



Chance und Risiken biologischer Kohlenstoffsinken –
Was und wieviel wissen wir?

ETH Zürich, 29. Juni 2004

Kohlenstoff-Senken und -Quellen landwirtschaftlicher Flächen und Böden

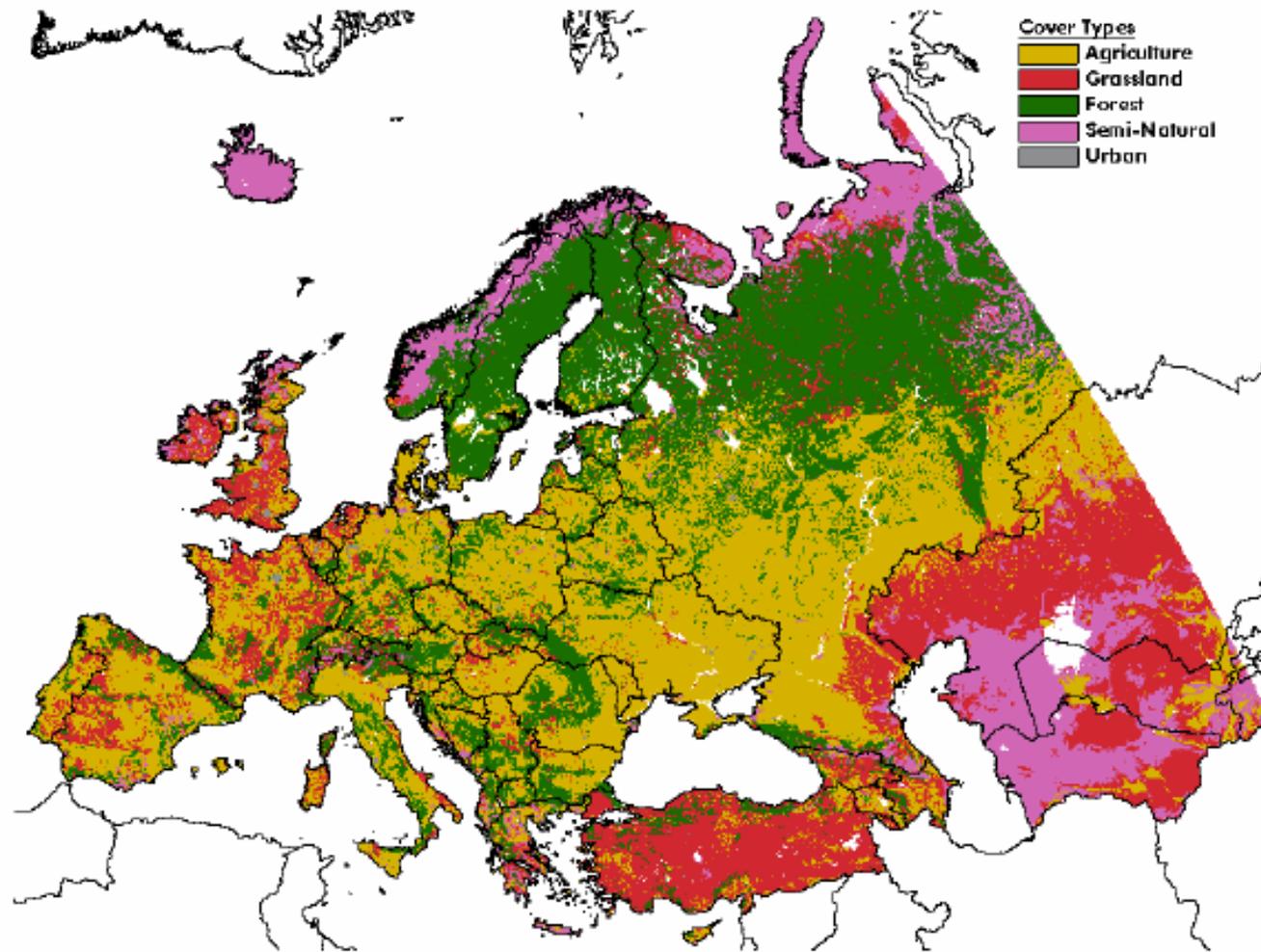
Jürg Fuhrer und Jens Leifeld

**Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau
Lufthygiene/Klima
8046 Zürich**

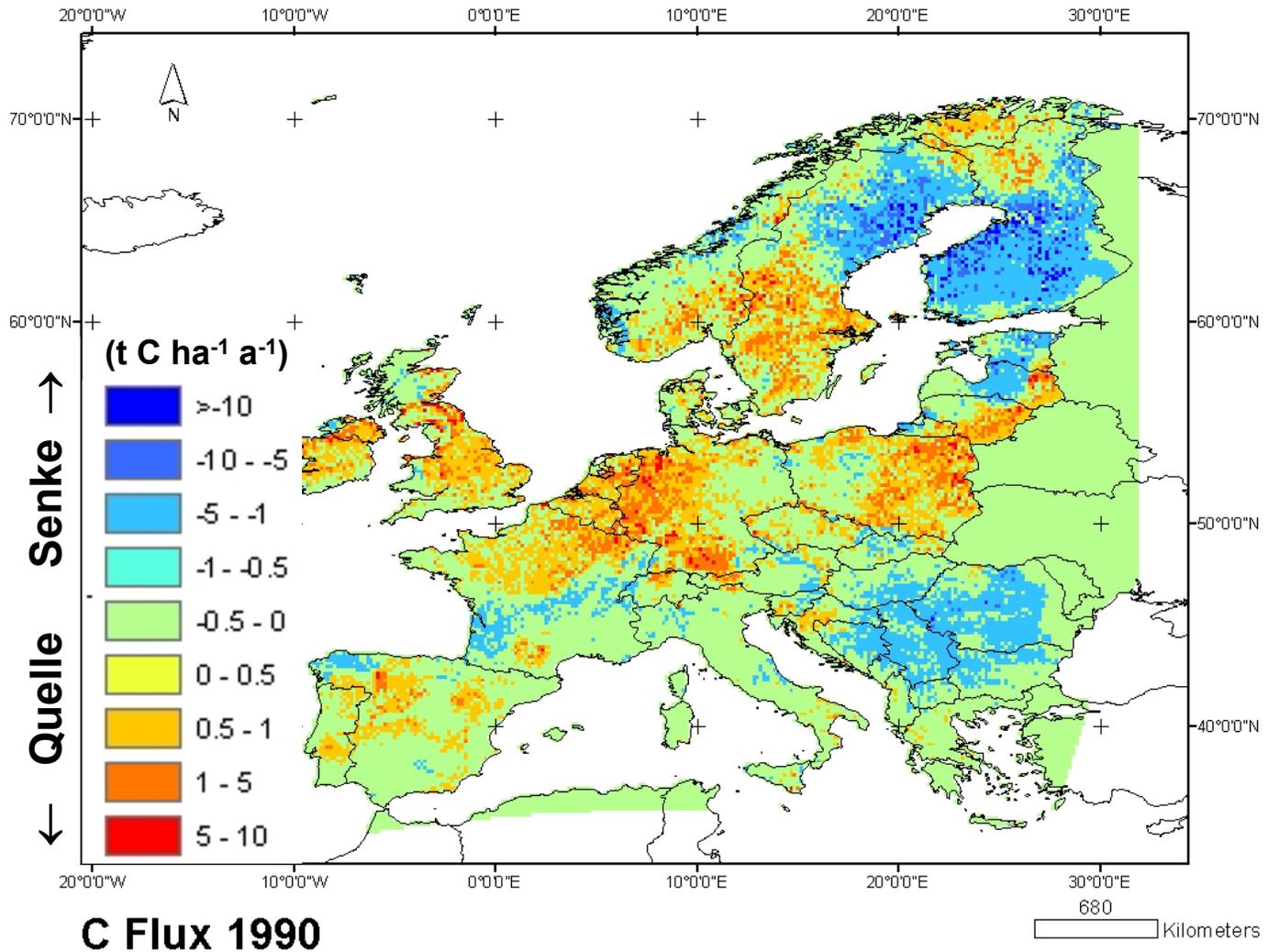
Inhalt

- **Kohlenstoff in Agrarökosystemen**
- **C-Sequestrierung**
- **Das Potenzial von Massnahmen**
- **Treibhausgasbilanz**
- **Ausblick**

Landnutzung in Europa

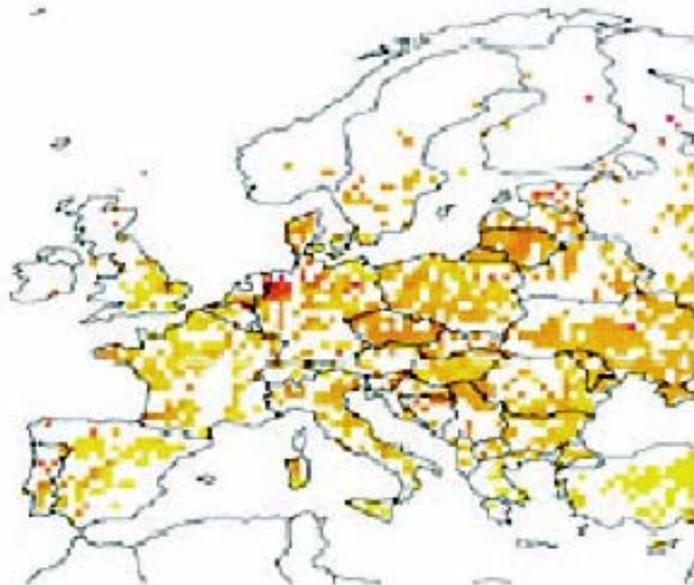


Jährlicher Boden C-Fluss

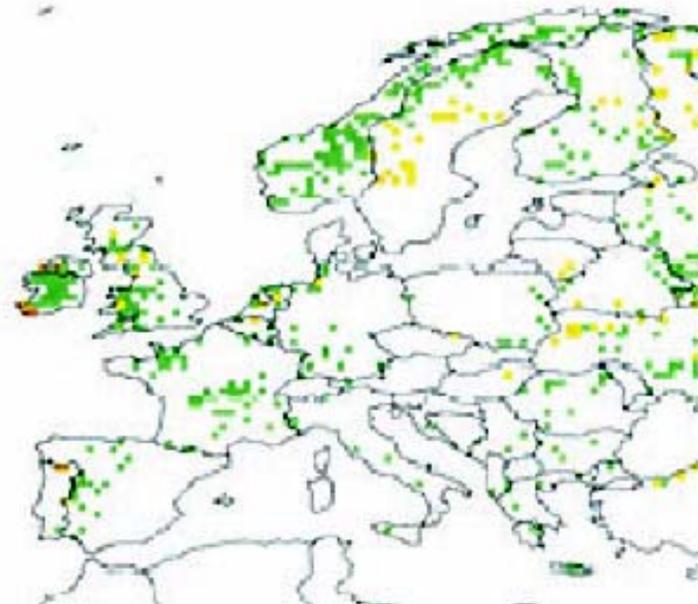


Verteilung der Boden C-Flüsse (Simulation)

Ackerland

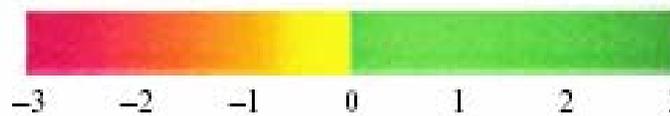


Grasland



Quelle

Senke



(t C ha⁻¹ a⁻¹)

Vleeshouwers & Verhagen, 2002

Böden als CO₂-Quellen und -Senken

- **Landwirtschaftsböden in Europa (bis zum Ural):**
(Janssens et al., 2001)

Ackerland: - 300 Tg C a⁻¹ (± 186)

Grasland: +101 Tg C a⁻¹ (± 133)

