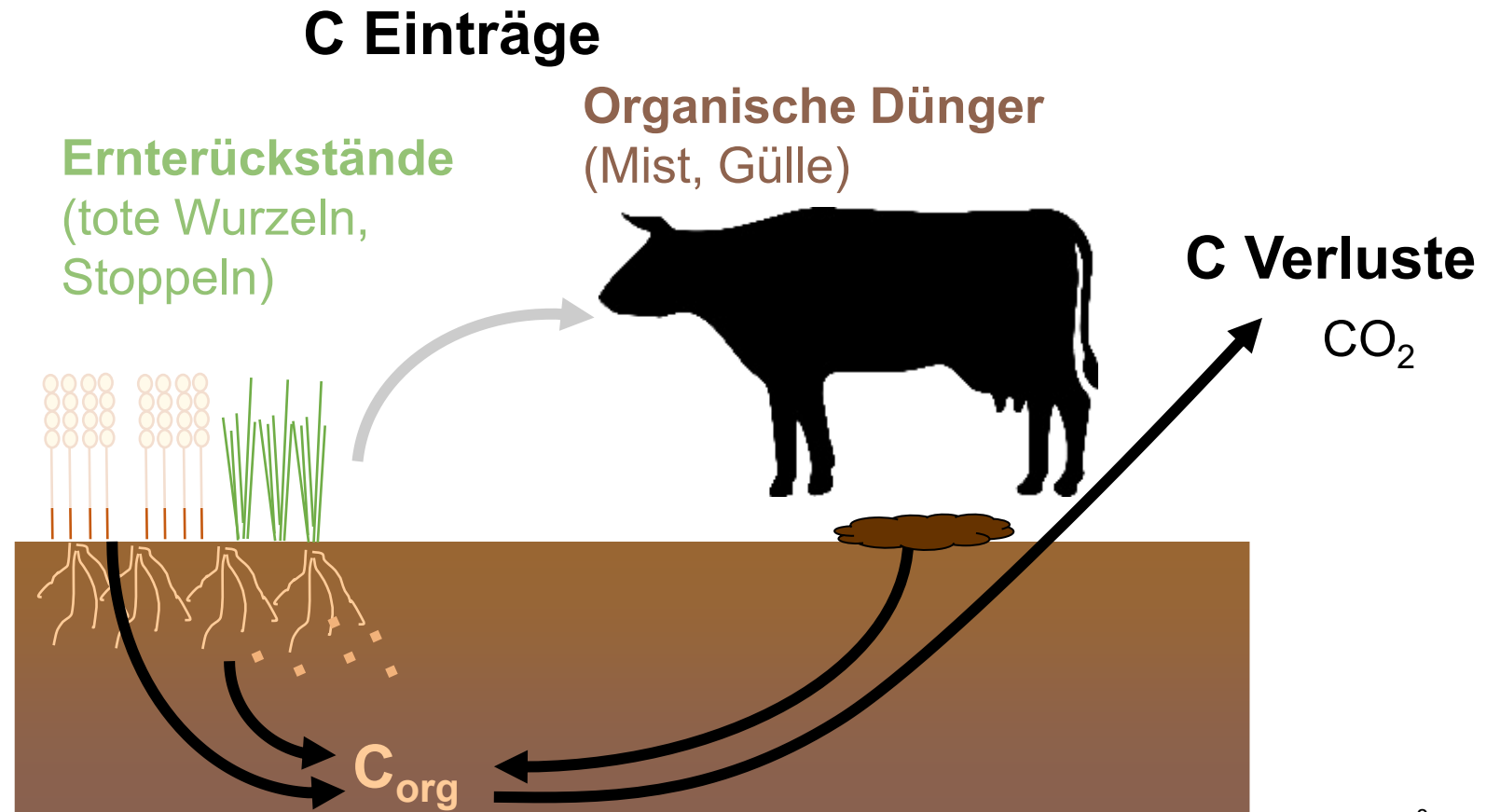
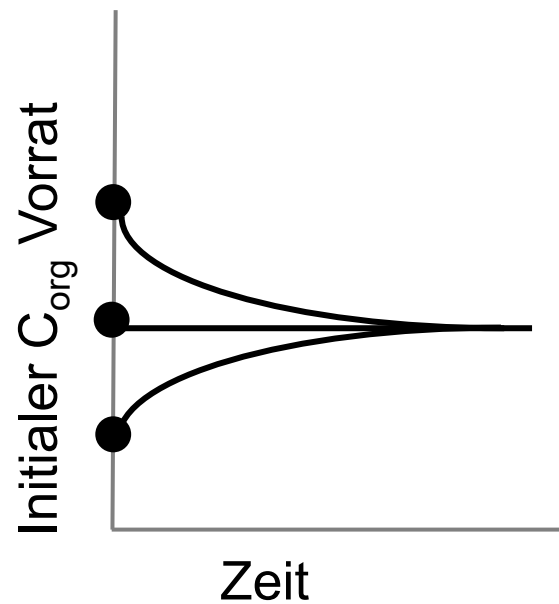
10 Tonklassen

= 240 Straten (Polygone)



Faktoren welche C_{org} Trends bestimmen

1. Initialer C_{org} Vorrat
2. Veränderungen in der Bewirtschaftung (v.a. die welche C Einträge beeinflussen)





Für die Modellierung sind monatliche Eingangsdaten ab 1990 nötig



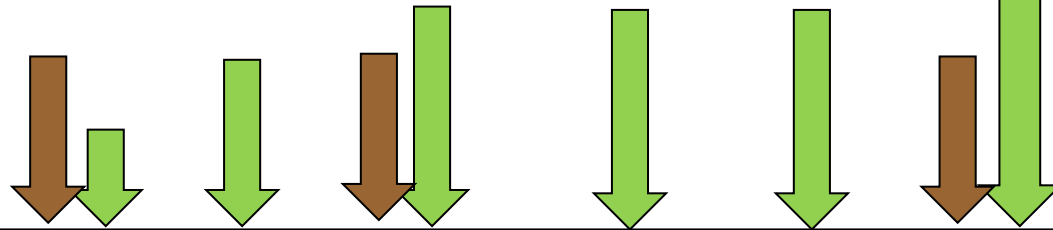
Federal Office of Meteorology and Climatology MeteoSwiss



