

**Schließung von Stoffkreisläufen
- Kohlenstoffkreislauf -
19/20.11.2009 Umweltbundesamt - Dessau**

Die Rolle des Bodens beim Kohlenstoffkreislauf

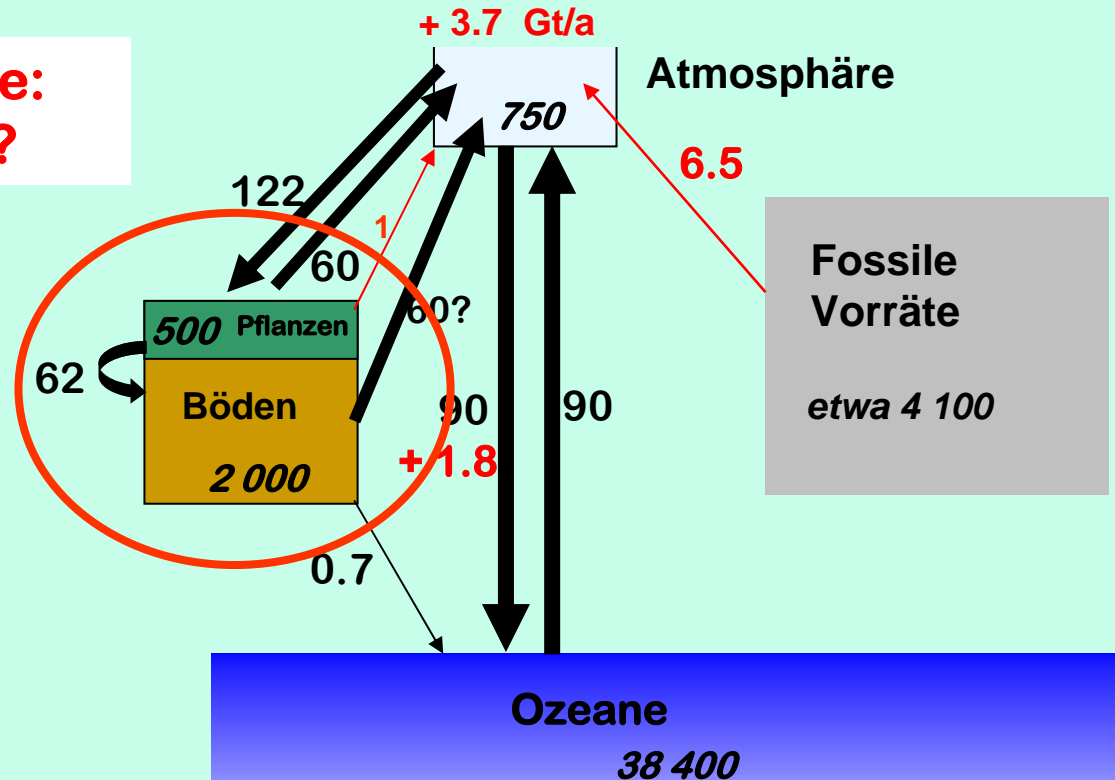
Franz Makeschin & Peter Dominik

Globaler Kohlenstoff-Kreislauf

**Terrestrische Senke:
+ 0-1.5 Gt/a?**

**Flüsse in Gt C a⁻¹
Speicher in Gt C**

menschlicher
Einfluss



Bernhofer et al. 2007, verändert

C-Speicherung im Boden

- Vorräte und Veränderung der C-Speicherung im Boden bisher unzureichend bekannt

Neueste Werte aus Carbo-Europe-Projekt:

NBP(Boden) für Wald: $20 \text{ g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ (+/- 60%)

NBP(Boden) für Grünland: $57 \text{ g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ (+/- 130%)

NBP(Boden) für Acker: $-10 \text{ g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ (+/- 95%) (Schulze et al., 2008)

- Vorräte \Rightarrow standörtlich und im Einzelfall sehr variabel!

Bedeutung verschiedener Fraktionen der OBS für Bodenfunktionen

Bodenfunktion/Parameter	Korrelation m. OBS	Bedeutung einzelner Fraktionen der OBS		
		frische	stabilis.	gelöste
Lebensgrundlage für Bodenorganismen	+	++	(+)	+/-0
Nährstoffspeicherung (N>S>P)	+	++	++	
Freisetzung von Nährstoffen	-	++	+	
Sorption von Kationen (incl. SM)	+	(+)	++	
Sorption von Organika	+	+	++	
Verlagerung von Schadstoffen	+/-	-	- -	++
mikrobieller Abbau von Organika	+	++	-	
Aggregatstabilität	+	++	+	
Erodibilität	+	++	(+)	
Wasserspeicherung	+	++	++	
C-Sequestrierung	++	-	++	0

Mechanismen der Stabilisierung für organische Substanz im Boden

(Verlangsamung des mikrobiellen Abbaus)

1) Physikalische Stabilisierung:

- Okkludierung von jüngerer (partikulärer) OS in Makroaggregaten (Freisetzung durch Bodenbearbeitung)
- Sorption von Huminstoffen an Mineralen der Ton- (und Schluff-) Fraktion

2) Rekalzitranz (schwer zersetzbare Verbindungen):

- Im Verlauf der Humifizierung reichern sich aliphatische und aromatische Komponenten an.
- OBS in ehemaligen Heide- oder Hochmoorstandorten

3) Sauerstoffmangel:

- unter Wassereinfluss ist Abbau der OBS gehemmt, (hydromorphe Böden)
- auch in Ackerböden herrscht im Inneren von Aggregaten schon bei mäßigen Wassergehalten geringe Sauerstoffsättigung.

Verteilungssystematik von Bodenkohlenstoff in Deutschland

- C-Speicherung ist abhängig von

Textur (Tongehalt)

Temperatur (Zu- / Abnahme)