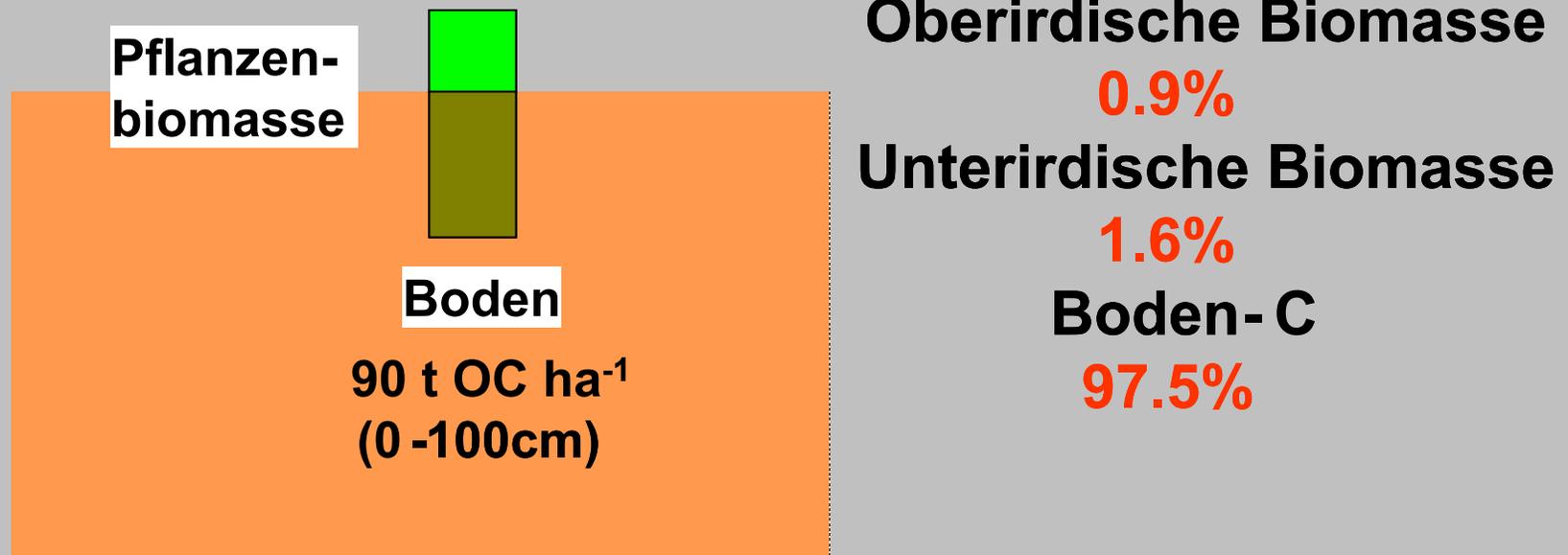
→ **Grösste biosphärische Quelle für CO₂ in Europa**

→ **Grösste Unsicherheit aller Flüsse**

→ **Bedeutendes Potenzial zur Verringerung des C-Flusses in die Atmosphäre, und zur netto C-Bindung durch Veränderung der Bewirtschaftung**

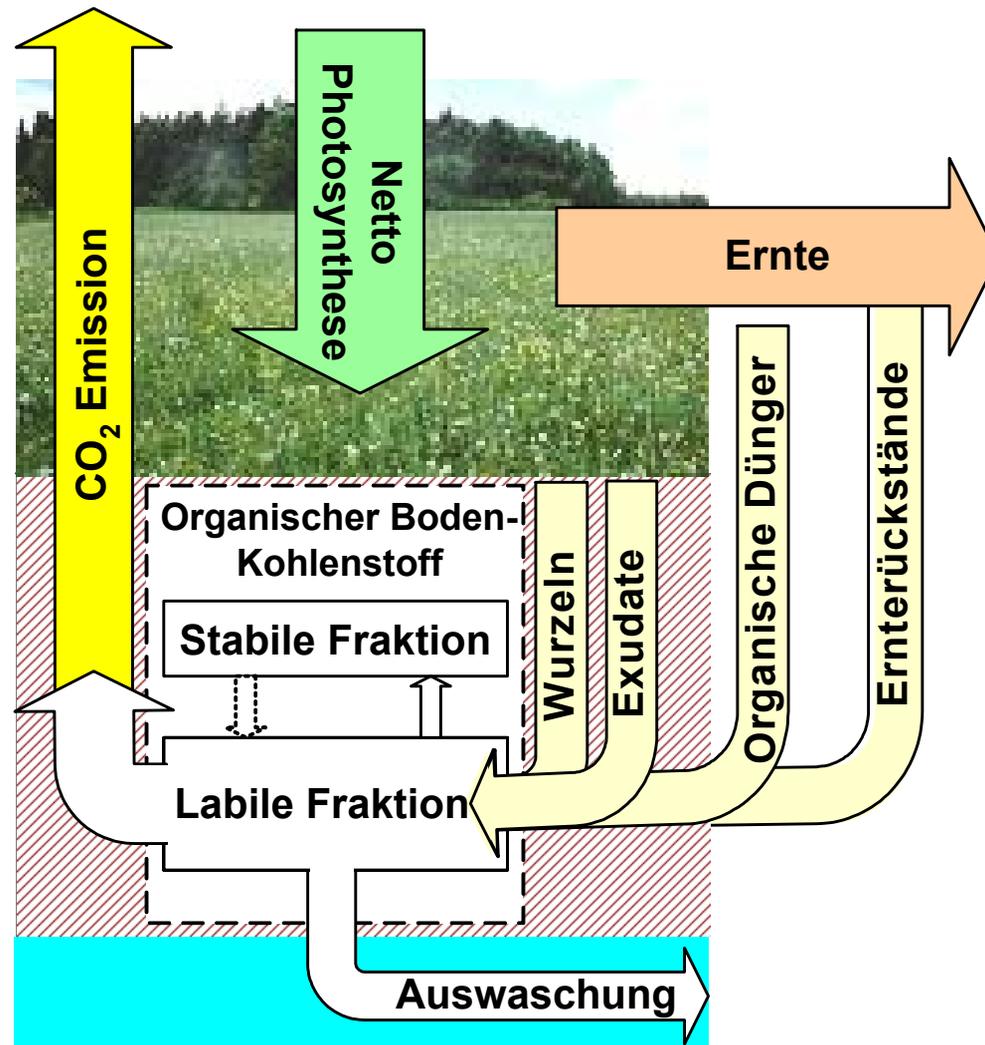
Kohlenstoff in der Landwirtschaft

Acker-Kunstwieserotation:

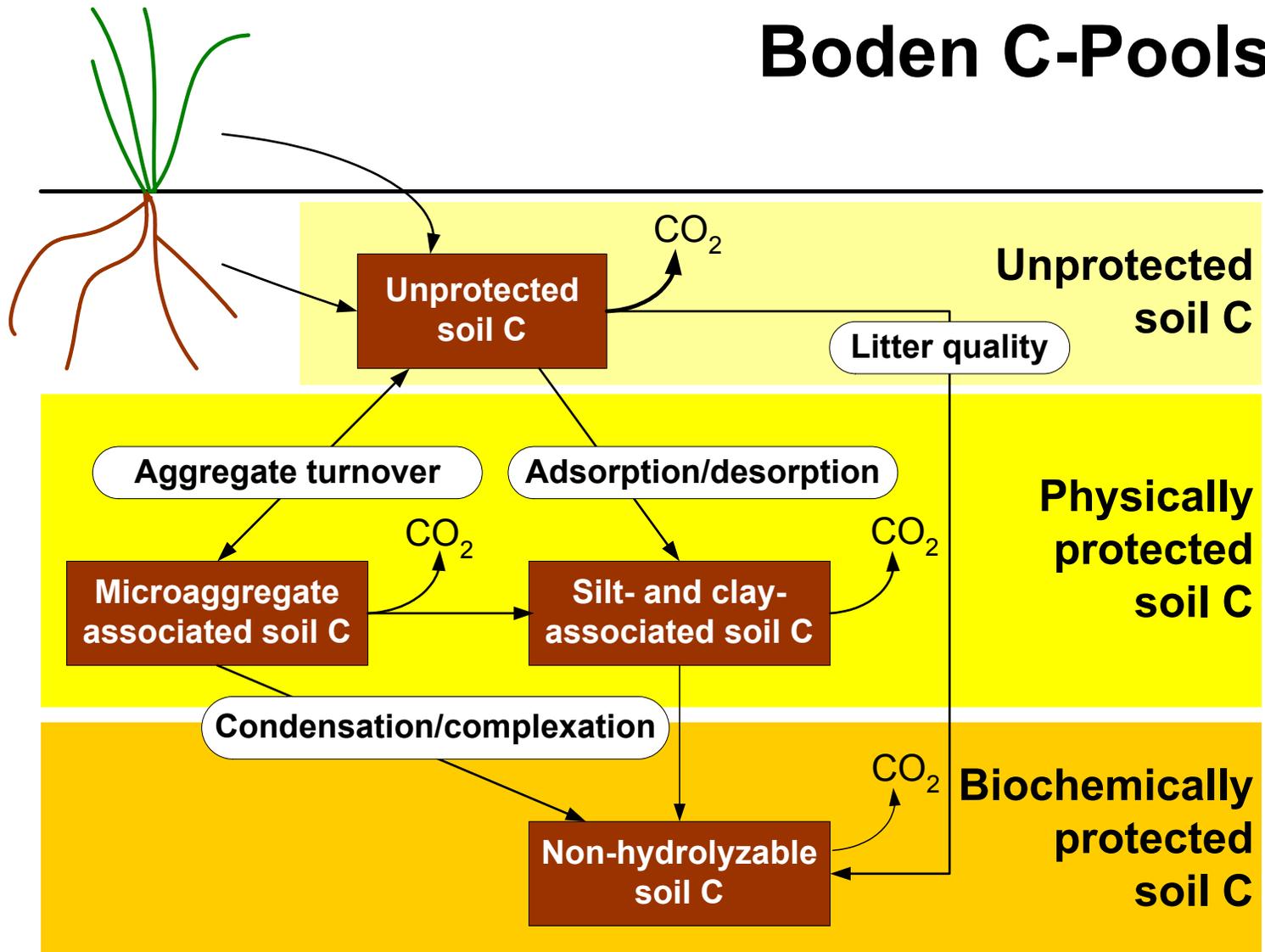


→ Für landwirtschaftliche Aktivitäten ist der Boden-C entscheidend

C-Flüsse in Agrarökosystemen



Boden C-Pools

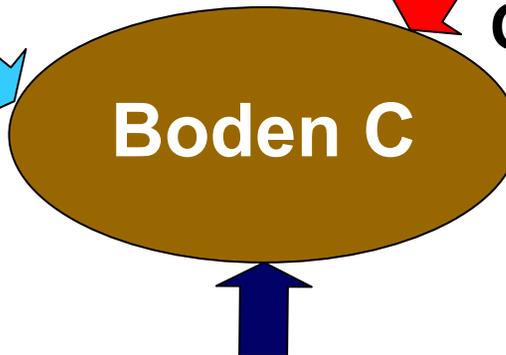


Konzeptionelles Model der organischen Bodensubstanz (SOM) Dynamik mit messbaren Pools (Six et al., 2002).