C Einträge

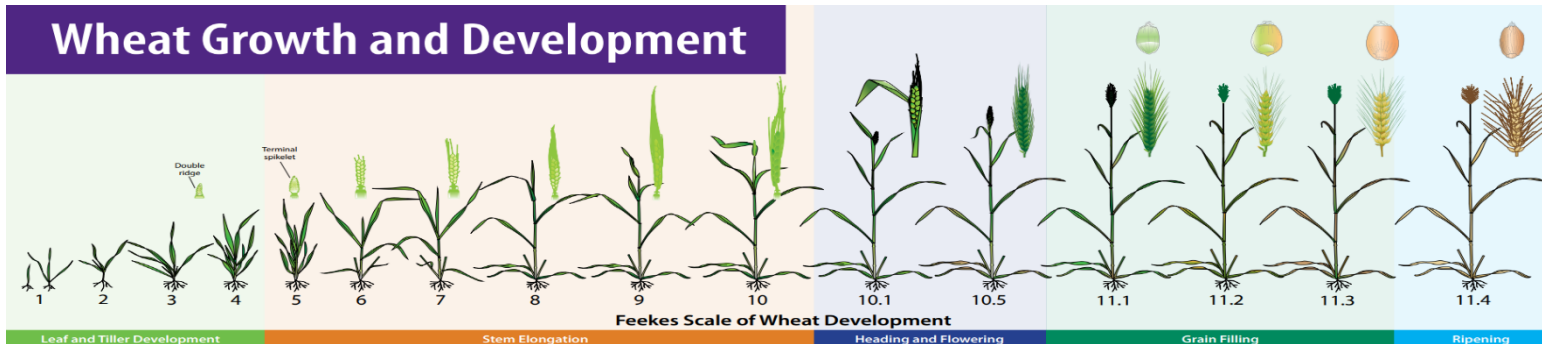
Organische Düngung

Ernterückstände



Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec

Wheat Growth and Development



Ernterückstände werden mittels allometrischer Funktion (Bolinder et al. 2007) in Abhängigkeit von jährlichen Erträgen berechnet



Berechnung C Einträge organische Dünger



Sömmerungsweiden

Frischmist



Futtermittel



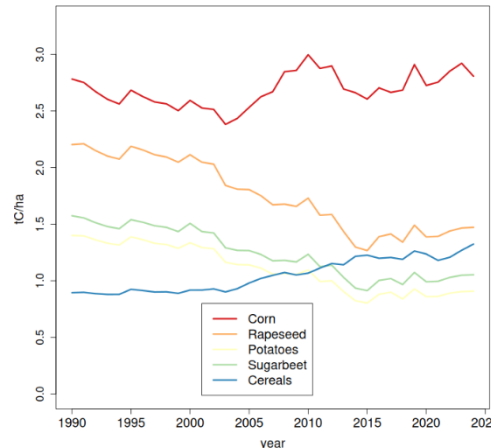
Stroh
Exkrememente



Bild © picture-alliance/dpa (Archiv)

Verluste:
Lagerung/
Vergärung

-> Monatliche C Einträge für alle Ackerkulturen und Grasland Kategorien



Ausbringung gemäss div. Annahmen

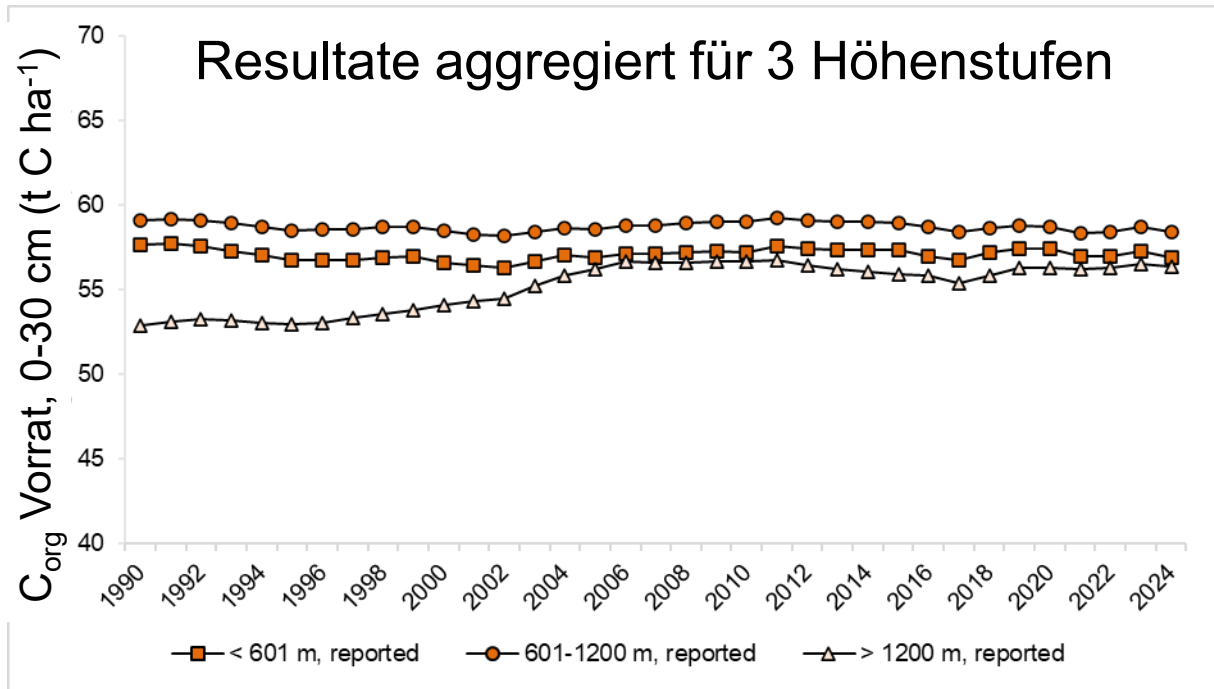


Wüst-Galley & Bretscher (in Vorbereitung)