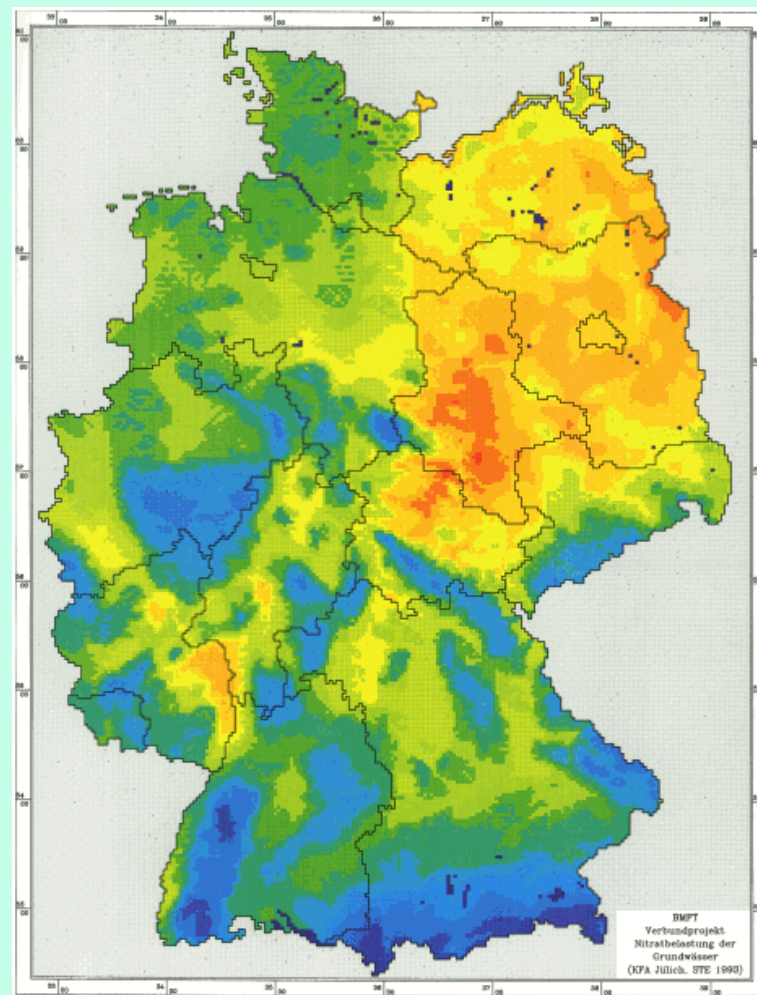
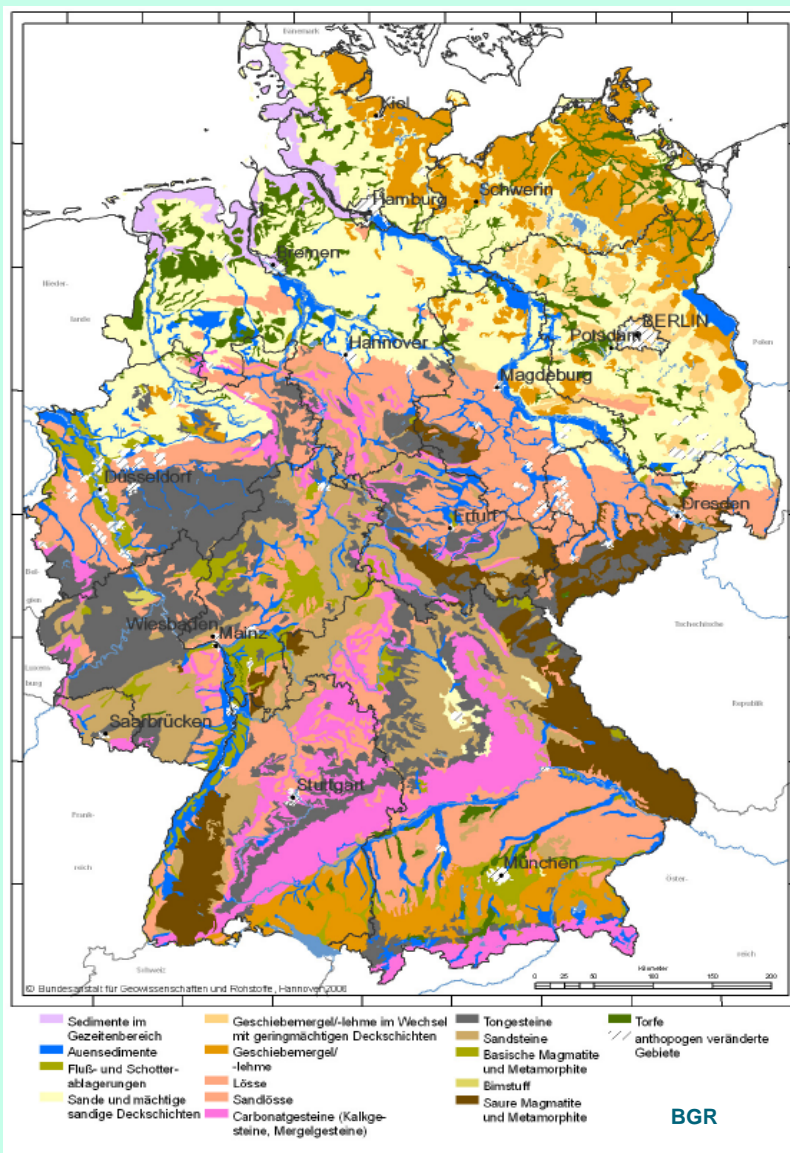
Feuchtigkeit (Niederschlag & Grundwasser)

Nutzung Acker << Grünland </= Wald

- Prinzipien sind gut verstanden, aber Vorhersage für den Einzelfall / Regionalisierung noch in den Anfängen

durch Ausgangsgesteine/Textur,

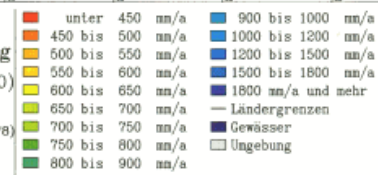
Klima (hier Niederschläge)...



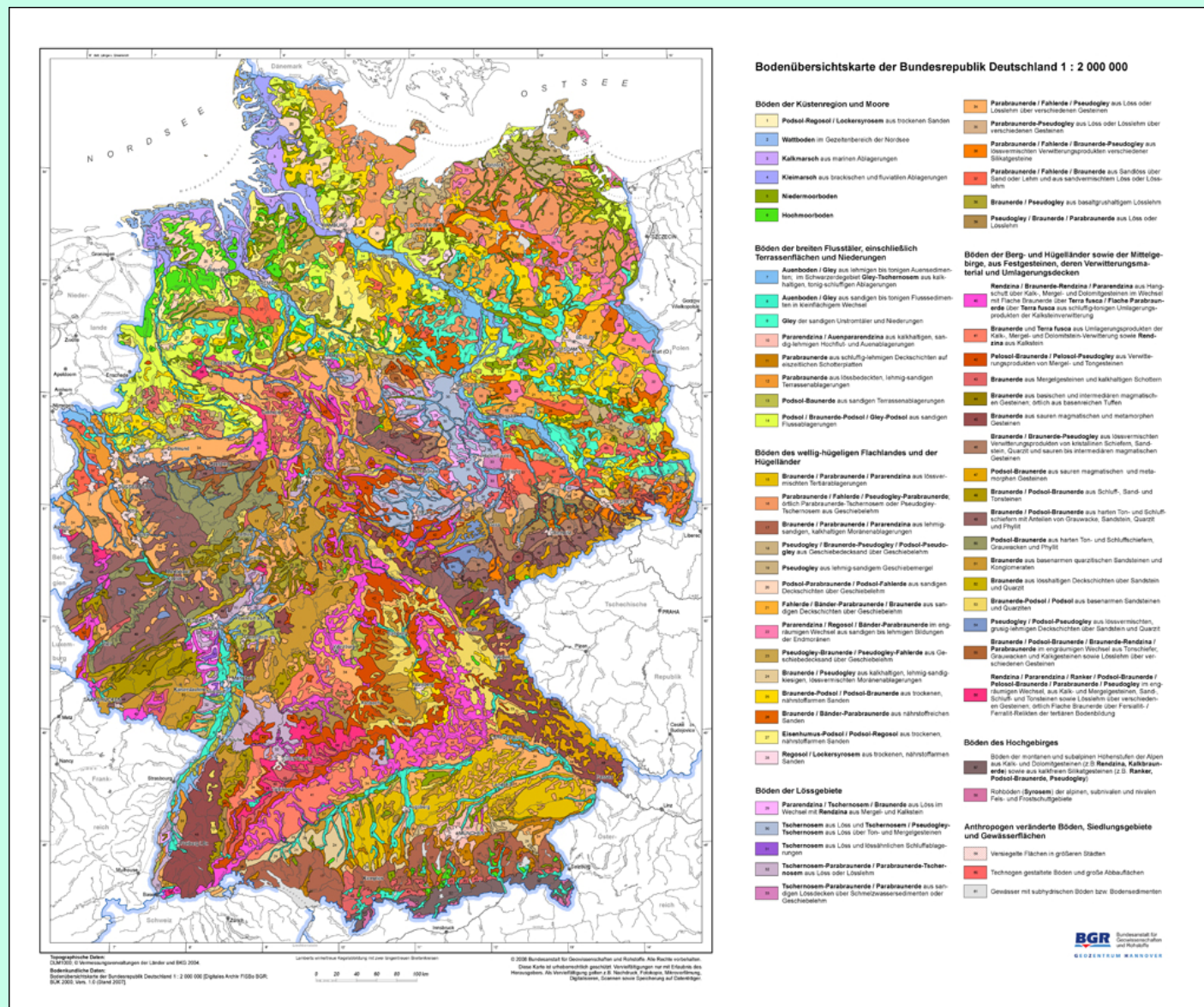
Mittlerer Jahres - Niederschlag
(NBL: 1901 - 1950; ABL: 1931 - 1960)

(Quelle: NBL: Hydrographisches Kartenwerk, 1961
ABL: Hydrologischer Atlas BR Deutschland, Bonn 1978)