Steuerungsgrößen für Boden C

Abiotisch

Temperatur
Feuchtigkeit
Durchlüftung



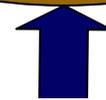
Bewirtschaftung

Bodenbearbeitung
Düngung
Ernterückstände
Organische Zugaben

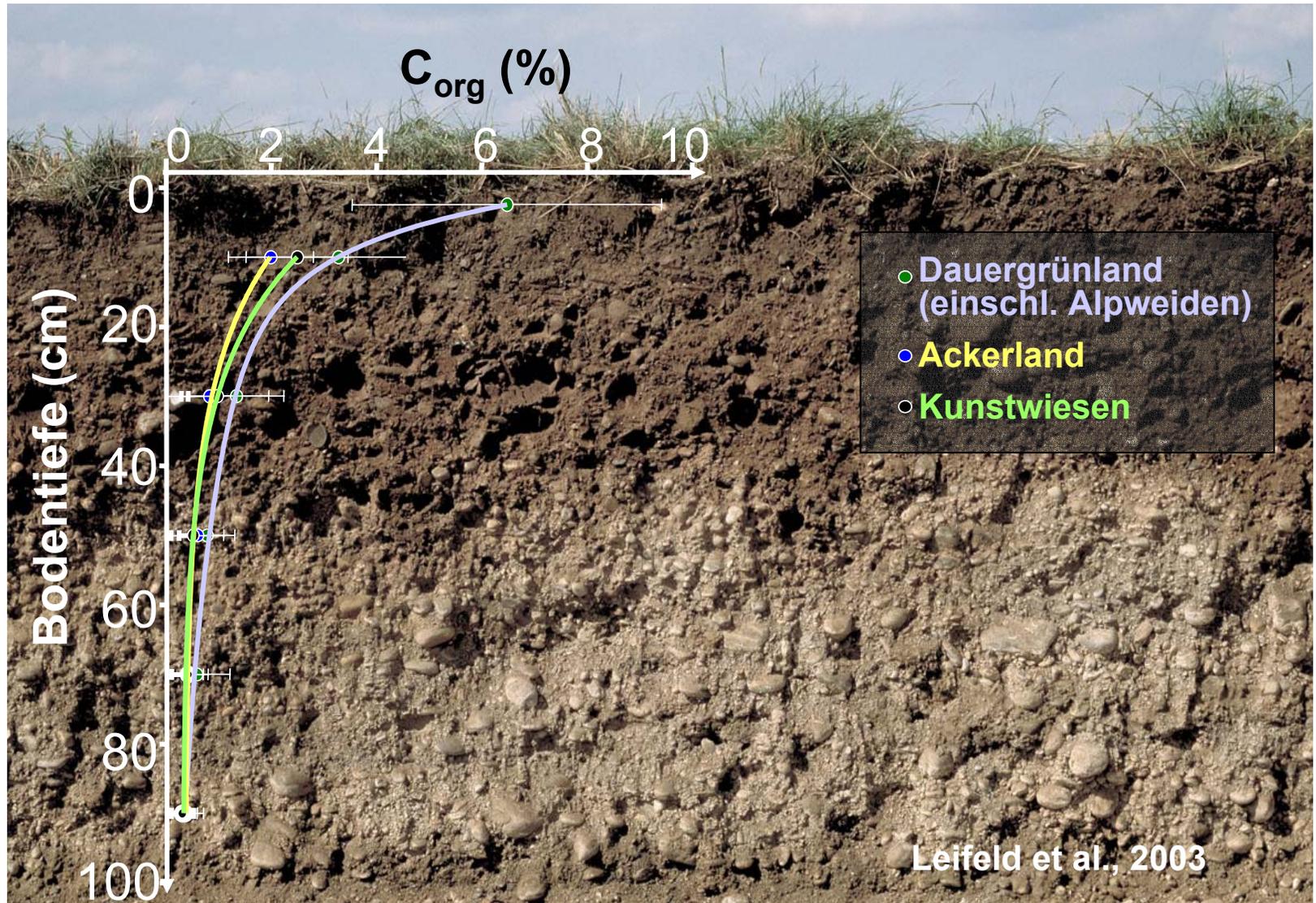


Bodeneigenschaften

Textur
Tonmineralogie
Bodentiefe
pH



C-Verteilung im Boden

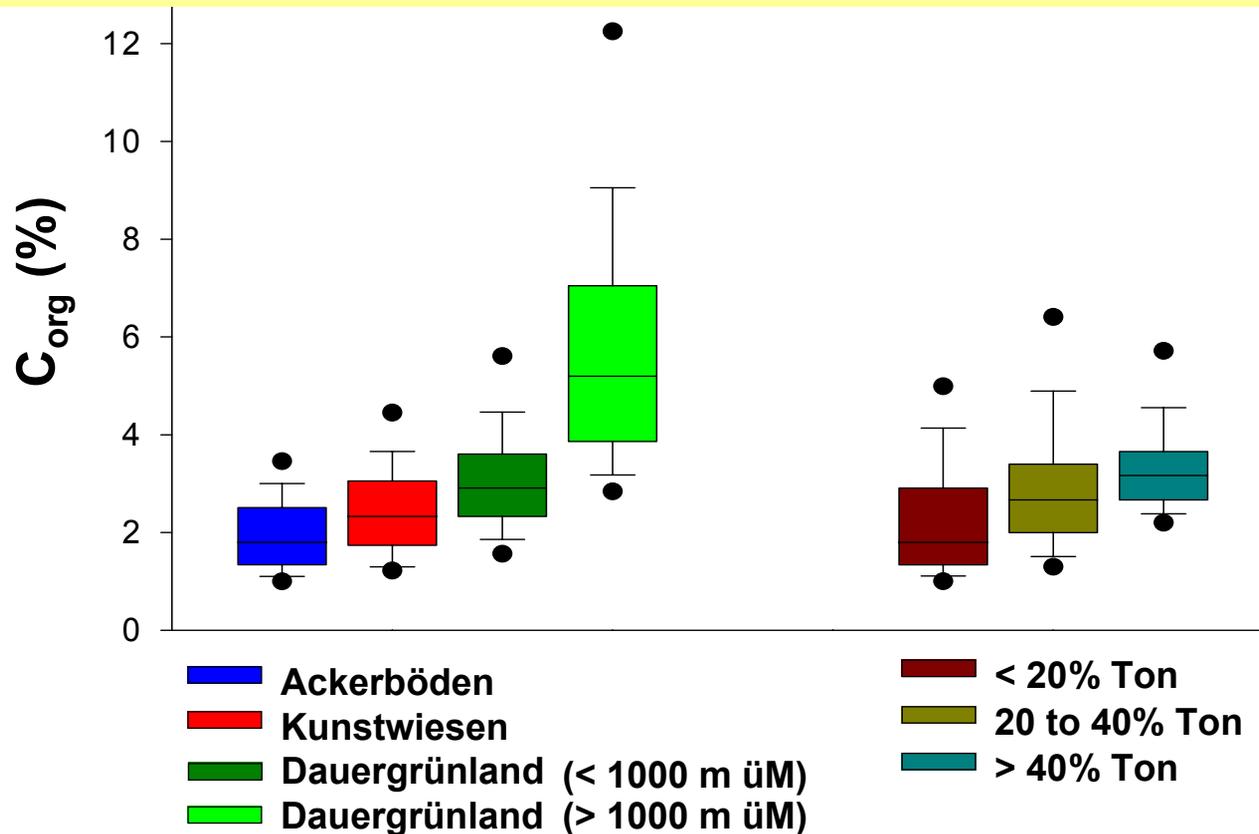


Einfluss von Landnutzung und Tongehalt

Landnutzung:

Wiesland höhere Lagen > Wiesland tiefere Lagen > Kunstwiese > Acker

Tongehalt: Positiver Einfluss; besonders wichtig bei Mittellandböden

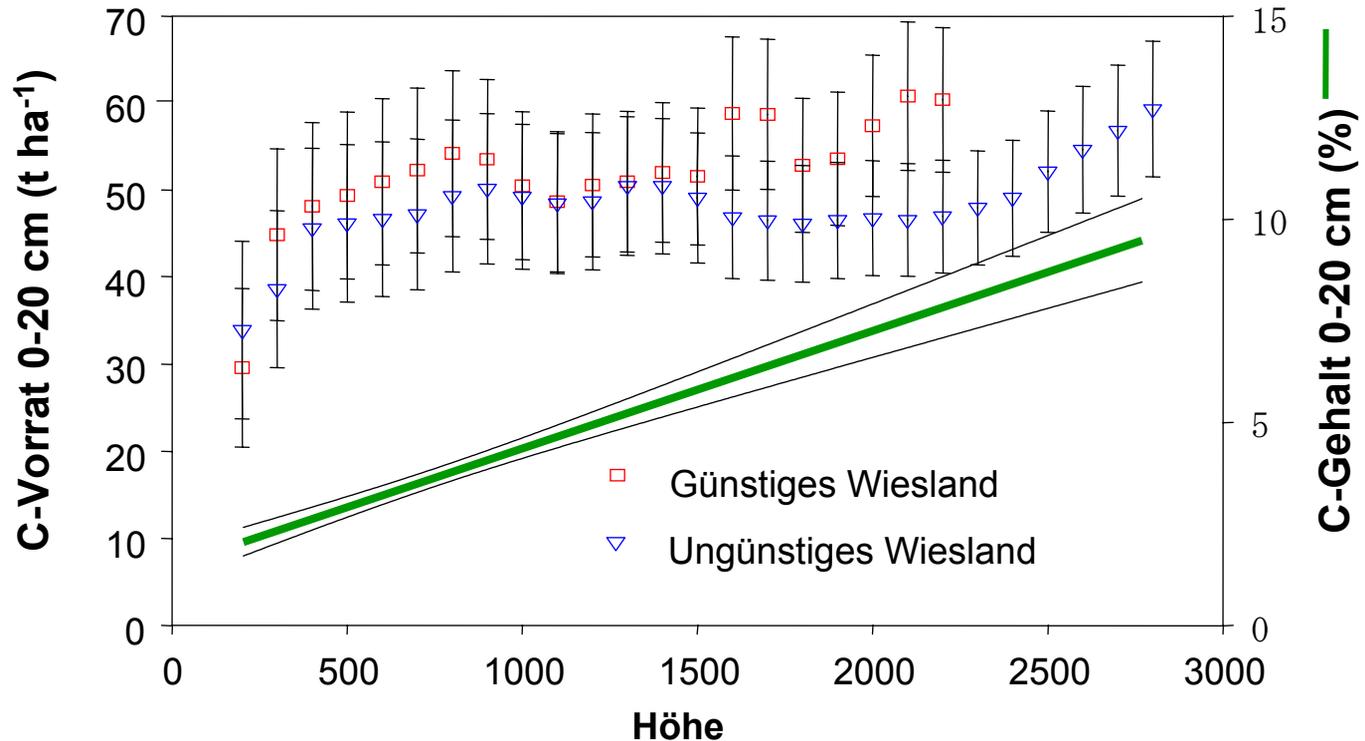


Leifeld et al., 2003

agroscope

FAL RECKENHOLZ

Einfluss der Höhenlage



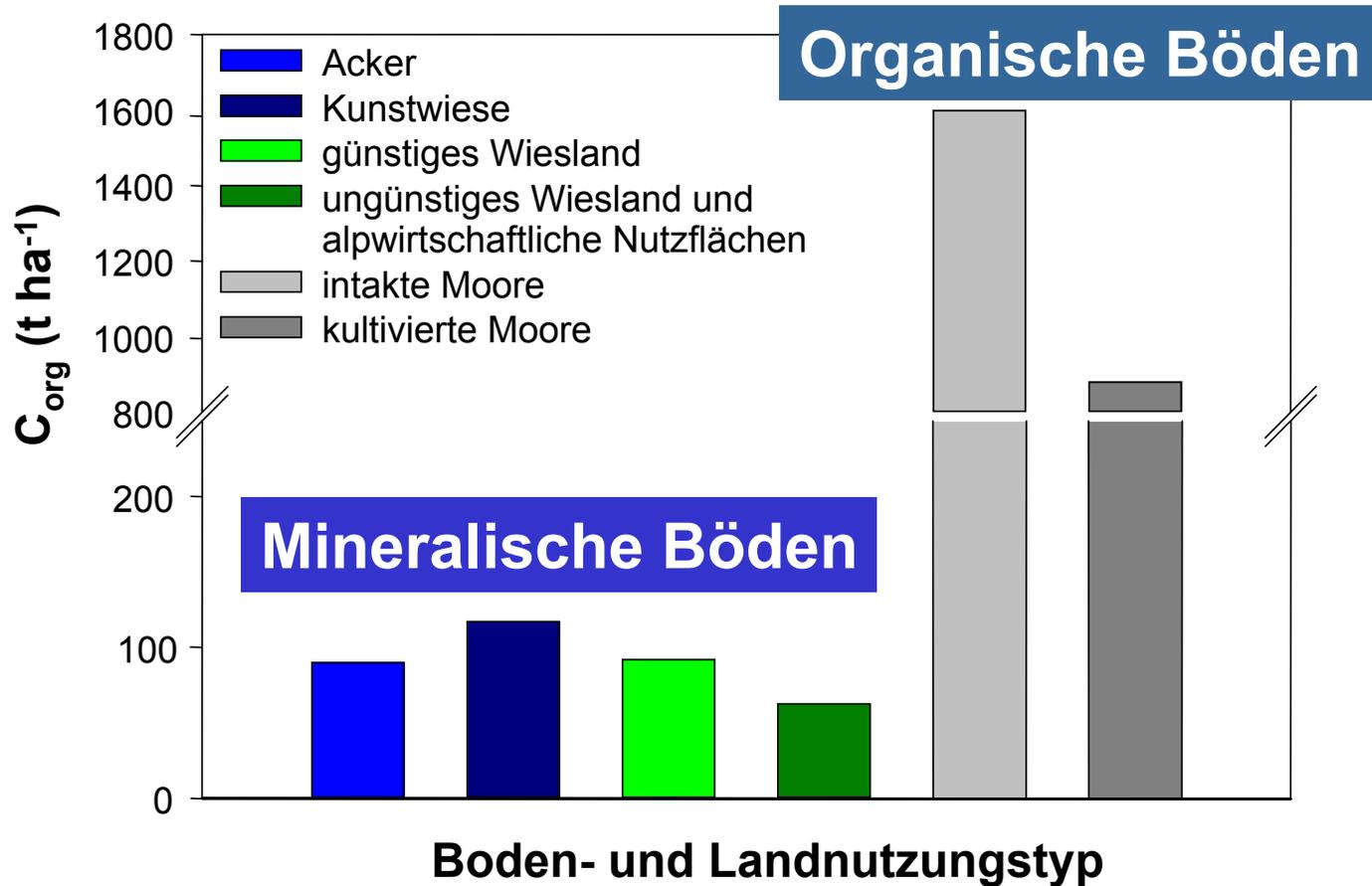
Höhenlage: Einfluss der Temperatur
Zusätzliche Steuerungsgrößen: Profiltiefe und Skelettgehalt
(Alpen und Jura)