C_{org} Vorräte und Änderungen auf Ackerland

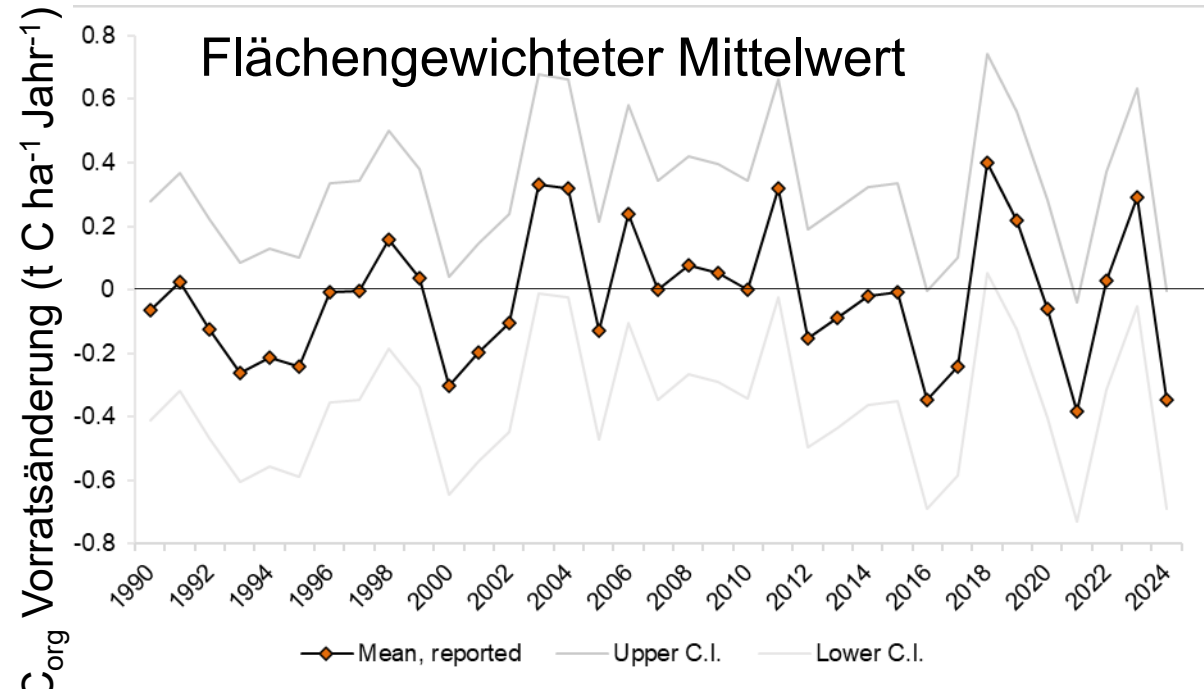
Mittlere C_{org} Veränderung (1990-2024): -0.023 t C ha⁻¹ Jahr⁻¹



69%

30%

0.0009%

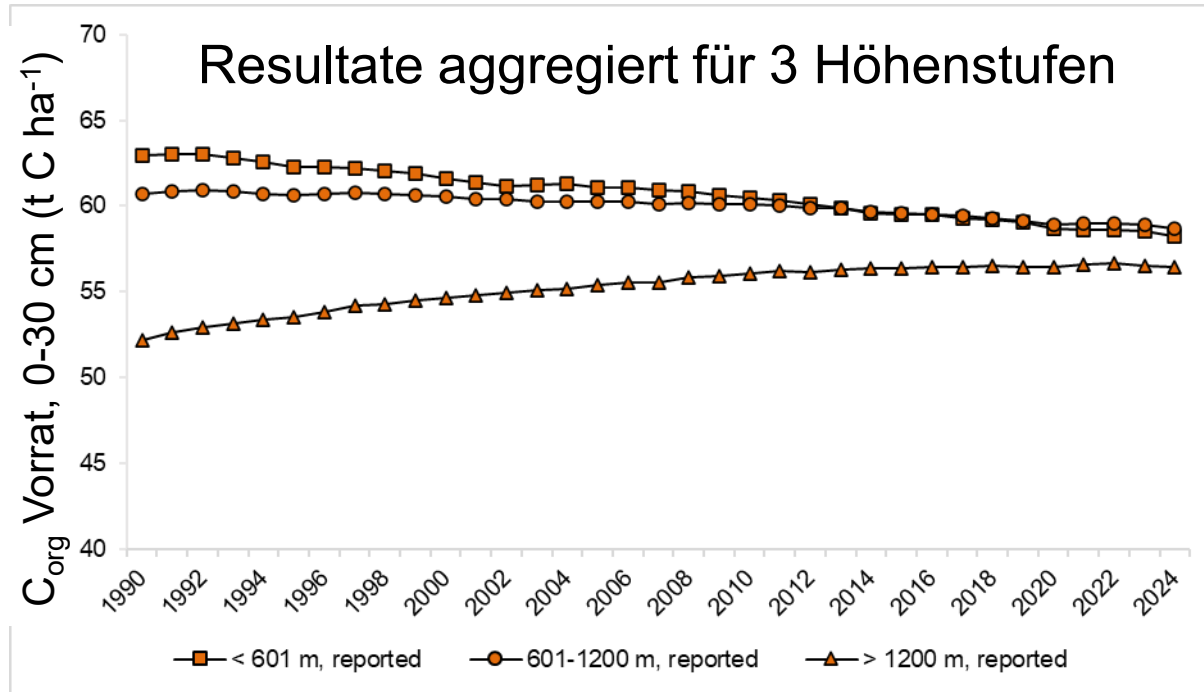


Mittelwert für 10 aktuelle Jahre (2013-2022):
-0.12 Mio. t CO₂-äq (2% der lw. Emissionen)



C_{org} Vorräte und Änderungen auf Dauergrünland

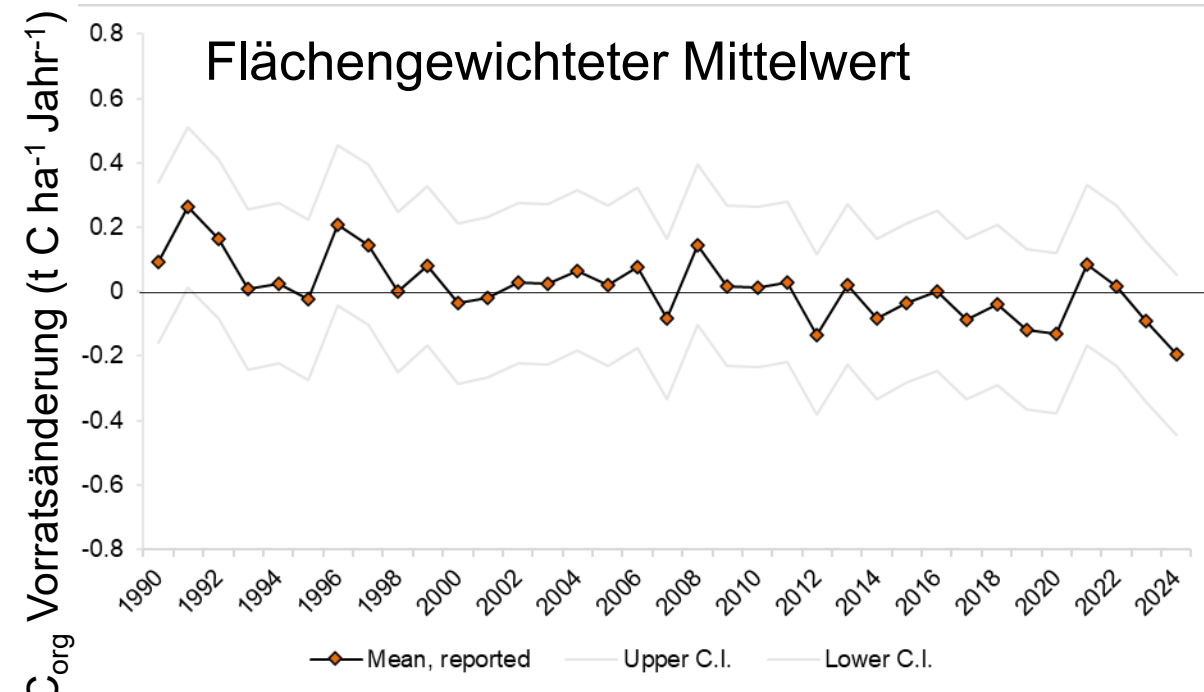
Mittlere C_{org} Veränderung (1990-2024): 0.013 t C ha⁻¹ Jahr⁻¹