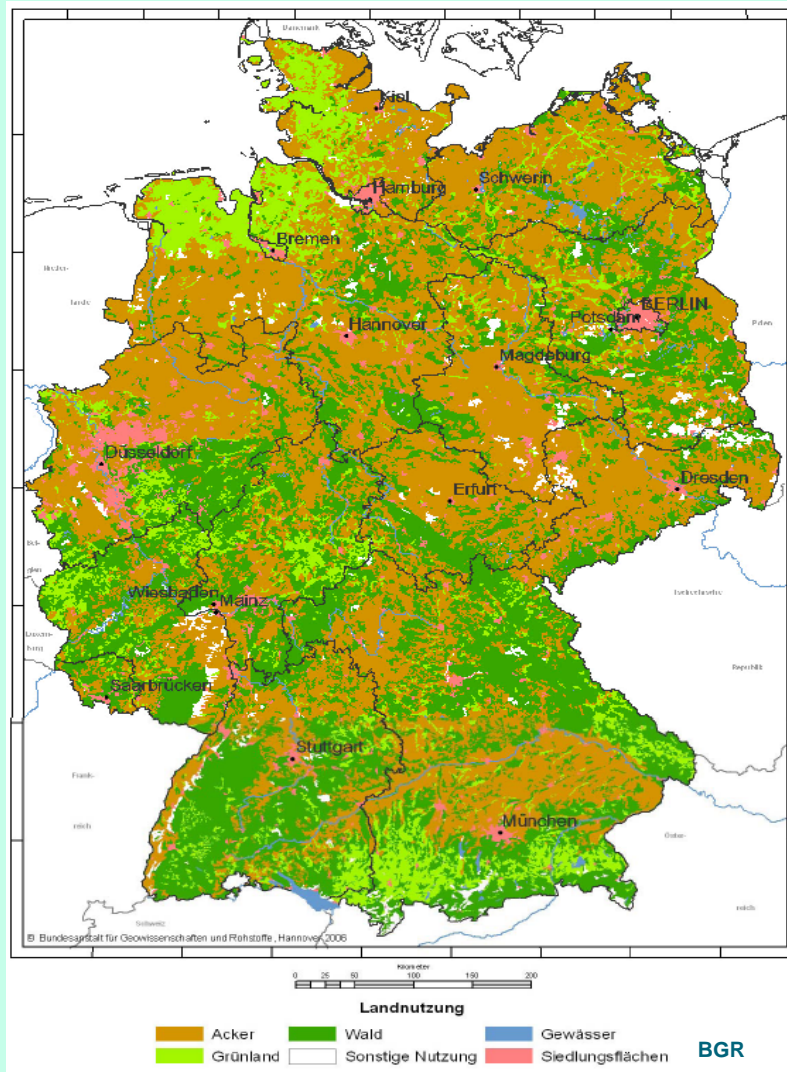
1 : 3 500 000

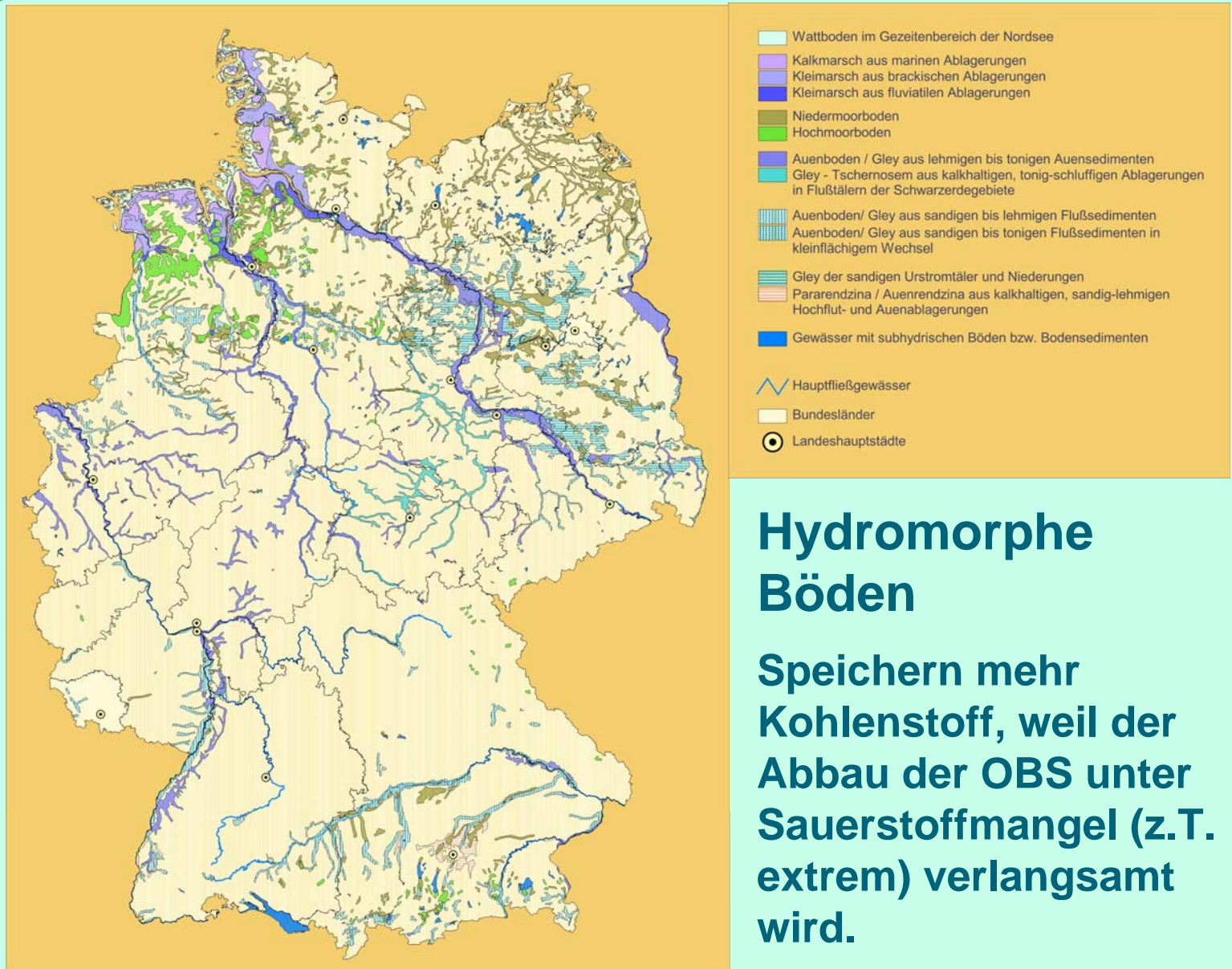


...und Topografie bilden sich Bodentypenmuster



Zusammen mit der Landnutzung lassen sich Humusgehalte abschätzen aber 1): Spannweiten beachten!