Leifeld et al., 2003

agroscope

FAL RECKENHOLZ

Kohlenstoffgehalte



1. Mineralböden: 0-100 cm; Moore: 0-200 cm

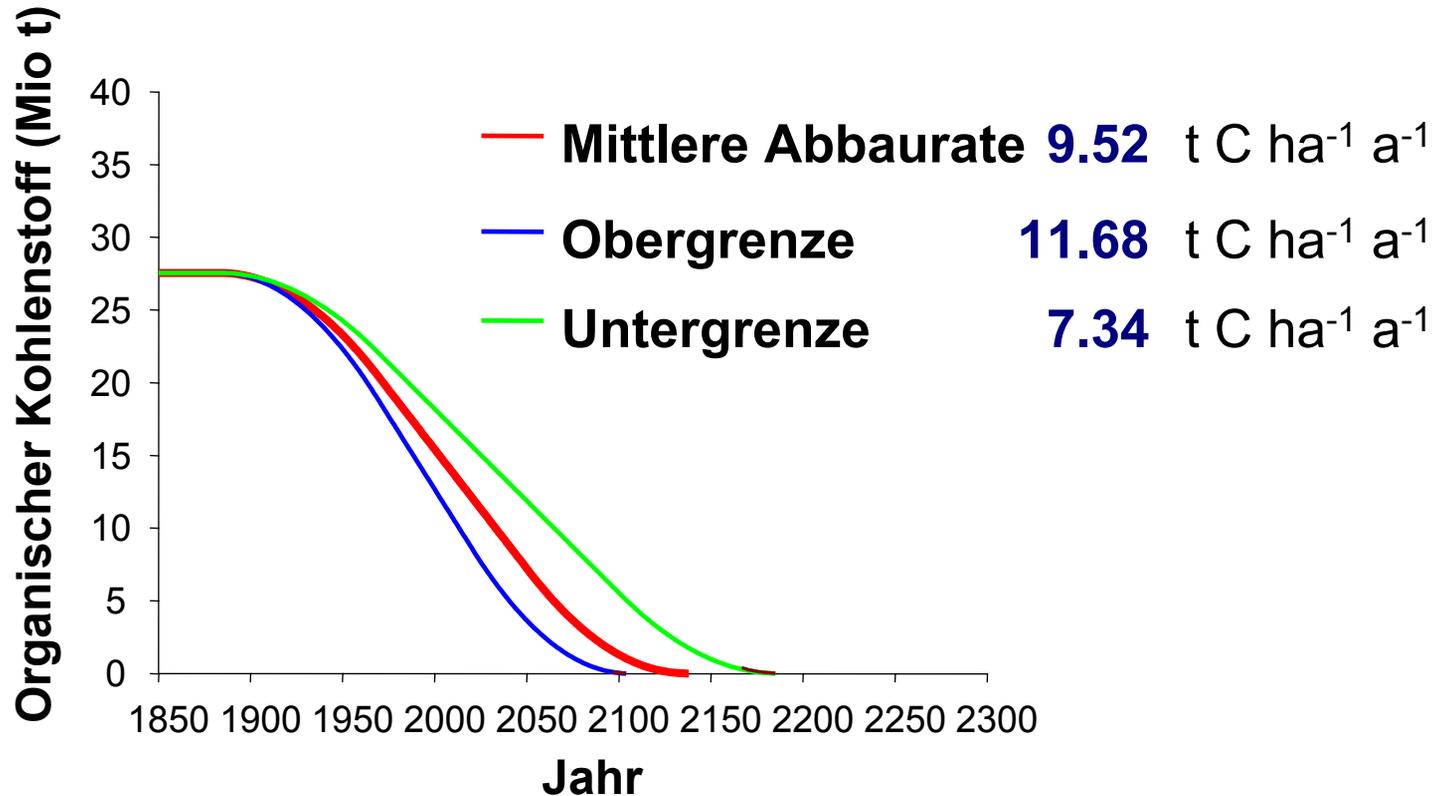
Leifeld et al., 2003

agroscope

FAL RECKENHOLZ

C-Abbau in organischen Böden

Bewirtschaftete Fläche seit 1885: **17'000 ha**



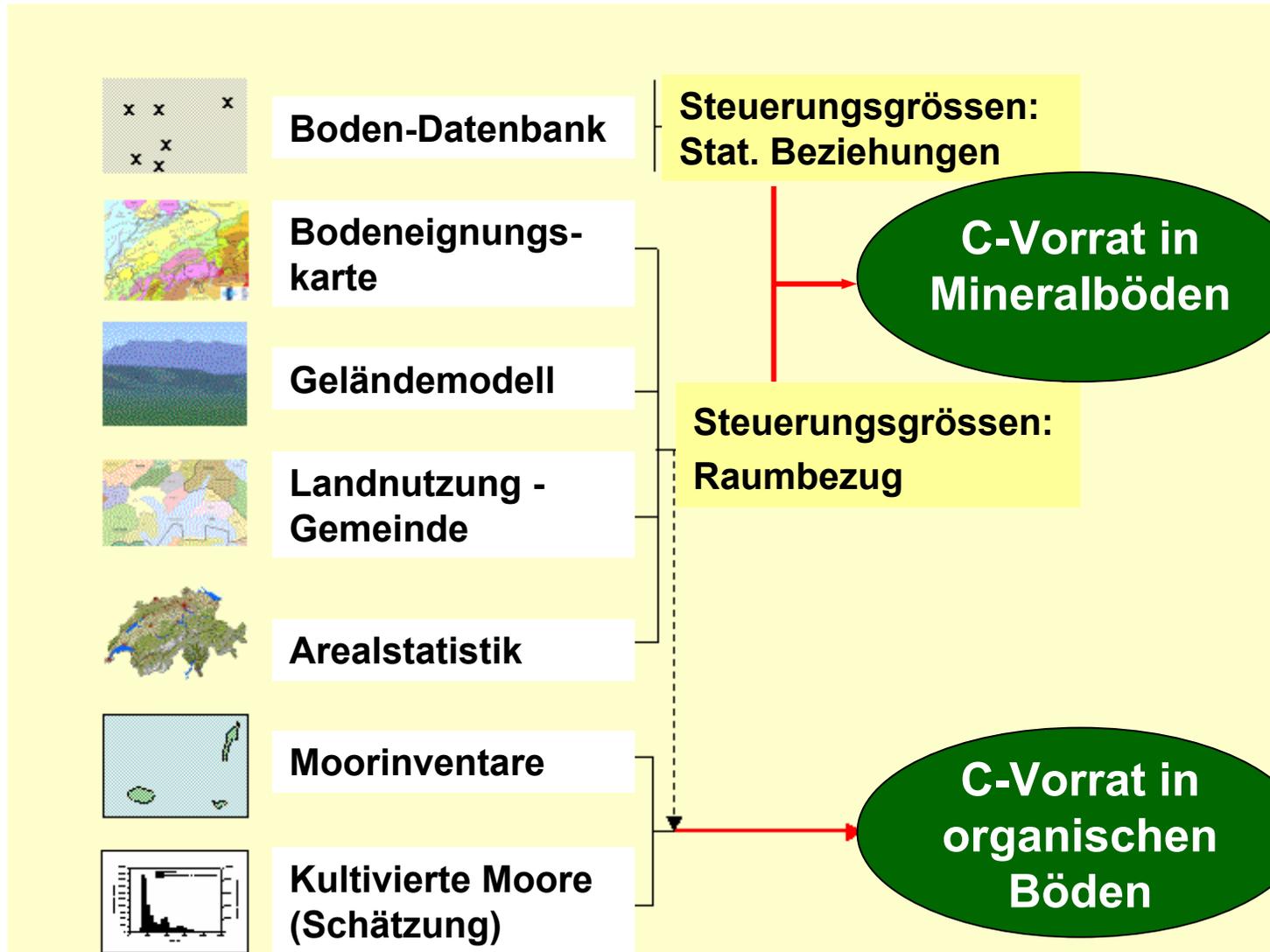
⇒ **C-Vorrat in organischen Böden: 712 – 1042 t ha⁻¹**

Leifeld et al., 2003

● agroscope

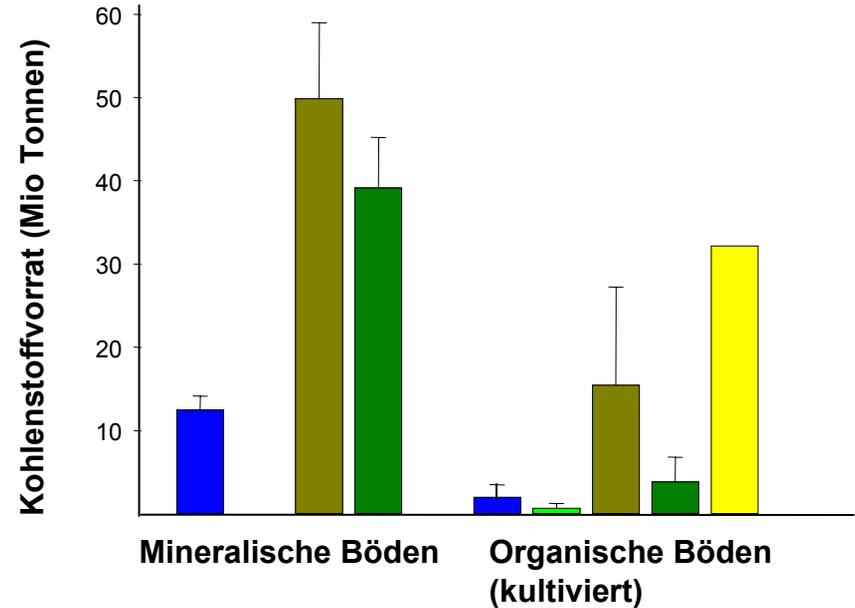
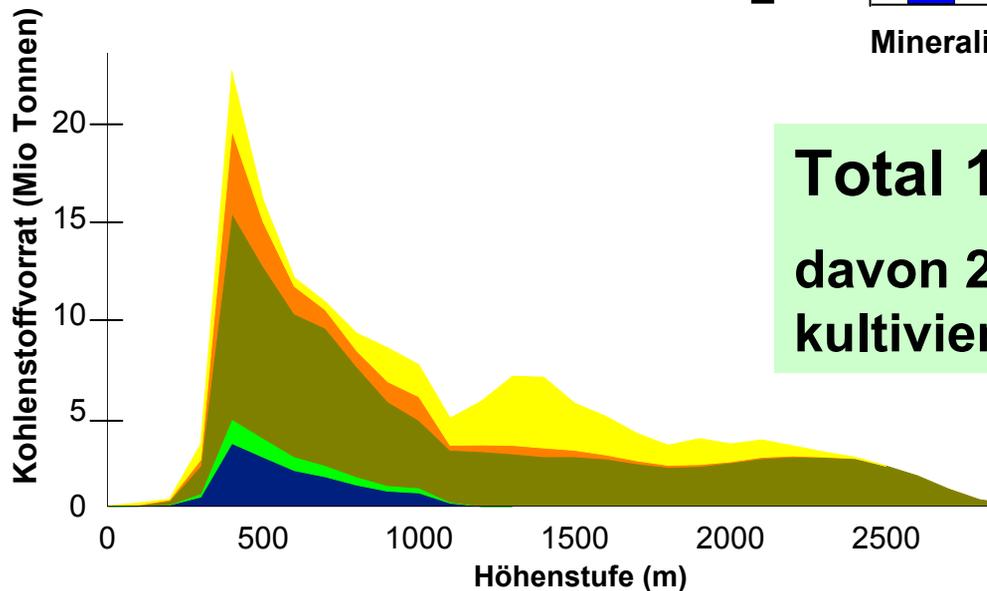
FAL RECKENHOLZ