16%

38%

45%

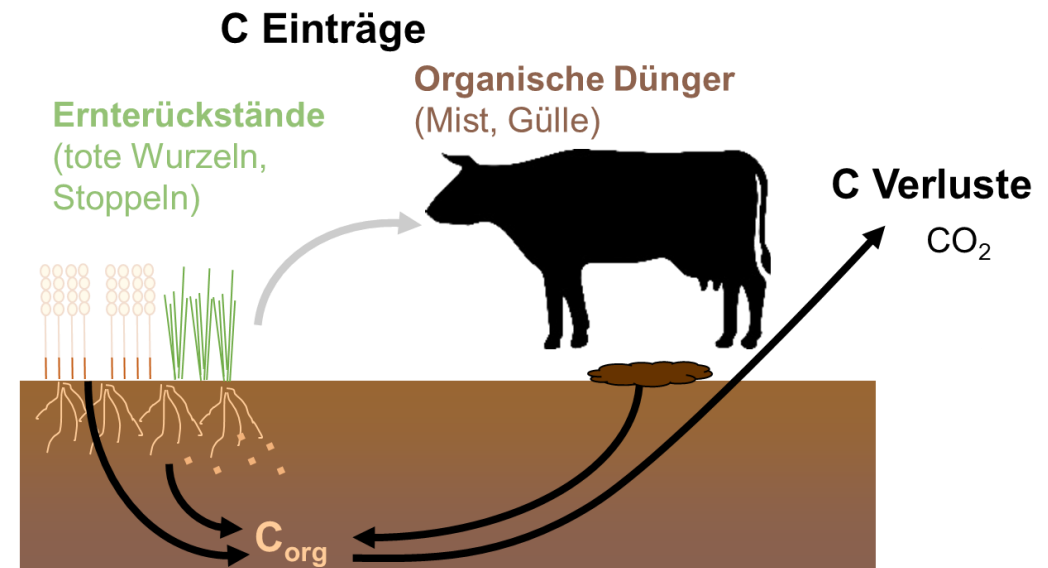
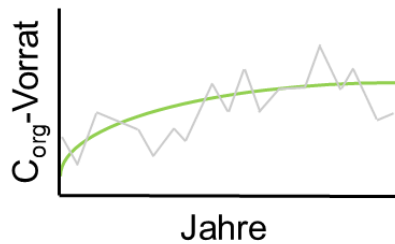
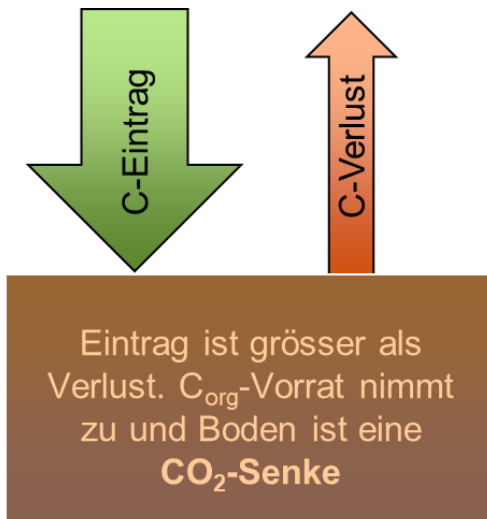


Mittelwert für 10 aktuelle Jahre (2013-2022):
-0.06 Mio. t CO₂-äq (1% der lw. Emissionen)



C-Sequestrierung

Kann erreicht werden durch Änderungen in der Bewirtschaftung, welche die Vorräte an organischer Bodensubstanz (C_{org}) im Boden erhöhen





1. Zwischenkulturen

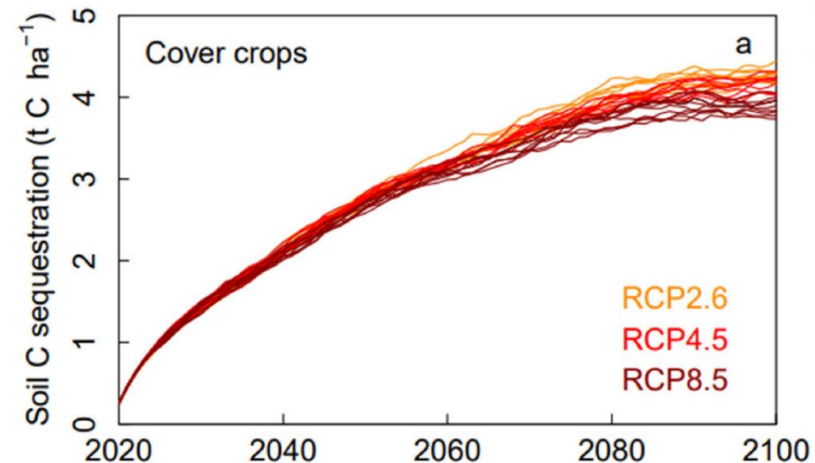
- Kulturen, welche zwischen zwei Hauptkulturen angepflanzt werden (ersetzen brachliegende Böden)
- **Vorteile:** reduzierte Erosion und Nitratauswaschung, verbesserte Bodenstruktur, erhöhte Biodiversität, je nach Kultur: zusätzliches Futter
- **Nachteile:** höhere Kosten/Arbeitsbelastung für Betriebe