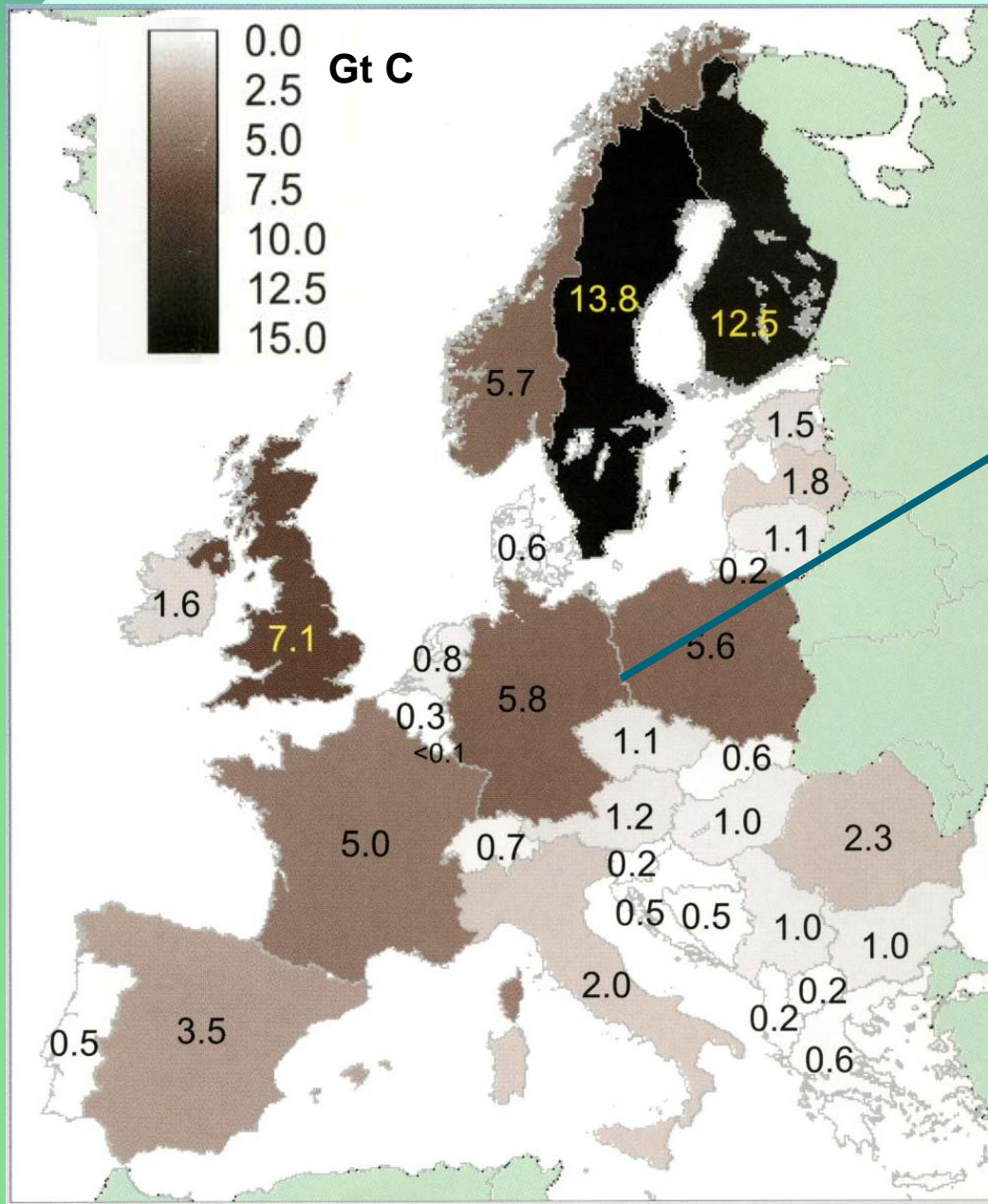




Hydromorphe Böden

**Speichern mehr
Kohlenstoff, weil der
Abbau der OBS unter
Sauerstoffmangel (z.T.
extrem) verlangsamt
wird.**

Kartengrundlage: Nutzungsdifferenzierte Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland - BUK 1000 N, BGR, Hannover 2007.

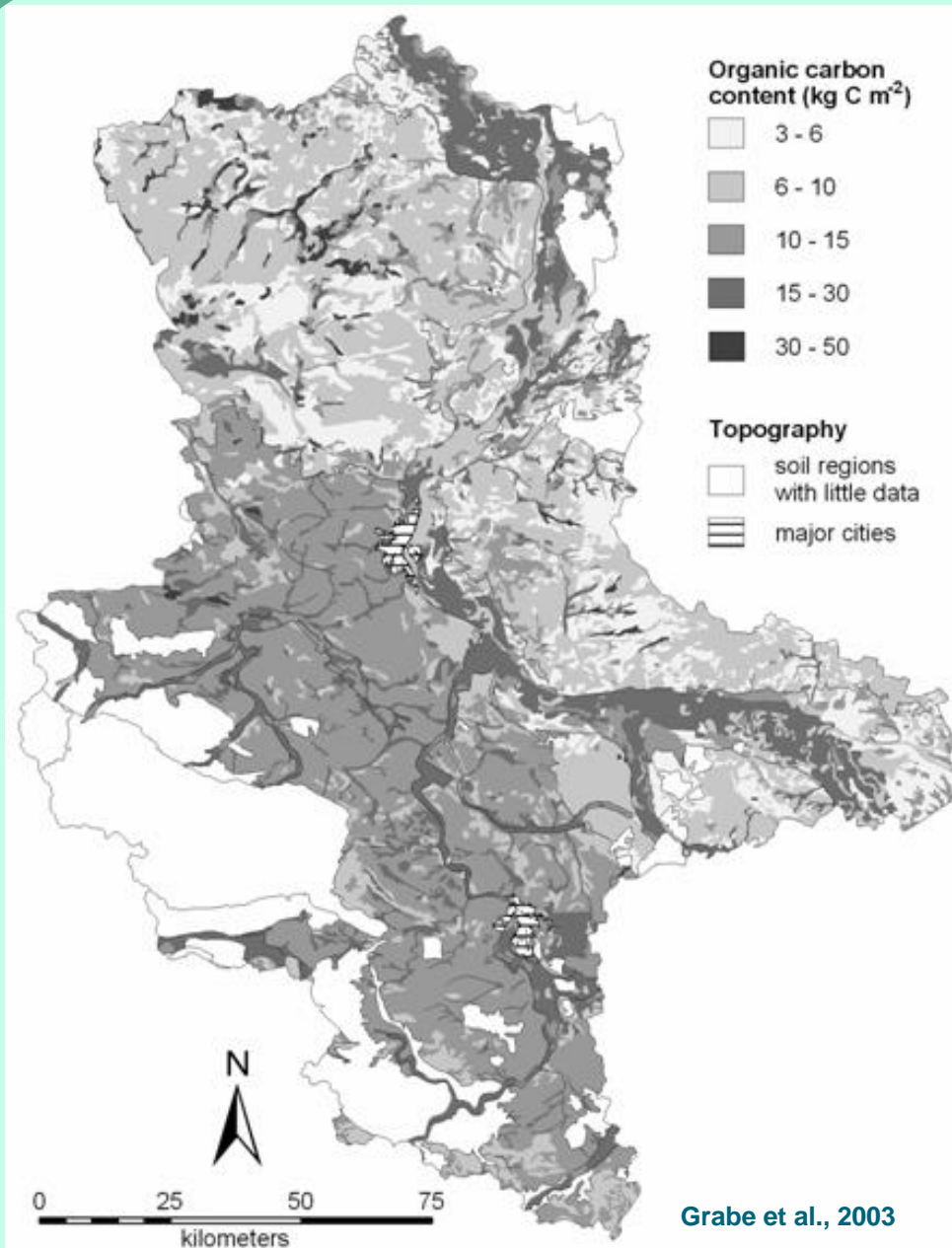


2): Vorratsgrößen!

**C-Vorräte in den
Oberböden
(0-30 cm)
der Staaten der EU**

**5.8 Gt C entsprechen 27
Jahren der derzeitigen
energiebedingten CO₂-
Freisetzung Deutschlands**

**Eine Änderung des C-
Gehaltes aller deutschen
Ackerböden um 0.2
Massenprozent entspräche
48 % der jährlichen
energiebedingten CO₂-
Freisetzung Deutschlands**



C-Vorräte

Beispiel: Sachsen-Anhalt

Je nach Bodentyp
und
Nutzungsgeschichte
können sehr
unterschiedliche C-
Vorräte gespeichert
sein.

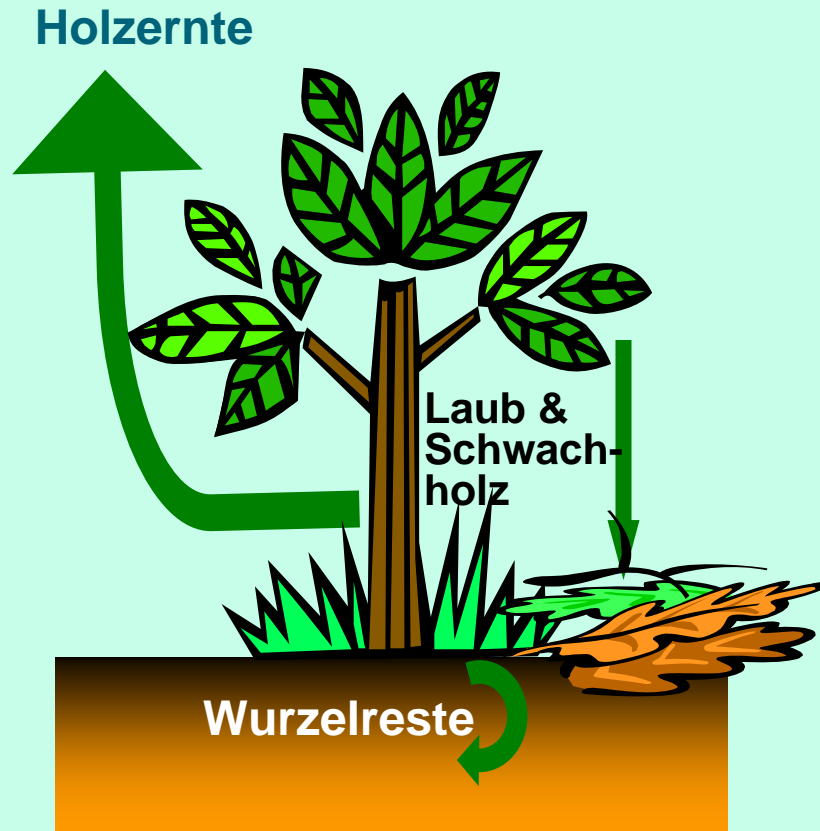
Kohlenstoffvorräte in Waldböden [t/ha]