Abschätzung des gesamten C-Vorrats



Kohlenstoffvorräte

- Intakte Moore
- Organische Böden
- Dauergrünland
- Kunstwiese
- Ackerland



Total 170 Mt C

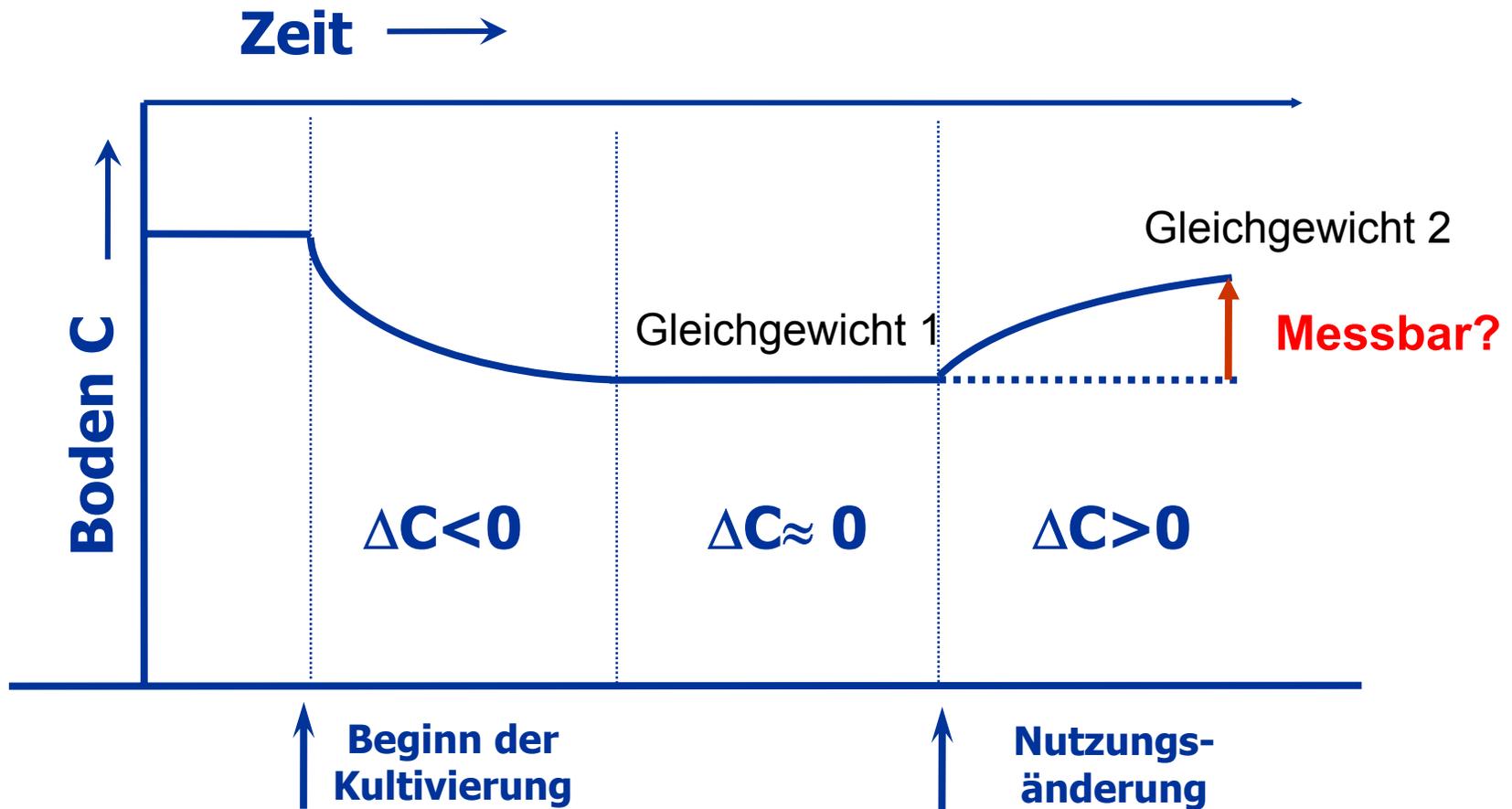
davon 28% in intakten und kultivierten Mooren (37'000 ha)

Leifeld et al., 2003

 **agroscope**

FAL RECKENHOLZ

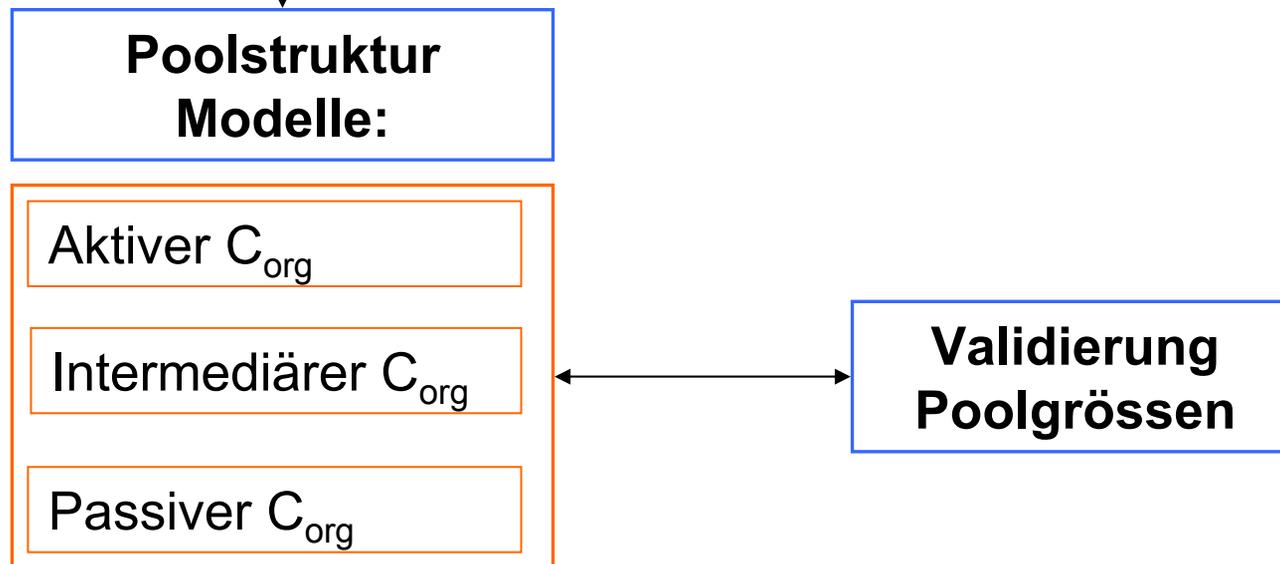
Änderung der Landnutzung



Quantifizierung der Senken

Problem: Veränderungen benötigen z.T. Jahrzehnte, bis sich neue Gleichgewichte einstellen, d.h. die Raten sind klein

Methoden: 1a) Direkte Messung (Boden-C; Eddy-Korrelation)
1b) Empirisch-deterministische Modelle



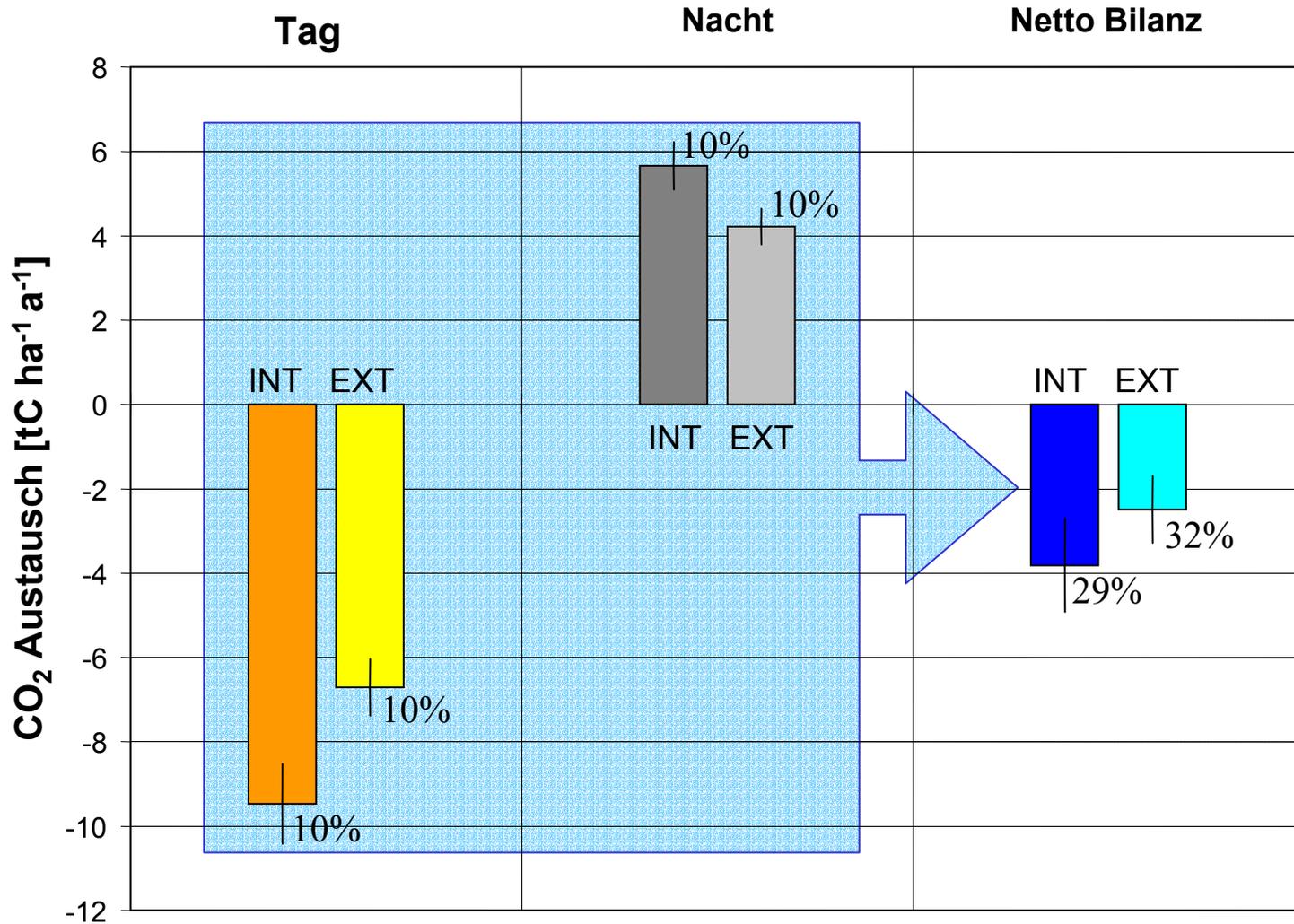
FAL „Kyoto-Wiese“ 2002-?



Extensiv

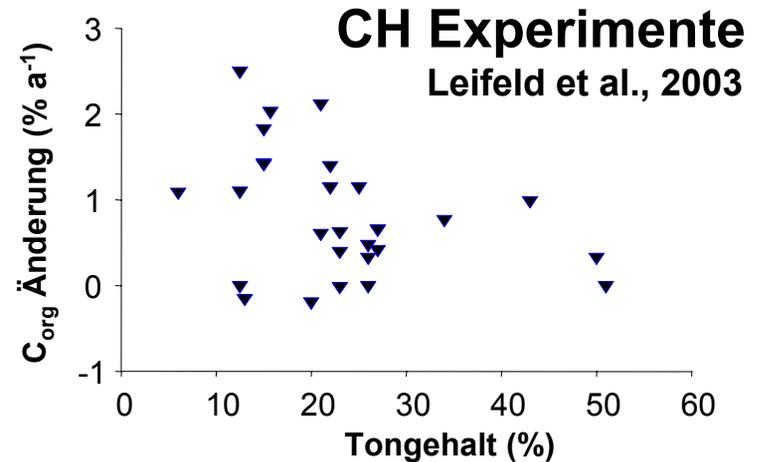
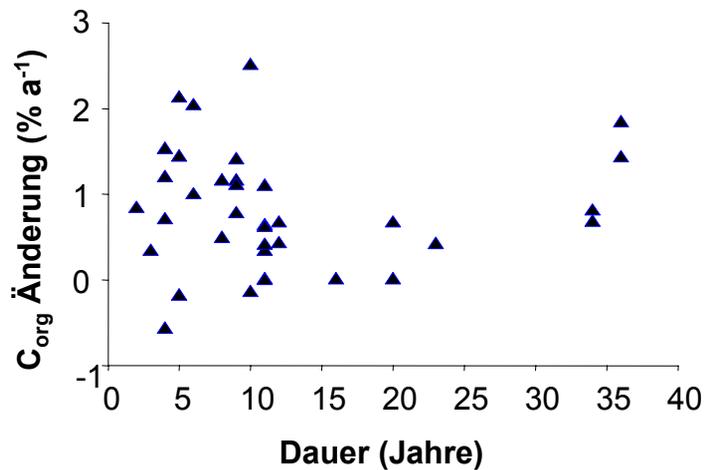
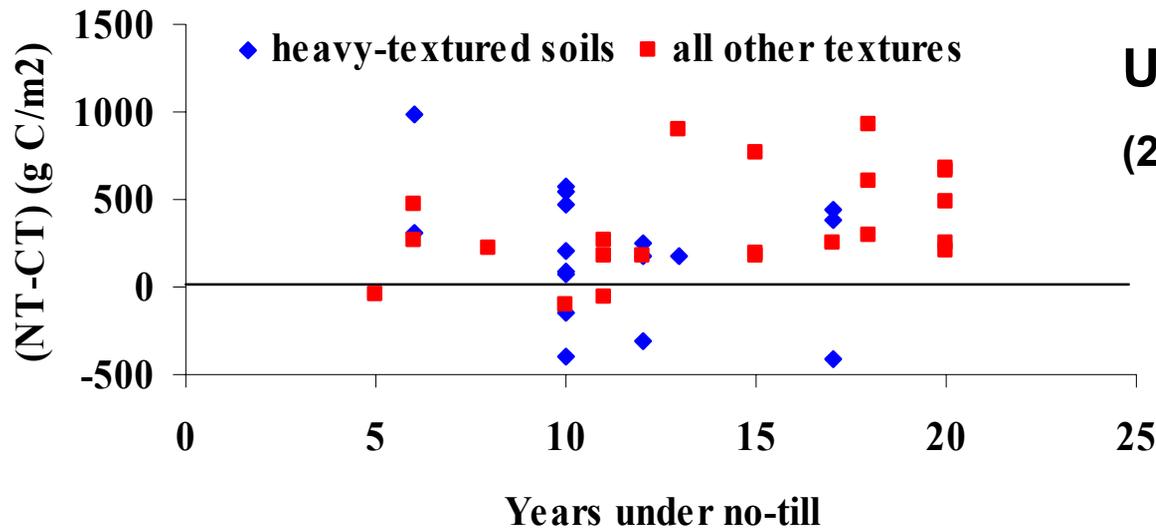
Intensiv