<https://farm.landi.ch/>



Potenzial: 0.075 Mio. t CO₂-äq Jahr⁻¹





2. Pflanzenkohle (engl. biochar)

- Aus pflanzlichen Abfällen unter Sauerstoffausschluss hergestellt (Pyrolyse)
- In der Schweiz: nur zertifizierte Pflanzenkohle erlaubt (gute Qualität und nachhaltige Produktion)
- **Vorteile:** Geringe Abbaubarkeit im Boden, verbesserte Wasserverfügbarkeit, kurzfristig reduzierte Lachgasverluste
- **Nachteile:** Bisher kaum Langzeitstudien, mögliche Auswirkungen auf Bodenlebewesen (v.a. Regenwürmer)

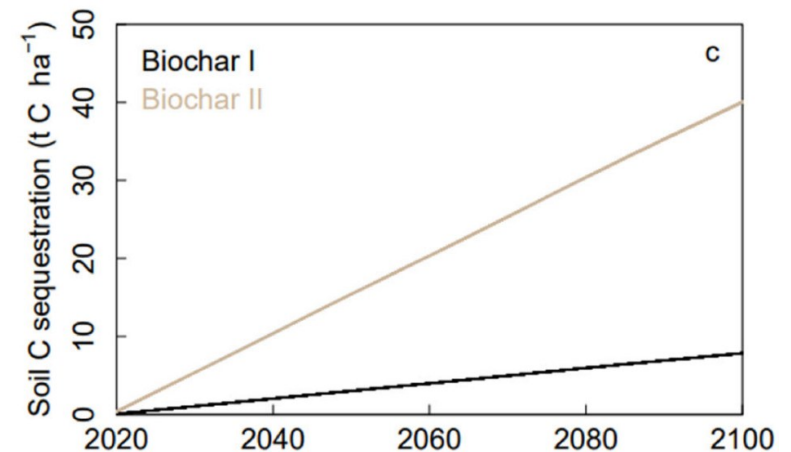
Potenzial: 0.14(-0.73) Mio. t CO₂-äq Jahr⁻¹



Landbote.ch



www.a-p-d.ch





3. Agroforst (Speicherung von C in Baumbiomasse)

- Kombination von Bäumen oder Sträuchern mit landwirtschaftlichen Unterkulturen
- **Vorteile:** erhöhte Biodiversität, reduzierte Nitratauswaschung, Erosionsschutz, Klimaresilienz
- **Nachteile:** Flächenbedarf der Bäume, komplexe Bewirtschaftung, langfristige Planung/Investition



Foto: Gabriela Brändle

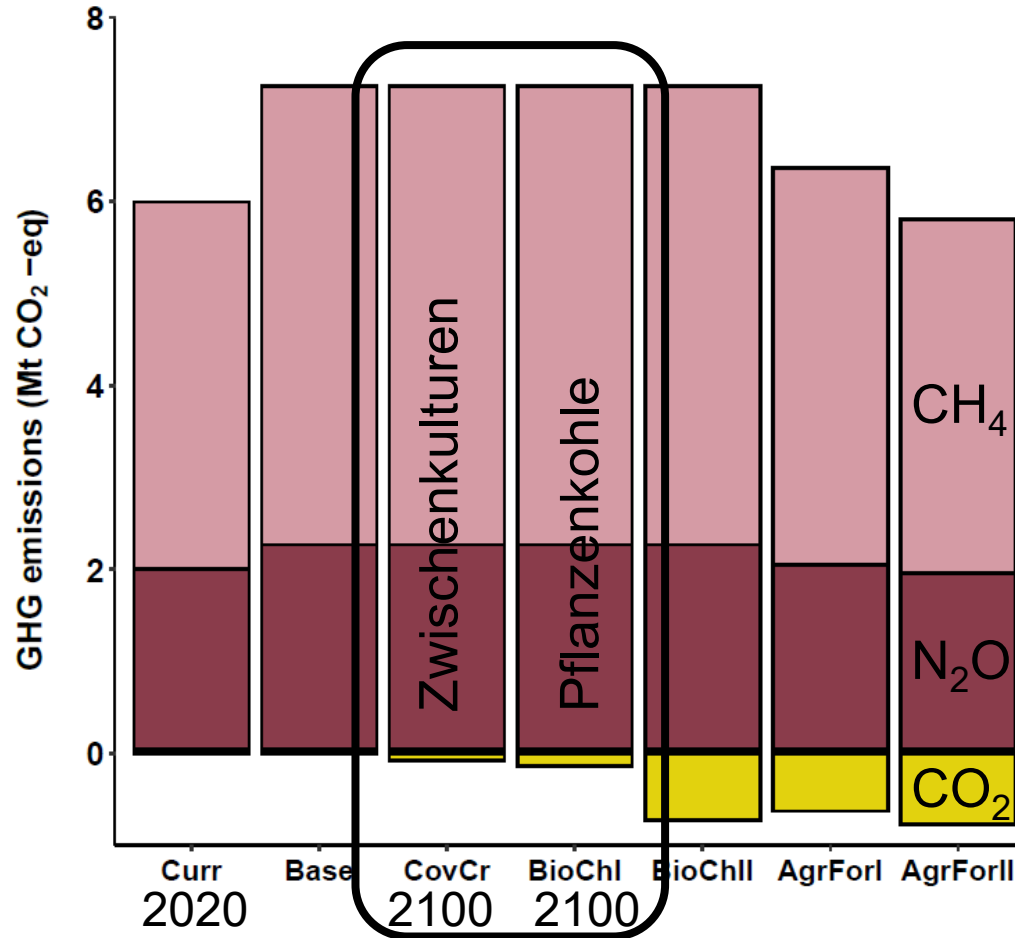


Kuster et al. 2012, Agrarforschung Schweiz

Potenzial: 0.56-0.60 Mio. t
CO₂-äq Jahr⁻¹



Im Vergleich zu Emissionen aus Tierhaltung/ Düngung sind realistische Potentiale für C Sequestrierung sehr klein