	Min.	Perzentile					Max.
		10	25	50 (Median)	75	90	
Wald Auflage	0	4	9	18	28	43	466
Wald 0-30 cm	10,4	44,0	60,4	80,2	104,6	139,8	322,7

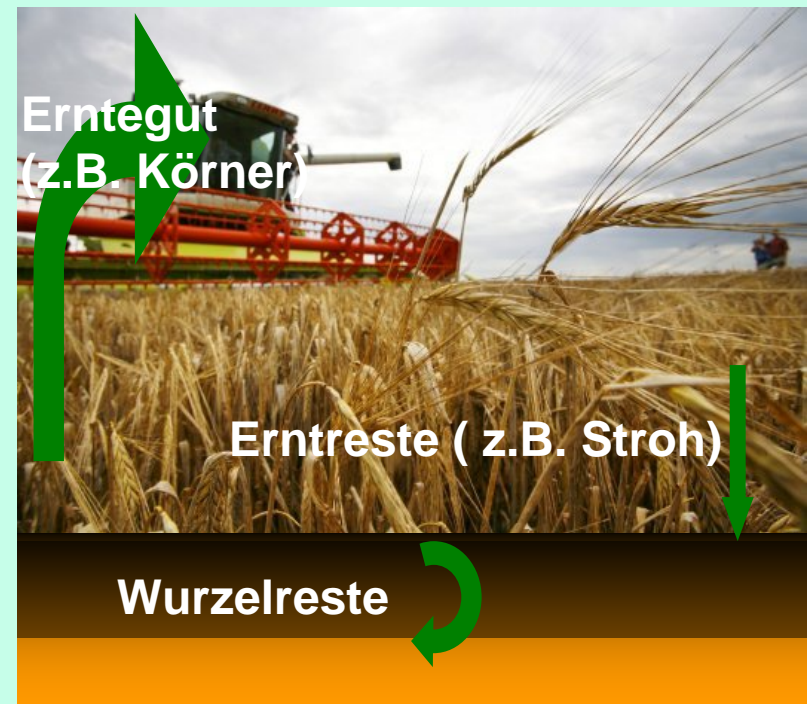
(Waldbodenbericht, 1996; Kasten, 2002)