Bilanz des netto CO₂ Fluss



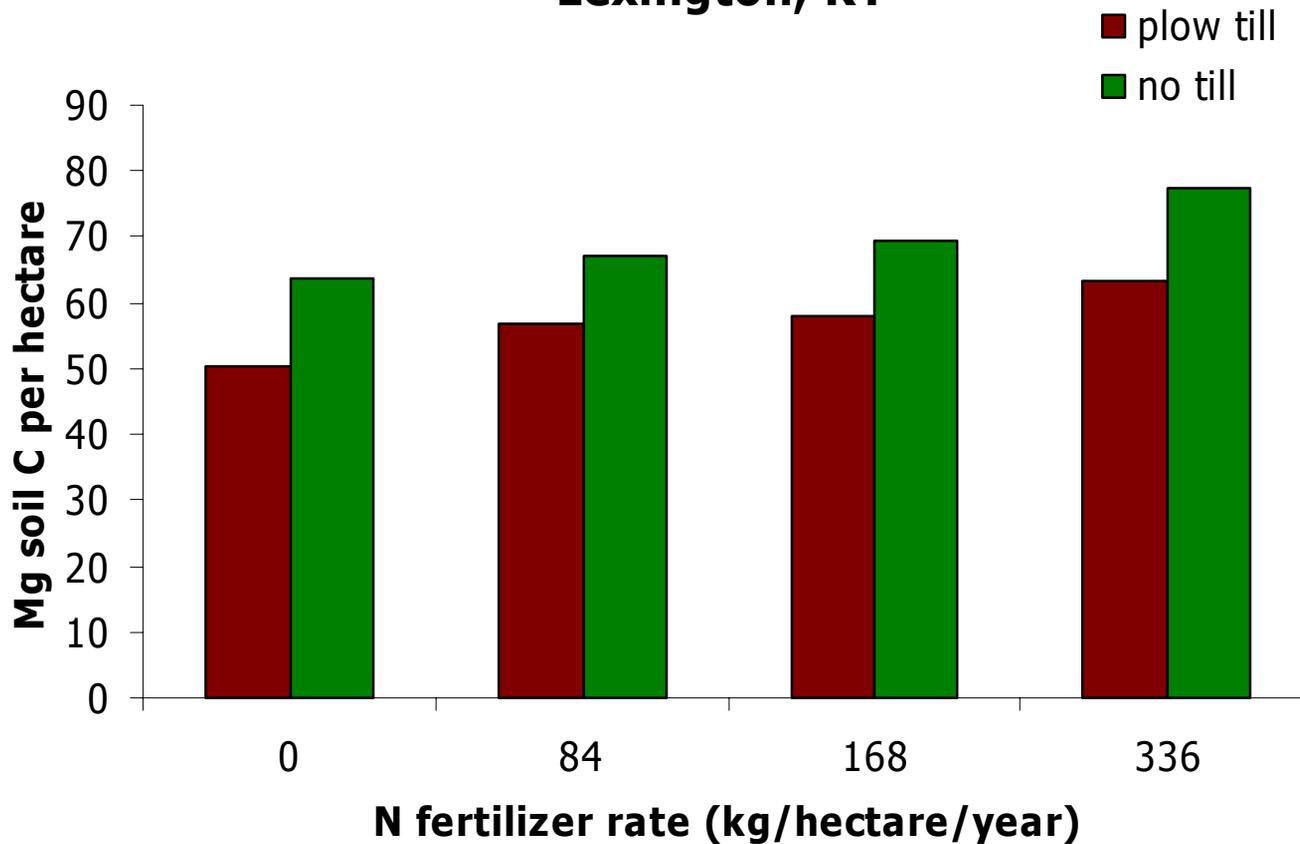
Ammann et al, unpubl.

Pfluglose Bewirtschaftung (no-till)



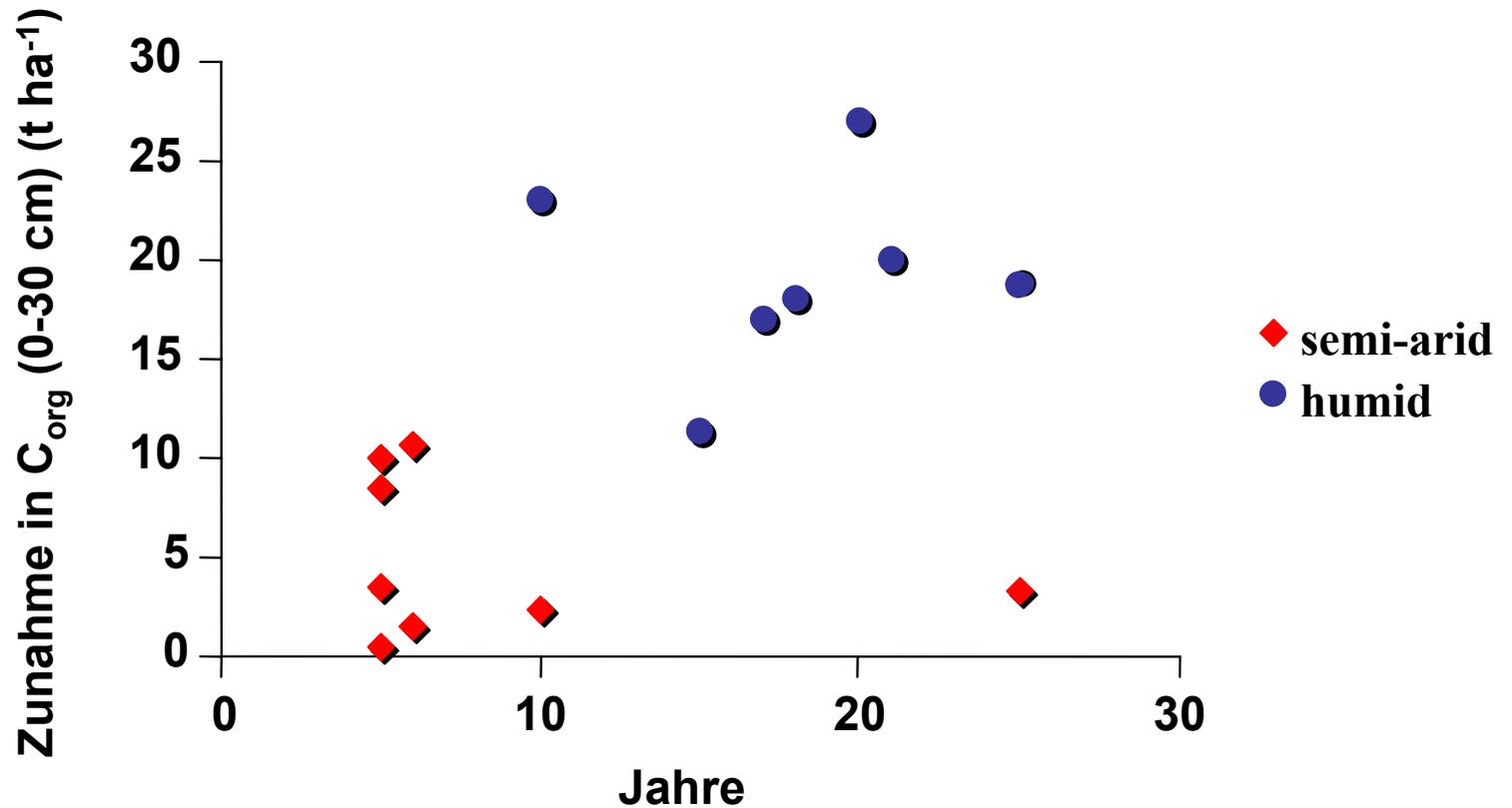
Bewirtschaftung der Ackerkulturen

Lexington, KY



Carbon stocks in no-till vs plow treatments under continuous maize and different fertilizer levels after 25 years.

Umwandlung von Acker- in Grünland



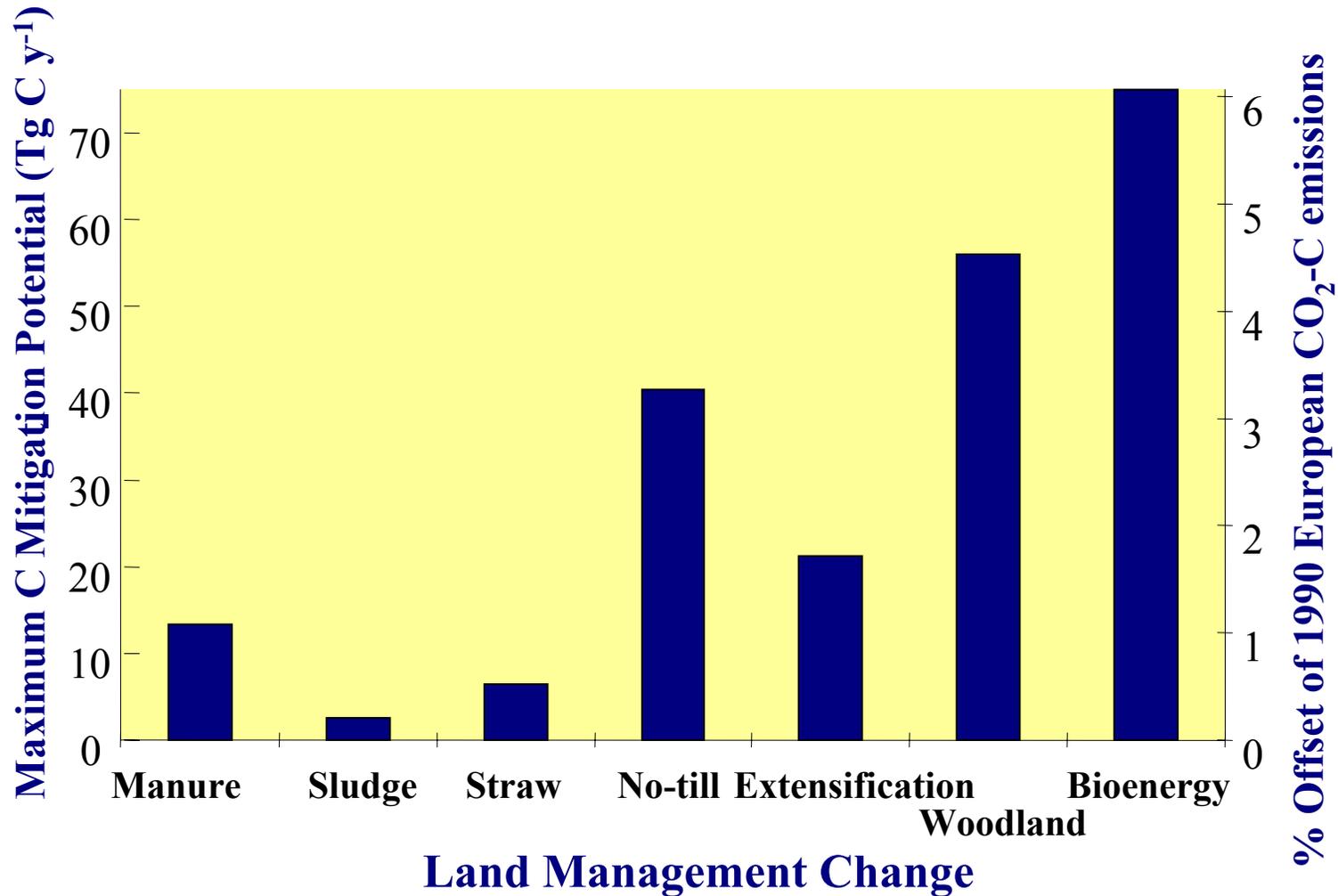
Paustian, 2003

C-Sequestrierung: Raten

	C-Akkumulation (t C ha ⁻¹ a ⁻¹)
Hofdünger (10 t ha ⁻¹)	0.2-0.5
Klärschlamm	0.25
Ernterückstände/Stroh	0.2
Acker- zu Grünland	0.3-0.5
No till	0.2-0.4
Acker- in Grünland	0.3-1.0
Extensivierung	0.5