Mit allen 3 Massnahmen
könnten 25 % des
Klimaziels erreicht werden

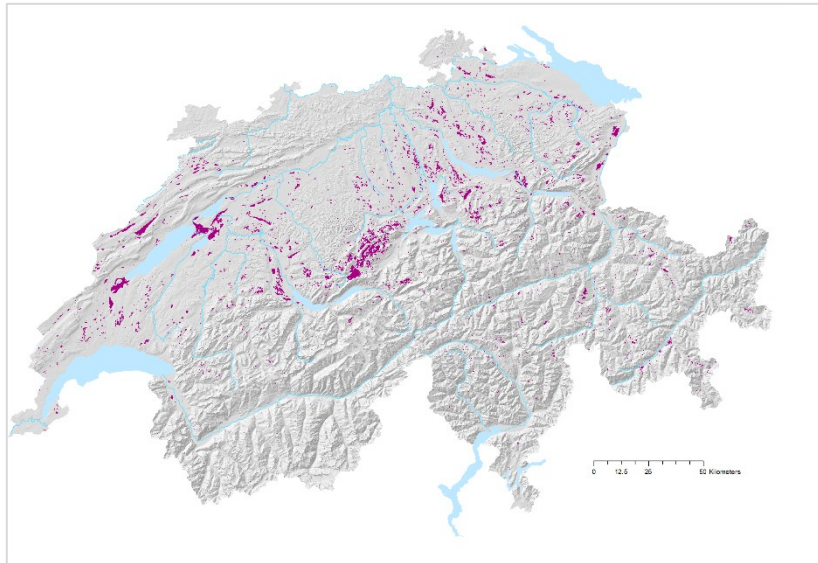


C Sequestrierung



Organische Böden

- Ehemalige Moorböden. Entstanden unter wassergesättigten Bedingungen welche den Abbau hemmen. Hohe C Konzentrationen
- Werden sie drainiert, wird der Abbau der organischen Bodensubstanz gefördert und es resultieren grosse CO_2 und N_2O Verluste

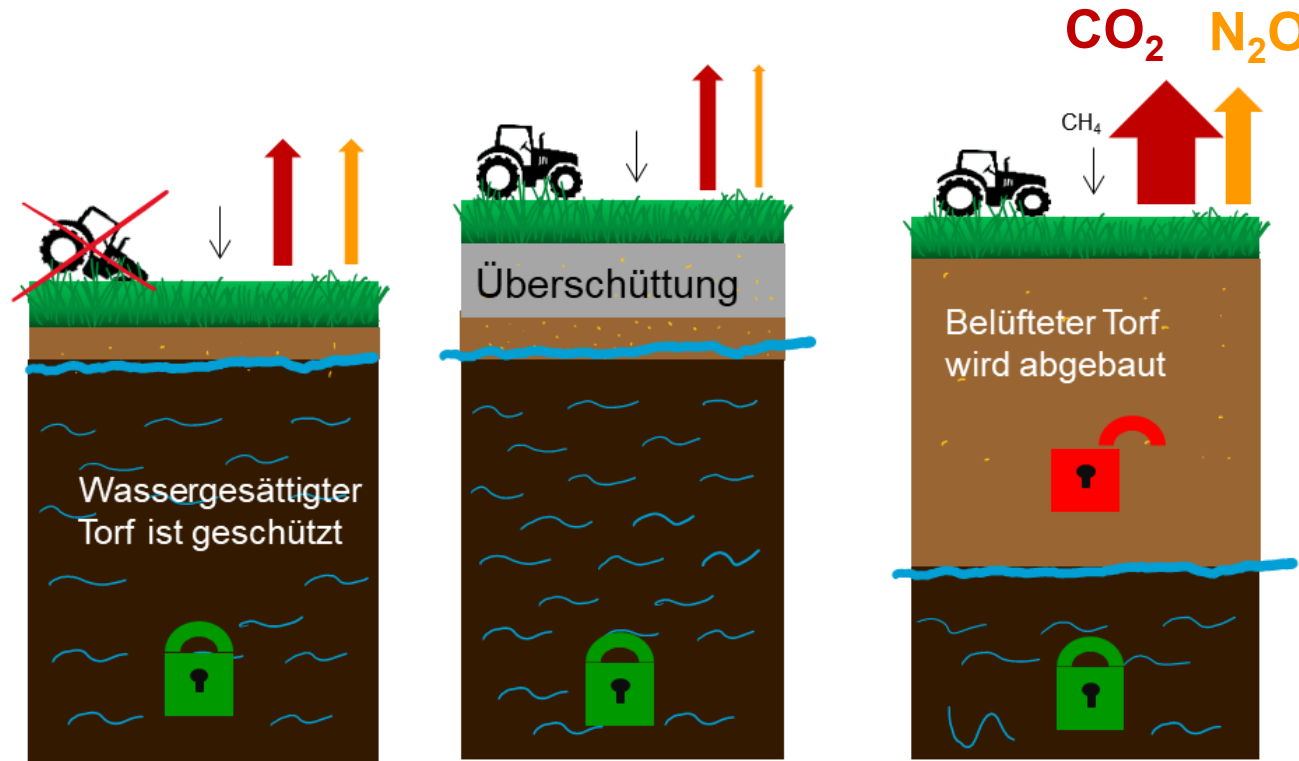


Etwa 1.7 m des Oberbodens wurden bereits abgebaut

Foto: Gabriela Brändle



Minderungsmaßnahme: Überschüttung mit mineralischem Boden



- Erlaubt weitere traditionelle Nutzung ohne die Drainage zu erneuern.
- Wassergesättigter Torf ist vor Abbau geschützt (Reduktion CO_2 Emissionen) und zusätzlich werden Lachgasemissionen reduziert.
- Überschüttung reduziert Emissionen nur in Kombination mit Wiedervernässung

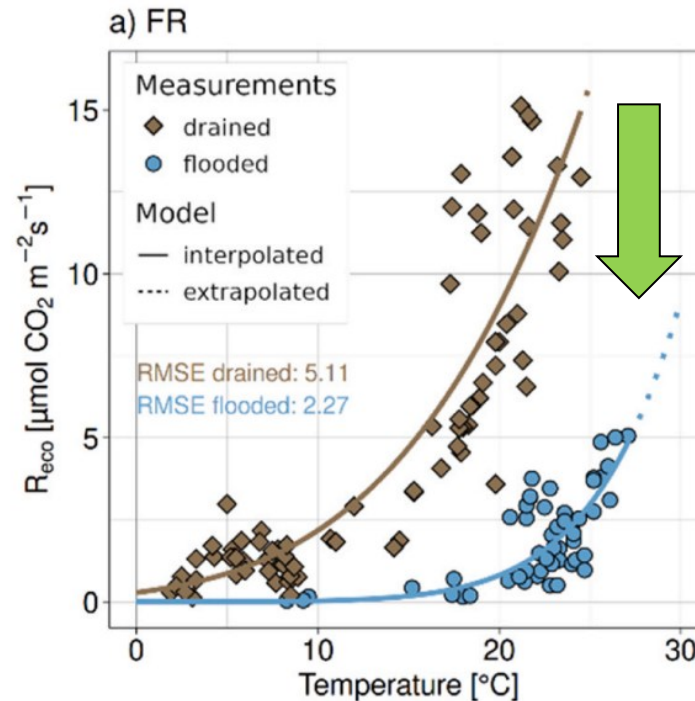


Wiedervernässung und Nassreisanbau: Produktion erhalten und THG-Bilanz verbessern