Nutzungsinterne C-Quellen

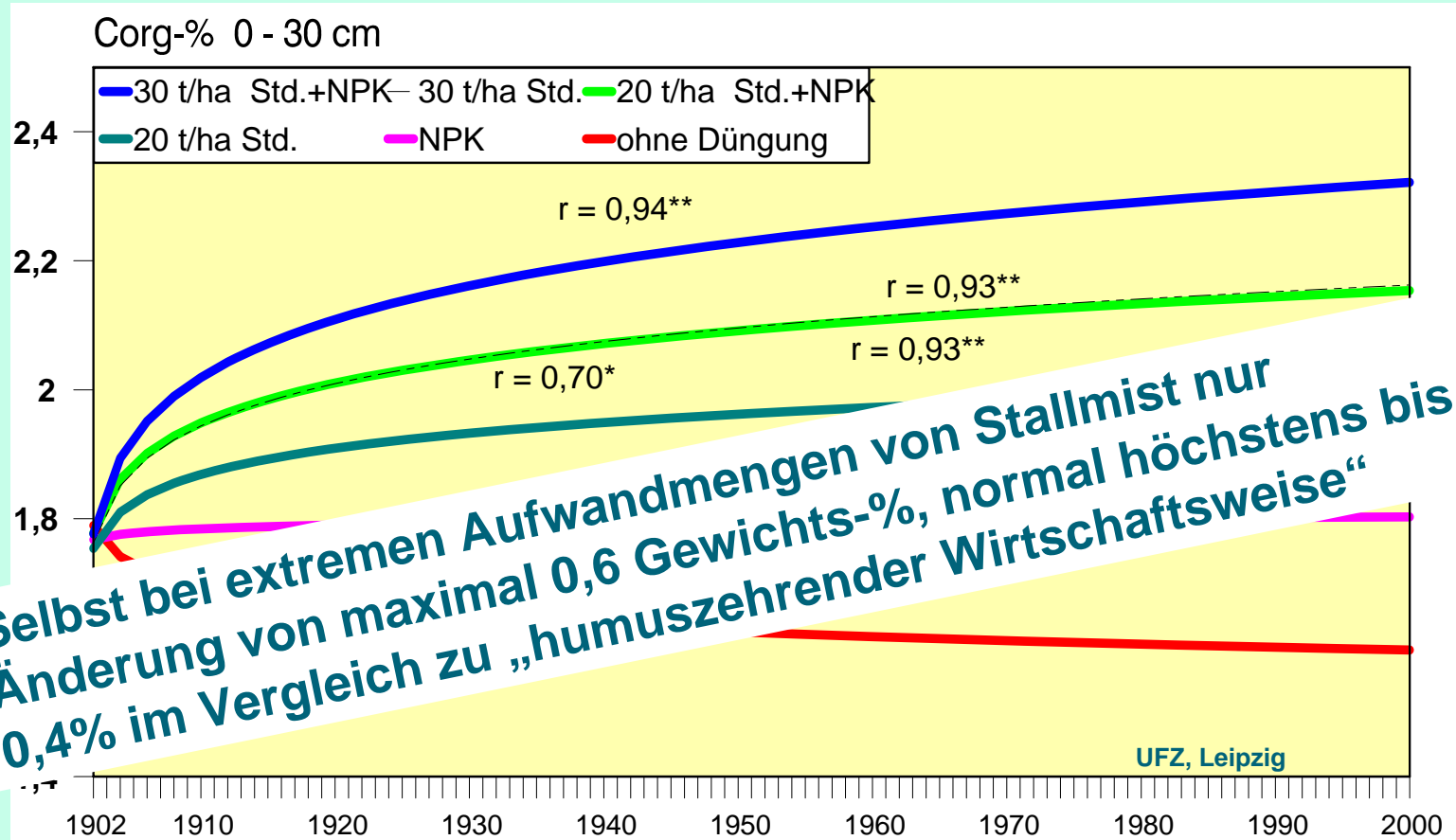
Wald



Acker



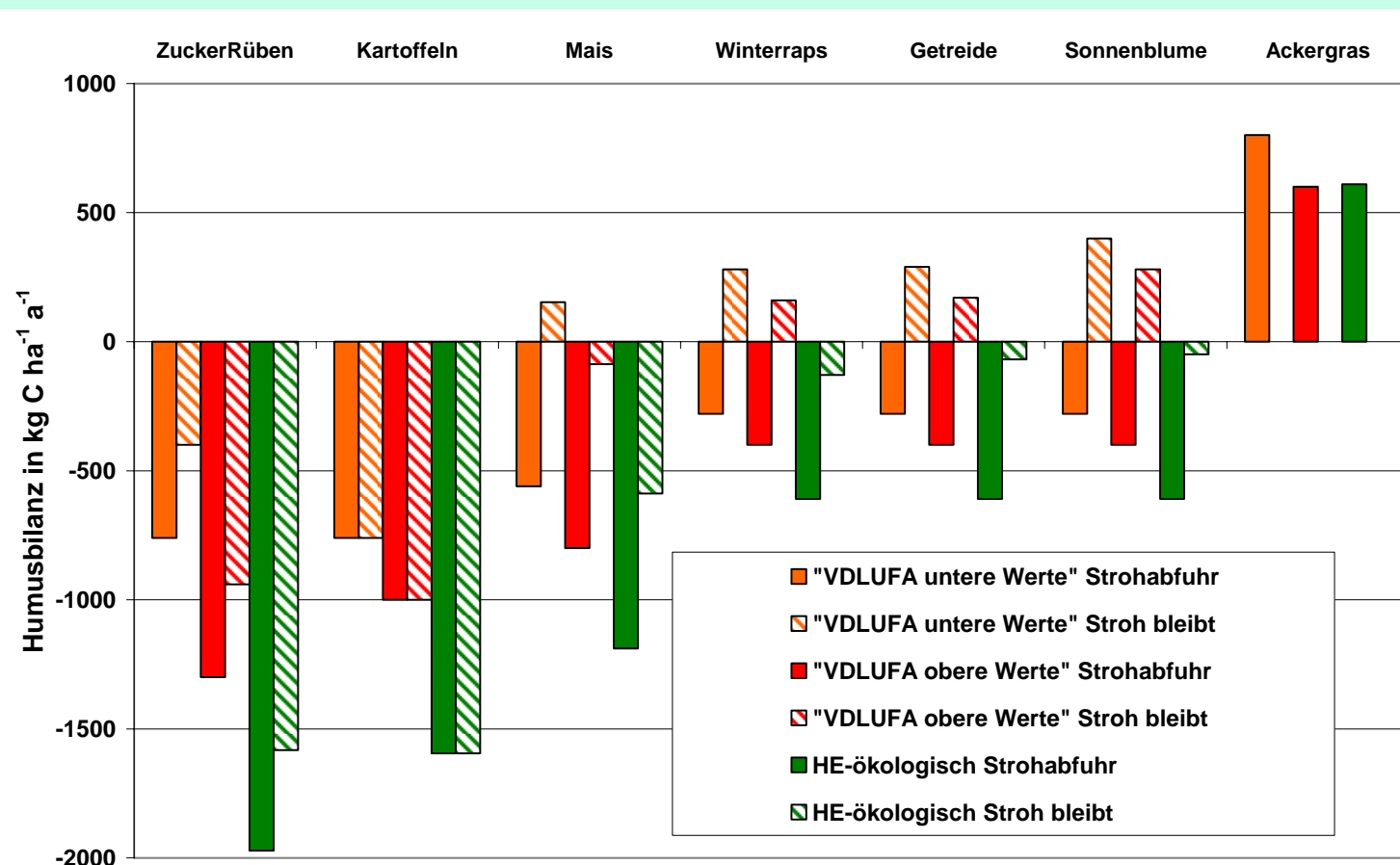
Acker: Änderung des C-Gehaltes in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung



Selbst bei extremen Aufwandmengen von Stallmist nur Änderung von maximal 0,6 Gewichts-%, normal höchstens bis 0,4% im Vergleich zu „humuszehrender Wirtschaftsweise“

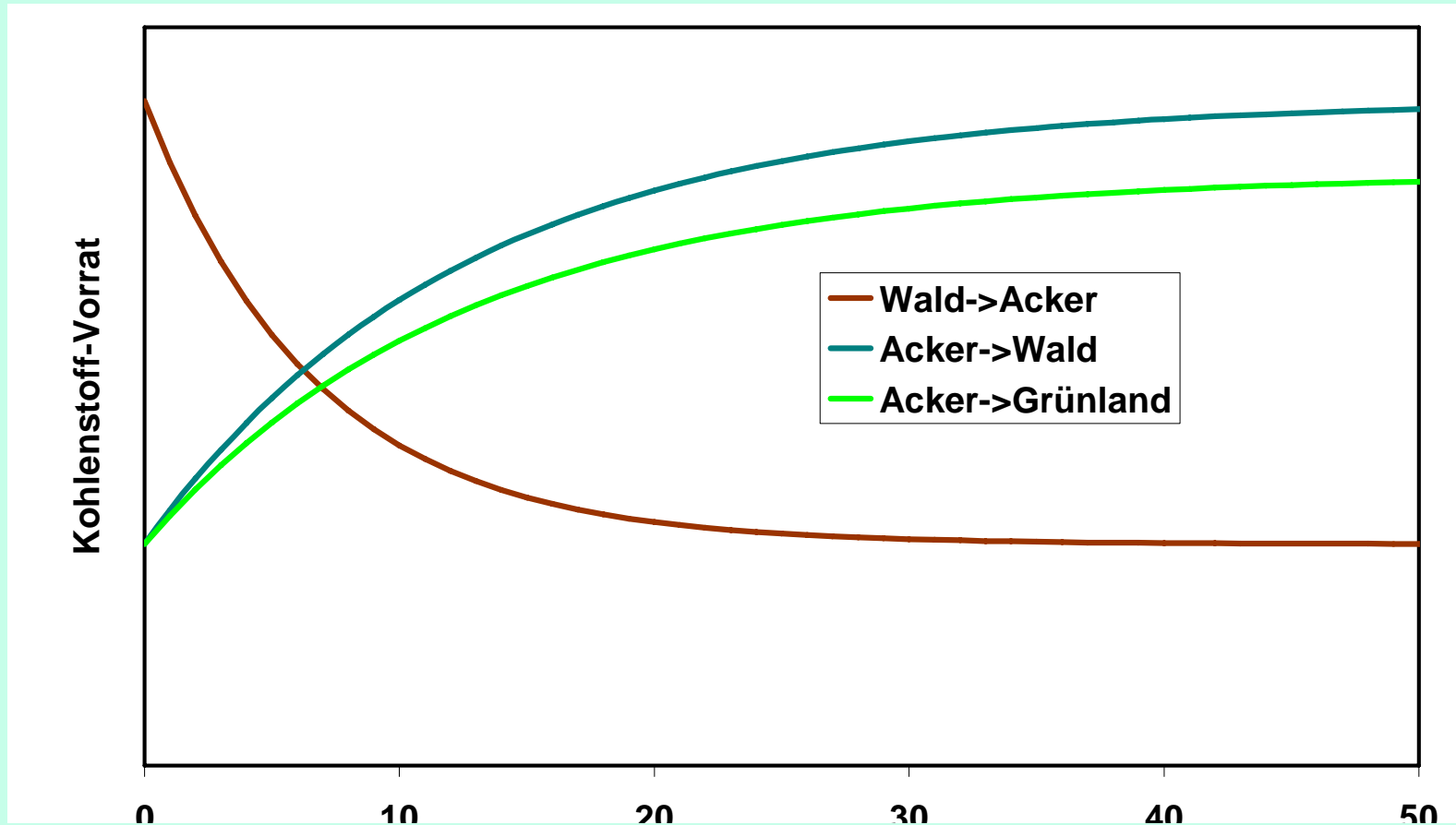
Dynamik des Kohlenstoffgehaltes in Abhängigkeit von der Düngung im Statischen Düngungsversuch Bad Lauchstädt

Nutzungsinterne C-Quellen



Unterschiedliche Kulturen hinterlassen unterschiedliche Mengen an Ernte- und Wurzelresten, bzw. fördern den Abbau von organischer Substanz in unterschiedlichem Maß. Hinzu kommen tierische Ausscheidungen und Gärreste