Leifeld et al., 2003, Dendoncker et al., 2004

C-Sequestrierung: EU-15 Potenziale

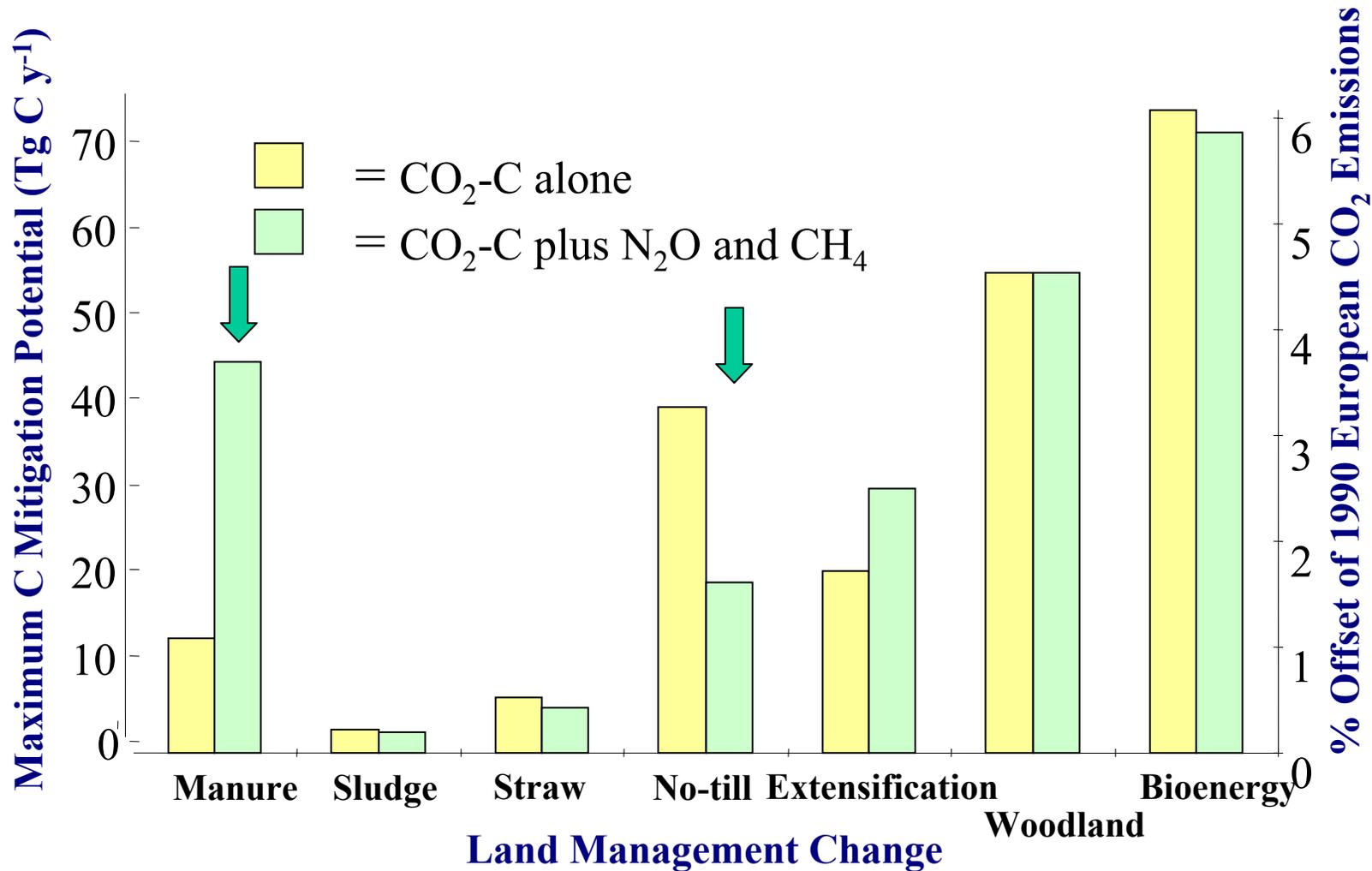


Smith et al. (2000)

agroscope

FAL RECKENHOLZ

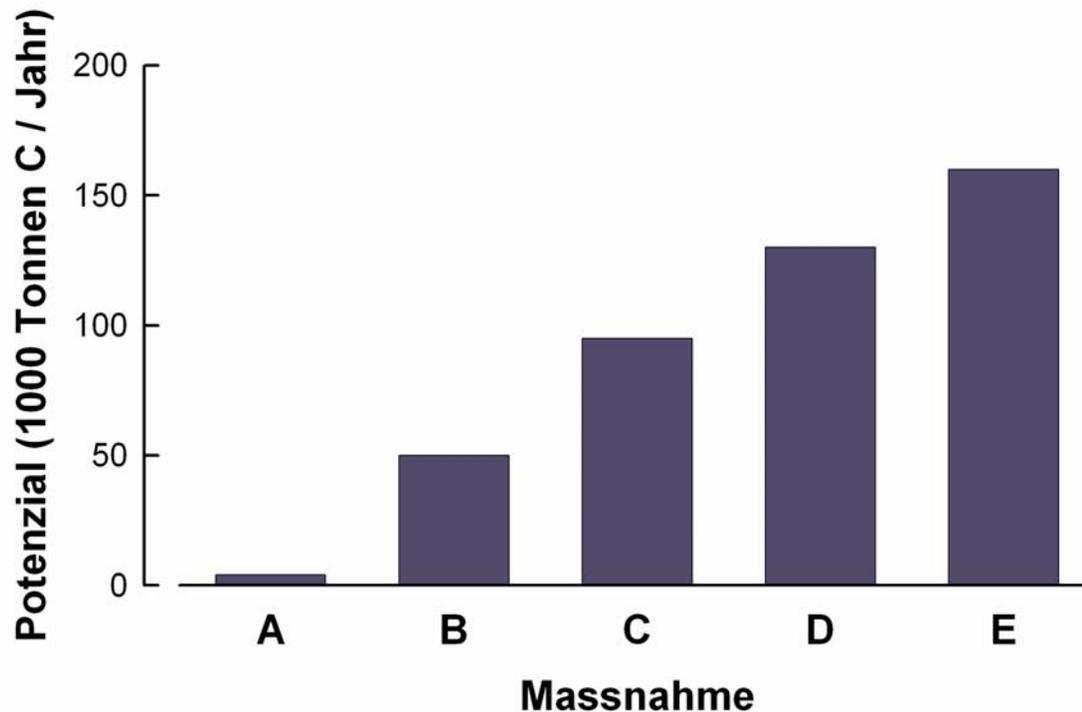
Gesamtbilanz der Treibhausgase



Smith *et al.* (2001)

Senkenpotential in der Schweiz

- A: Stilllegung von Ackerflächen (z.B. Umwandlung der Rotationsbrachen in Dauerbrachen)**
- B: Umwandlung von Acker- zu Grünland auf organischen Böden**
- C: Komplette Umstellung auf reduzierte Bodenbearbeitung im Ackerbau (hauptsächlich Direktsaat)**
- D: Umwandlung der gesamten Ackerfläche in Dauergrünland**
- E: Renaturierung aller kultivierten Moore**



Senkenpotential in der Schweiz

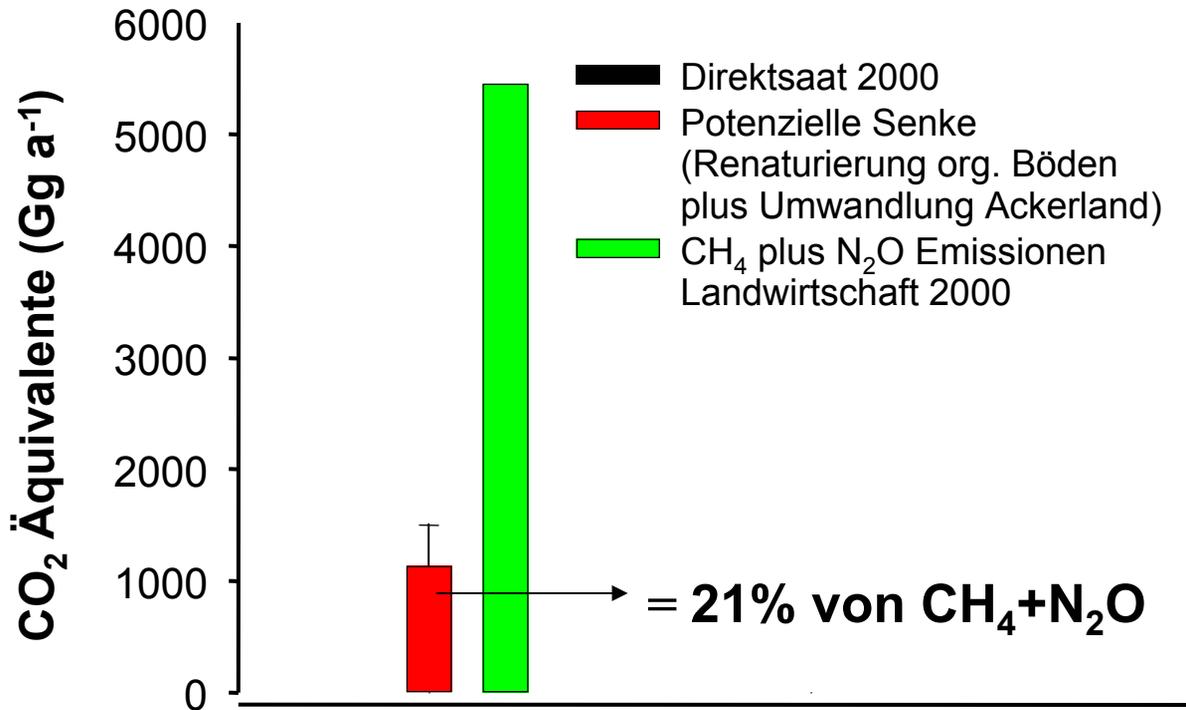
Berücksichtigt man die dafür verfügbare Fläche, so ergibt die Kombination der Massnahmen D und E für die Schweiz jährlich eine theoretisch maximale Menge von 309'000 t C (Bereich 213'000-404'000 t).

→ **Maximal: 1,1 Mio t CO₂ Einsparung, was etwa 27% der Schweizer Kyoto-Verpflichtung entspricht.**

Vergleich Europäische Union (EU-15): durch Ausdehnung der pfluglosen Bewirtschaftung auf 30% und reduzierte Bodenbearbeitung auf 40% der Ackerfläche

→ **Jährliche Einsparung von ca. 15 Mio t CO₂, was etwa 40% der EU Kyoto-Verpflichtung entspricht.**