Reduktion der
CO₂ Verluste



Mesokosmenversuch, Zürich



THG-Emissionen im
Vergleich zu drainierten
Töpfen: 36% tiefer

Methanemissionen durch
Wiedervernässung nehmen
zwar zu, aber machen nur
8% der totalen THG-
Emissionen aus



Feldversuch auf Reisfeld in La Sauge



SNF Projekt «RiceClim» von Sonja Paul

Vergleich der THG-Bilanz eines
Nassreisackers mit einem drainierten Acker



Wiedervernässung: gefährdete Tier- und Pflanzenarten finden neuen Lebensraum



Sympetrum pedemontanum



Laubfrosch (*Hyla arborea*)

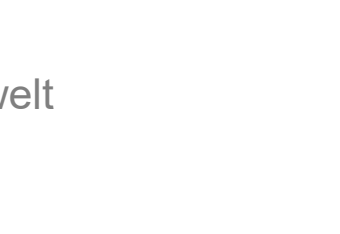
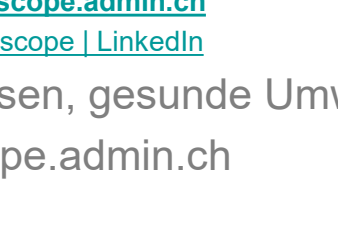
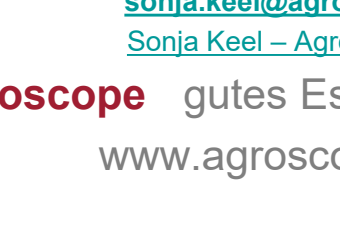
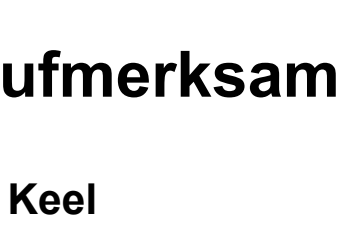
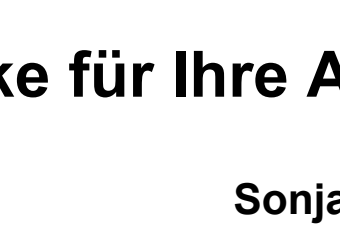
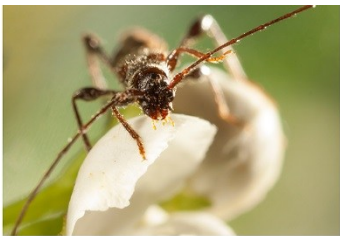


Cyperus fuscus



Schlussfolgerungen

- Landwirtschaftlich genutzte mineralische Böden in der Schweiz waren in den letzten 10 Jahren kleine CO₂ Quellen. Um die Bodenqualität zu verbessern/erhalten, ist eine Umsetzung von Massnahmen zum Aufbau der C_{org} Vorräte nötig
- Alle gezeigten Massnahmen haben positive Nebeneffekte (z.B. Biodiversität, Erosionsschutz) und unterstützen die Erreichung weiterer Umweltziele
- Mit verbesserter Bodenbewirtschaftung alleine können die Klimaziele der Schweizer Landwirtschaft nicht erreicht werden und es braucht weitere Minderungsmaßnahmen, die bei den Methan- und Lachgasemissionen ansetzen



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Sonja Keel

sonja.keel@agroscope.admin.ch

[Sonja Keel – Agroscope | LinkedIn](#)

Agroscope gutes Essen, gesunde Umwelt

www.agroscope.admin.ch

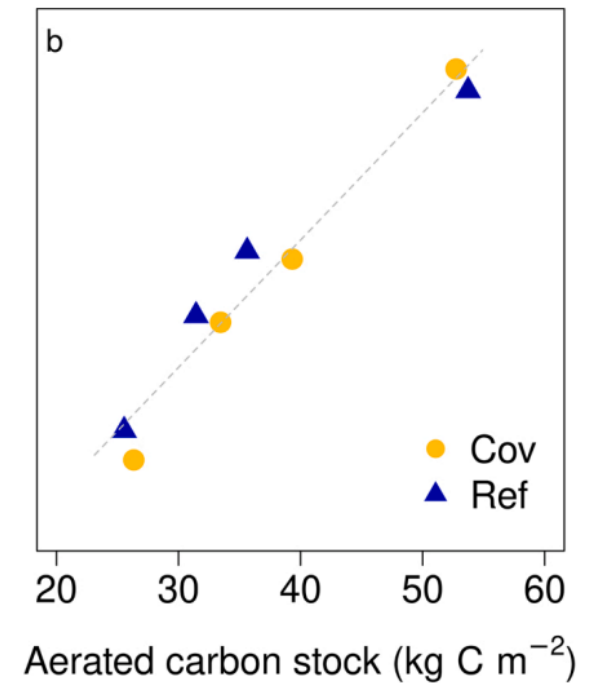
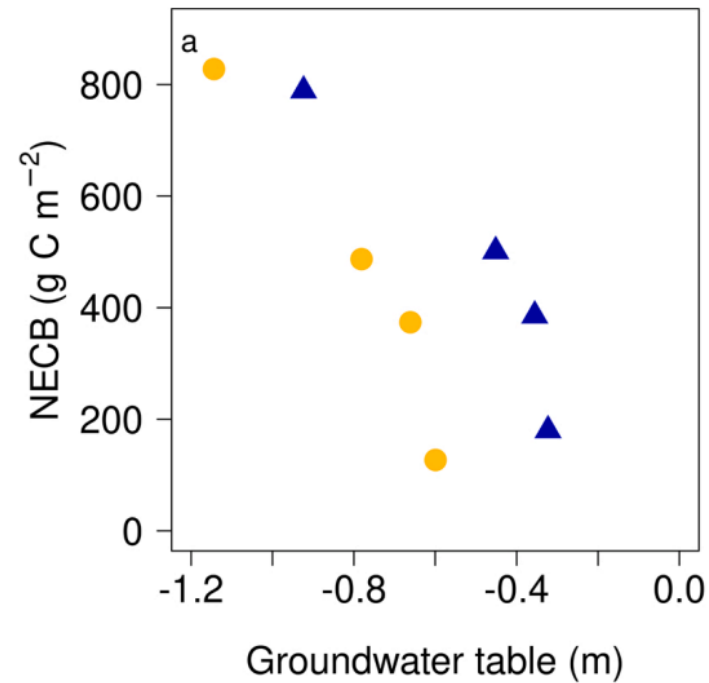
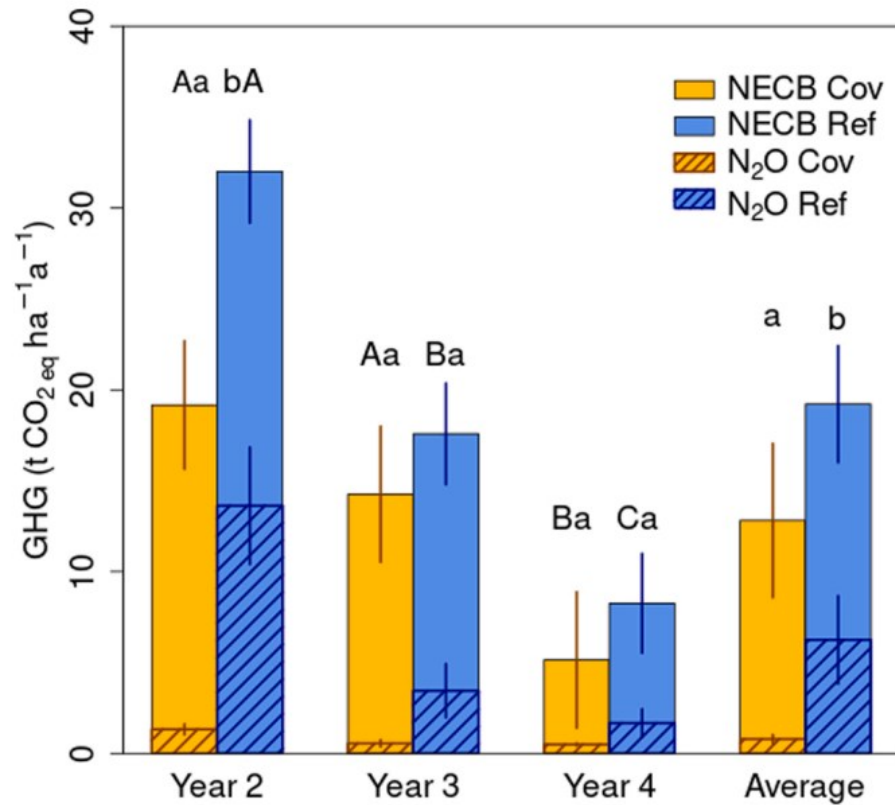