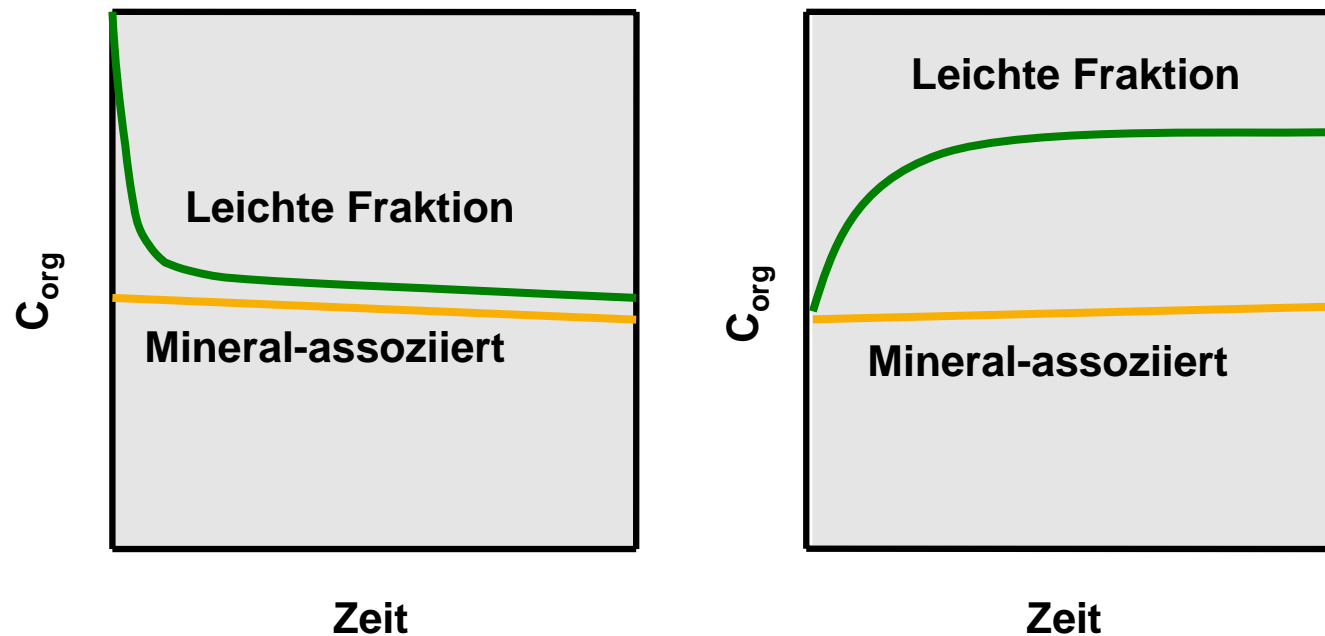
Nutzungsänderung



Aber: Richtung, Steilheit und Niveau der (möglichen)

Entwicklung hängt von sehr verschiedenen Faktoren ab!

Änderung des C-Gehaltes



Guggenberger, 2009

Veränderung findet (zunächst) insbesondere in der schnell umsetzbaren Fraktion statt.

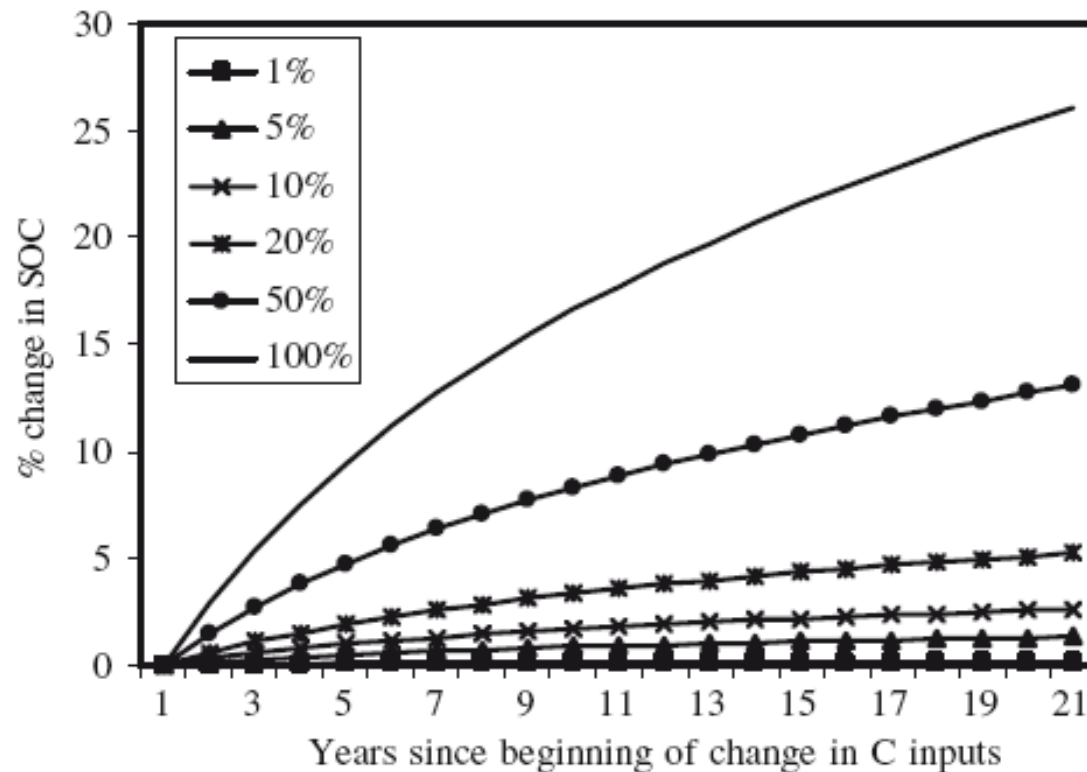


Fig. 1 The change in soil organic carbon (SOC) over a 20-year period under different changes in carbon input ranging from a 1% to 100% increase for the reference scenario (23.4% clay, equilibrium SOC content of 50 tC ha⁻¹ and a spring barley crop).

Zus.: Einfluss von

•**Textur**

•**Nutzung (C-Qual.)**

•**Wasserhaushalt**

Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften

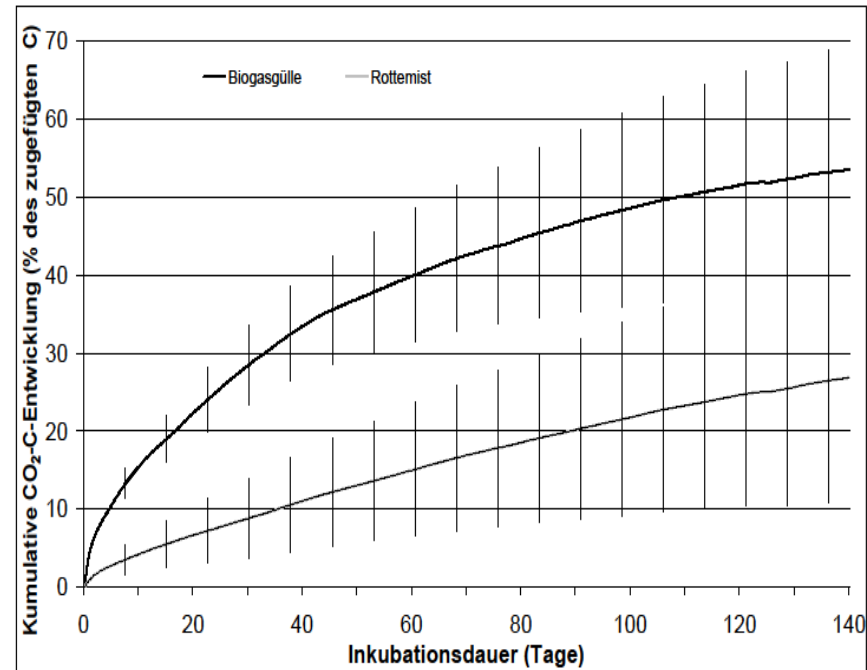


- Ca. 160.000 ha in Braunkohlefördergebieten Deutschlands.
- Kippsubstrate meistens arm an organischer Substanz (außer Kohleresten und Aschen) mit ungünstigen physikalischen und chemischen Eigenschaften.

Frage: Muss organische Substanz zugeführt werden oder reicht es, wenn sich diese aus Streu der dort wachsenden Pflanzen langsam aufbaut?

Zukünftiger Nutzungswandel

- Klimawandel: Verändern sich die Fruchtfolgen
- Energiepflanzen: Verändern sich die Fruchtfolgen und damit die Humusgehalte?



Gibt es einen optimalen Humusgehalt?

Für die jeweilige Funktion ist es günstig, wenn der

niedrig ist

Gehalt im Boden

hoch ist

Gesamt C _{org}	C-Sequestrierung Wasserhaltevermögen	
	Benetzbarkeit	Festlegung von Schadstoffen Nährstoffpufferung (KAK)
humifiziert		
Leicht abbaubar, hohes C/N		mb. Aktivität Nitrat-Auswaschung Aggregierung, Erosionsschutz
Leicht abbaubar, niedriges C/N	Nitrat-Auswaschung	N-Nachlieferung
Black Carbon	Benetzbarkeit	Festlegung von hydrophoben Schadstoffen C-Sequestrierung

Zusammenfassung Optimaler Humusgehalt

- C-Sequestrierung ist nur einer von vielen Aspekten! Entscheidend wird sein, wie die Bodenfunktionen beeinflusst werden.
- Bezüglich C-Sequestrierung wäre eine Maximierung des Kohlenstoffgehaltes wünschenswert.
- Ein optimaler Humusgehalt muss aber alle Bodenfunktionen bestmöglich unterstützen.
- Optimaler Humusgehalt kann nicht nur am Faktor C_{org} gemessen werden.