C-Senkenpotenzial vs. Emission von $\text{CH}_4 + \text{N}_2\text{O}$

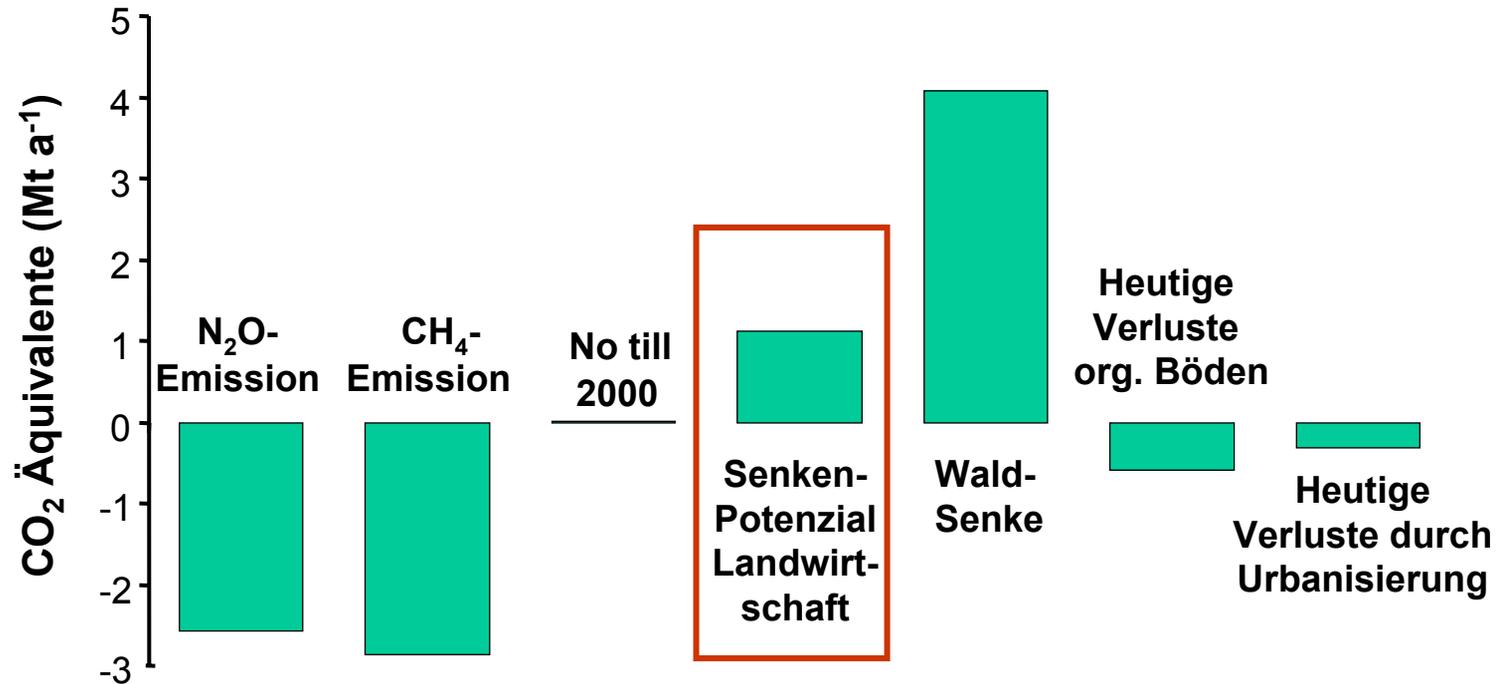


Leifeld et al., 2003

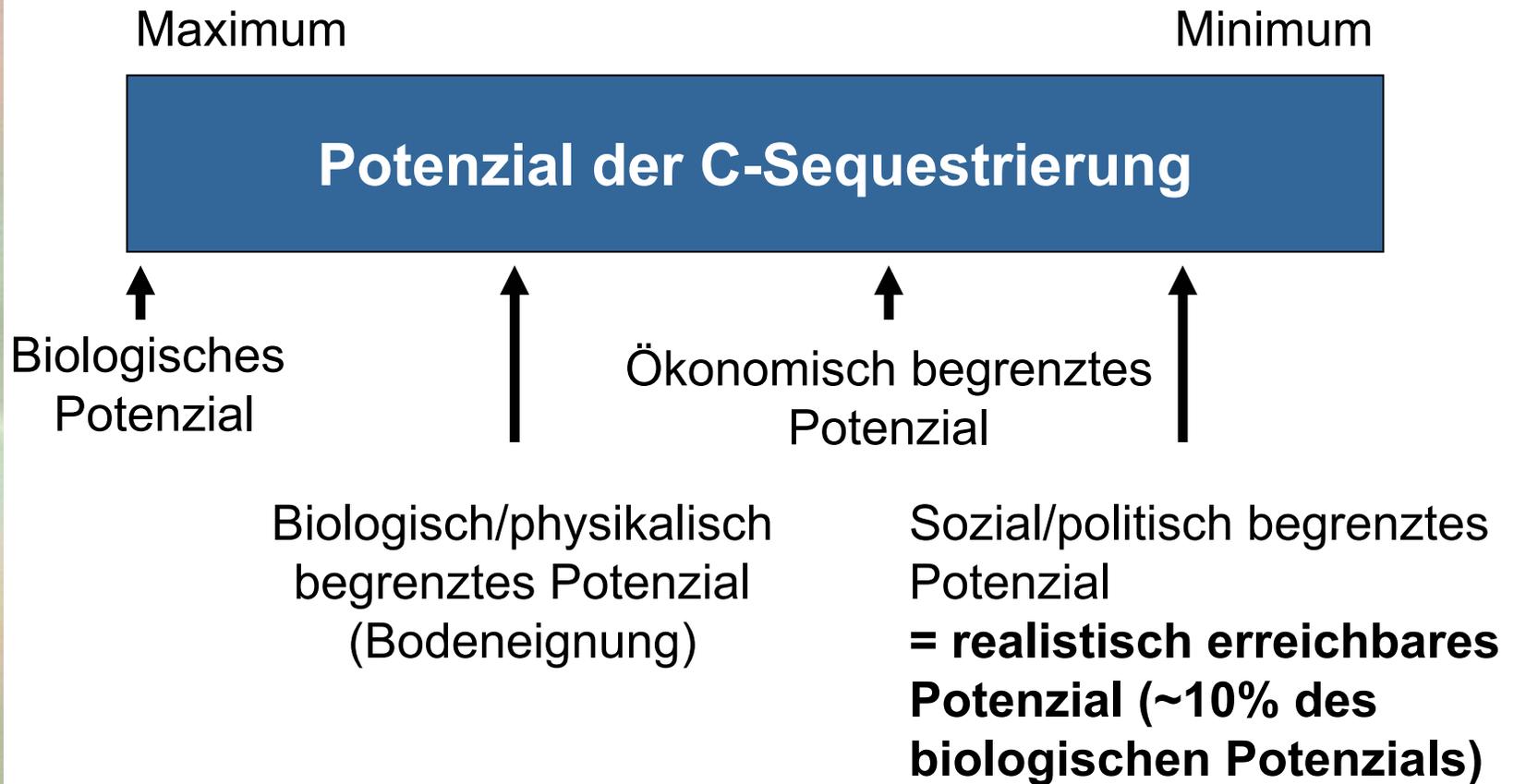
agroscope

FAL RECKENHOLZ

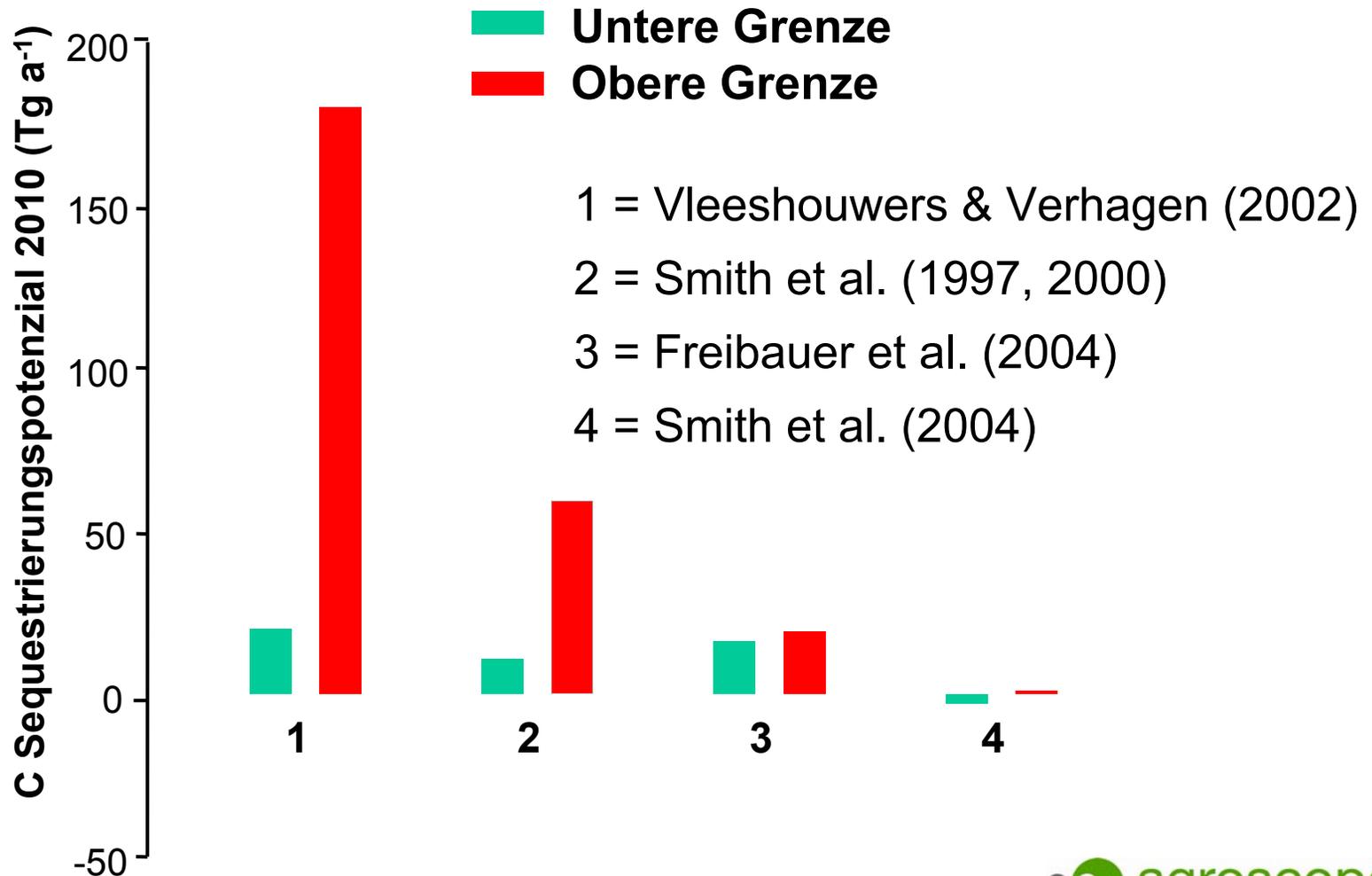
Vergleich von CO₂ Äquivalent-Flüssen



Begrenzung des Senkenpotenzials

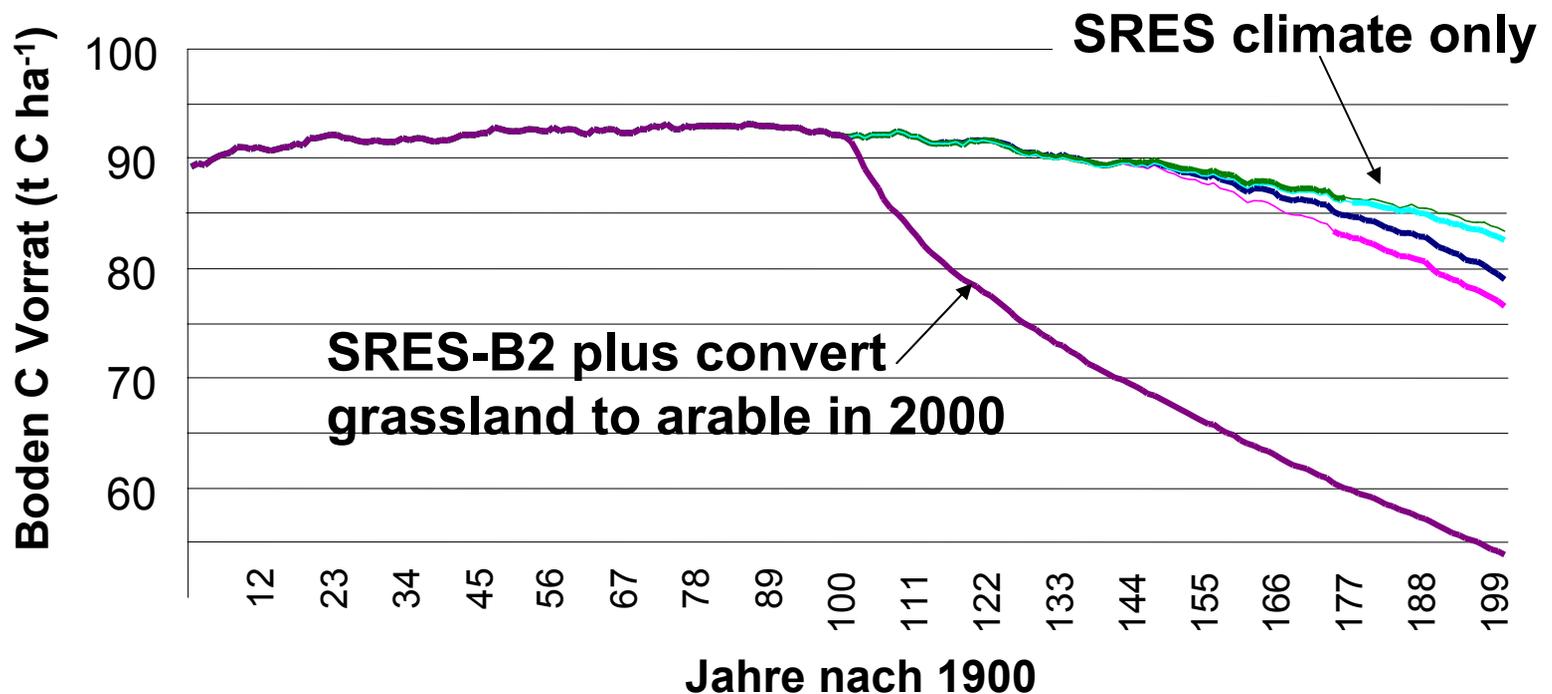


Schätzungen Sequestrierungspotenzial (EU-15 Ackerland)



Künftige Entwicklung

Boden C Vorrat bis 30 cm ($t\ C\ ha^{-1}$) – ohne organische Böden



Verlust (2001-2100) von $37.7\ t\ C\ ha^{-1}$ im Vergleich zu Verlust von $9.5\ t\ C\ ha^{-1}$ infolge Klimaveränderung (Smith 2004, unpublished)

Ausblick

- **Landwirtschaftliche Senke:**
 - Kleiner als die Waldsenke
 - Relevant im Vergleich zu CH_4 und N_2O
- **Ausnutzung nur bei erheblichen Veränderungen der landwirtschaftlichen Struktur**
- **Im internationalen Vergleich ist Potenzial klein: Landwirtschaftliche Struktur, naturräumliche Bedingungen und massvollere Vornutzung wirken limitierend**

Ausblick

- **Organische Böden aufgrund hoher C-Gehalte und grosser Gasflüsse besonders relevant**
- **Historische Kohlenstoffverluste durch Moor-
kultivierung, Urbanisierung, Landnutzungs-
änderung: Kompensation durch landw. Senken
nicht möglich!**
- **Landwirtschaftlicher Beitrag durch Anbau von
Energiepflanzen bedeutungsvoller als C-Senken**



Danke!