Überschüttungsversuch (Paul et al. 2024)

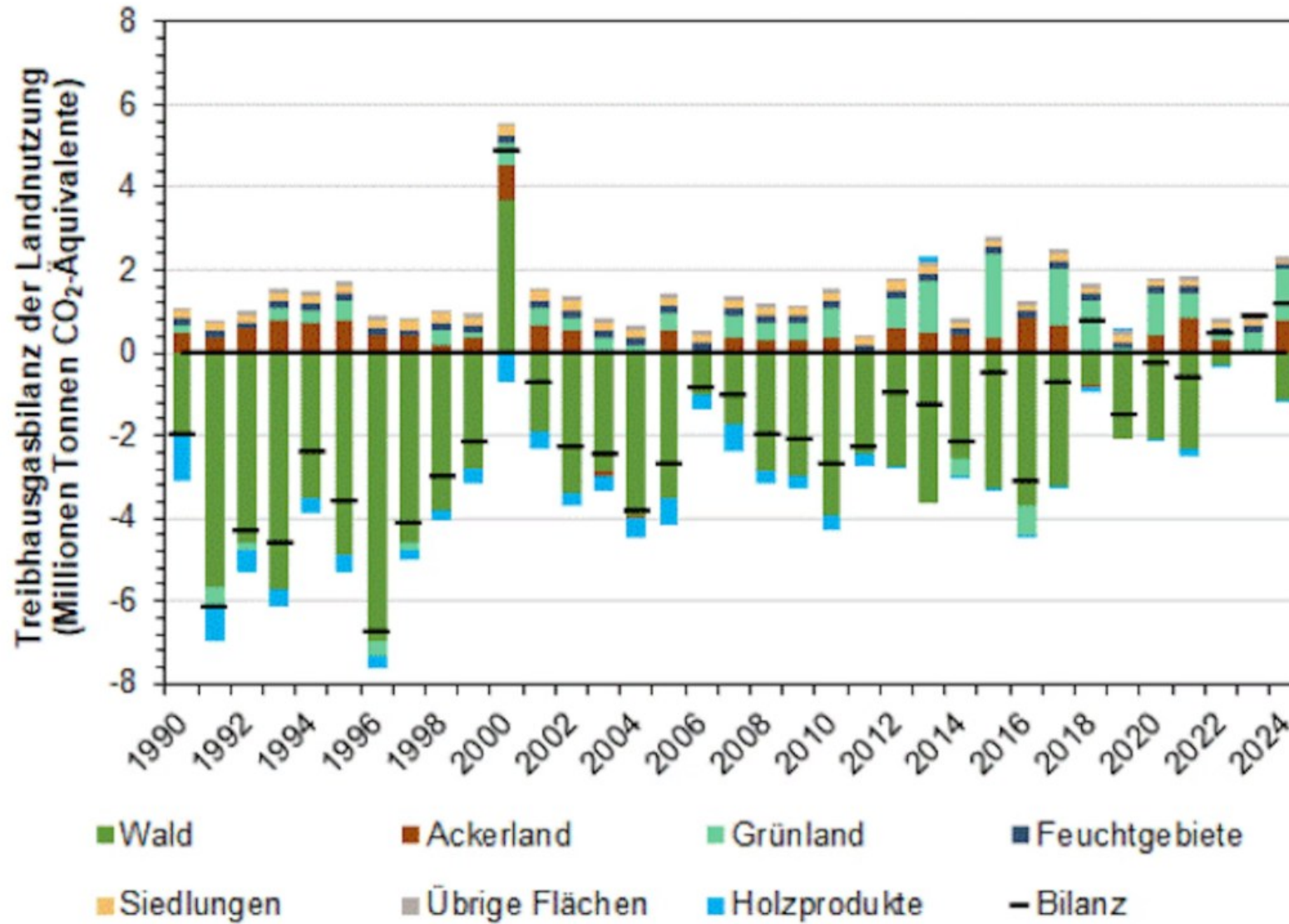
NECB = CO₂ Emissionen

Im Jahr 2 were die N₂O Emissionen aussergewöhnlich hoch





Sektor Landnutzung (LULUCF)





Erhöhung von C_{org} ist auch wichtig um die Bodenqualität zu verbessern (v.a. Ackerland)