Priorität: C-Bodenfunktionen vor C-Sequestrierung !

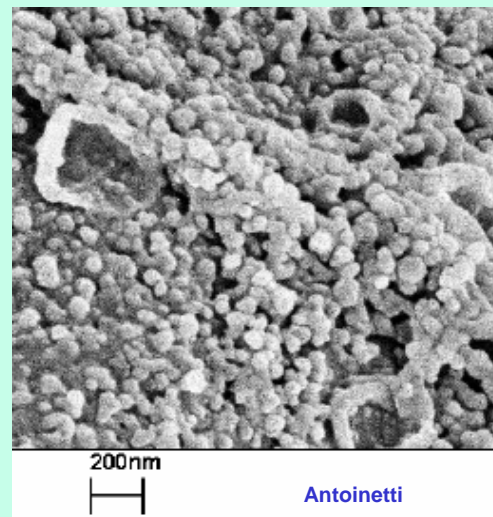
Möglichkeiten Zufuhr externer C-Quellen

- Biogene Abfälle aller Art und daraus hergestellte „Bodenverbesserungsmittel“
- Zur langanhaltenden C-Sequestrierung scheinen sich stabilisierte Produkte zu eignen:

• Kompost

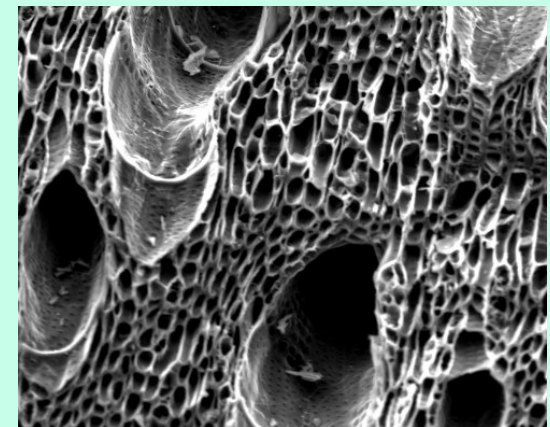


HTC-Kohlen



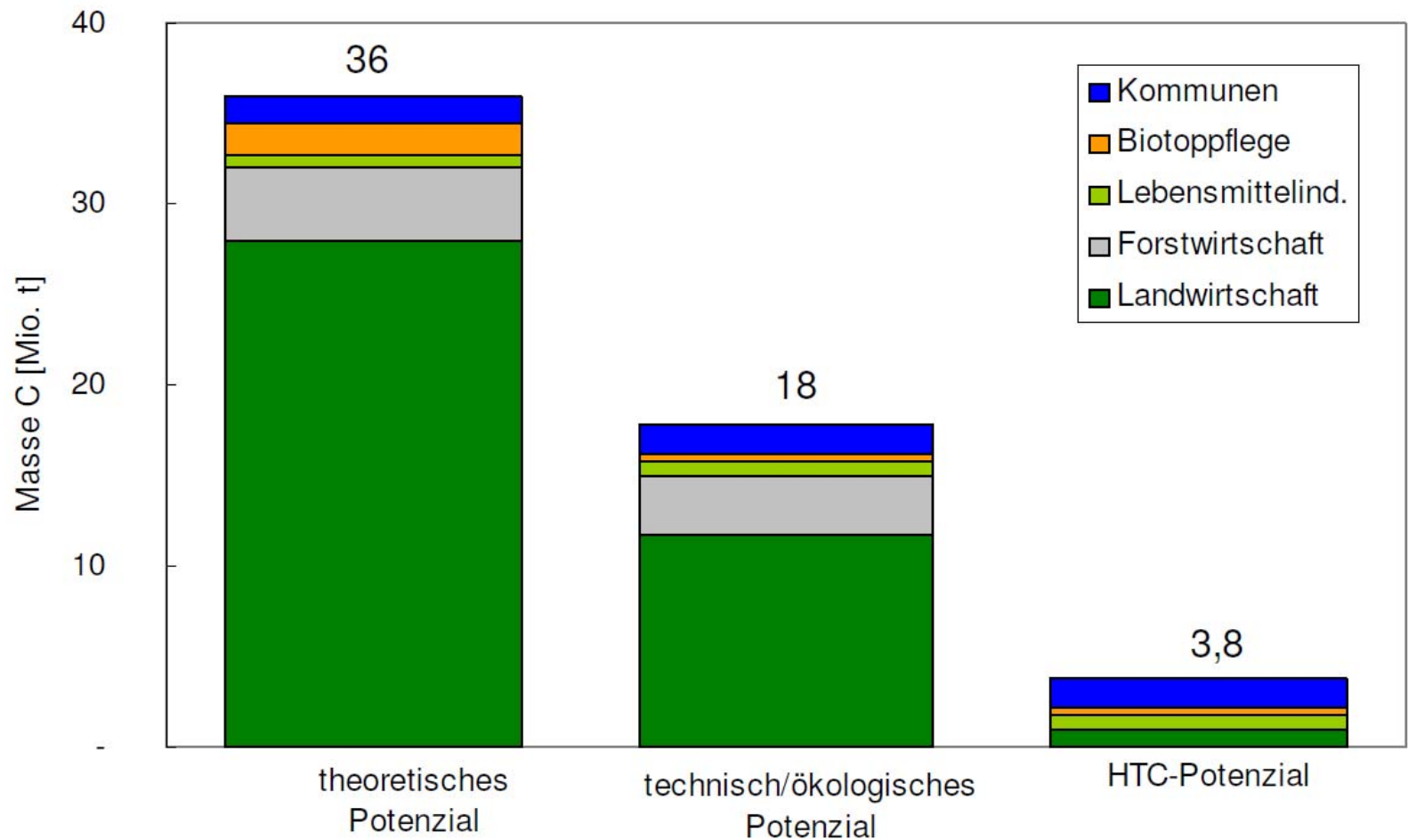
Antoinetti

Pyrolyse-Kohle



<http://www.carboncommentary.com/2009/04/07/539>

Verfügbare biogene Kohlenstoff-Quellen in Deutschland



Boden“verbesserungs“mittel ! / ?

- **Vorsorge: Abfälle enthalten meist deutlich höhere Schadstoffgehalte als auf der Fläche gewachsene Reststoffe (Bsp. Klärschlamm und Kompost)**
- **Wie sind die bodenverbessernden Eigenschaften im Vergleich zur Schadstoffanreicherung zu bewerten.**
- **Neue Produkte wie hydrothermale oder pyrolitsche Kohlen versprechen langfristige C-Sequestrierung und/ oder Verbesserung Bodenfunktionen.**
- **Falls diese kaum bodenverbessernde Wirkung haben, sollten sie wohl nicht in Böden gebracht werden. Eine C-Sequestrierung könnte dann besser in einer Deponie stattfinden.**

Wo geht die Reise hin???



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Donnerstag 19.11.2009

- 13:00** **Eröffnung**
- 13:30** **Rolle des Bodens beim Kohlenstoffkreislauf (*Prof. Makeschin*)**
- 14:00** **Status des C-Gehalts in Böden in Deutschland (*Dr. Utermann, BGR*)**
- 14:30** **Dauerfeldversuche als Forschungsbasis zur Kohlenstoffdynamik in ackerbaulich genutzten Böden" (*Prof. Ellmer, HU-Berlin*)**
- 15:00** **Pause**
- 15:30** **Veränderungen des C-Gehalts bei forstlicher Nutzung (*Dr. Schrumpf, Herr Profft, TLfWJF*)**
- 16:30** **Notwendigkeit der C-Anreicherung auf devastierten Flächen (*Prof. Schaaf, TU Cottbus*)**
- 17:00** **Podiumsdiskussion**
Stand des Wissens zur C-Problematik - Standorttypische Humusgehalte, was wissen wir (nicht)?

