



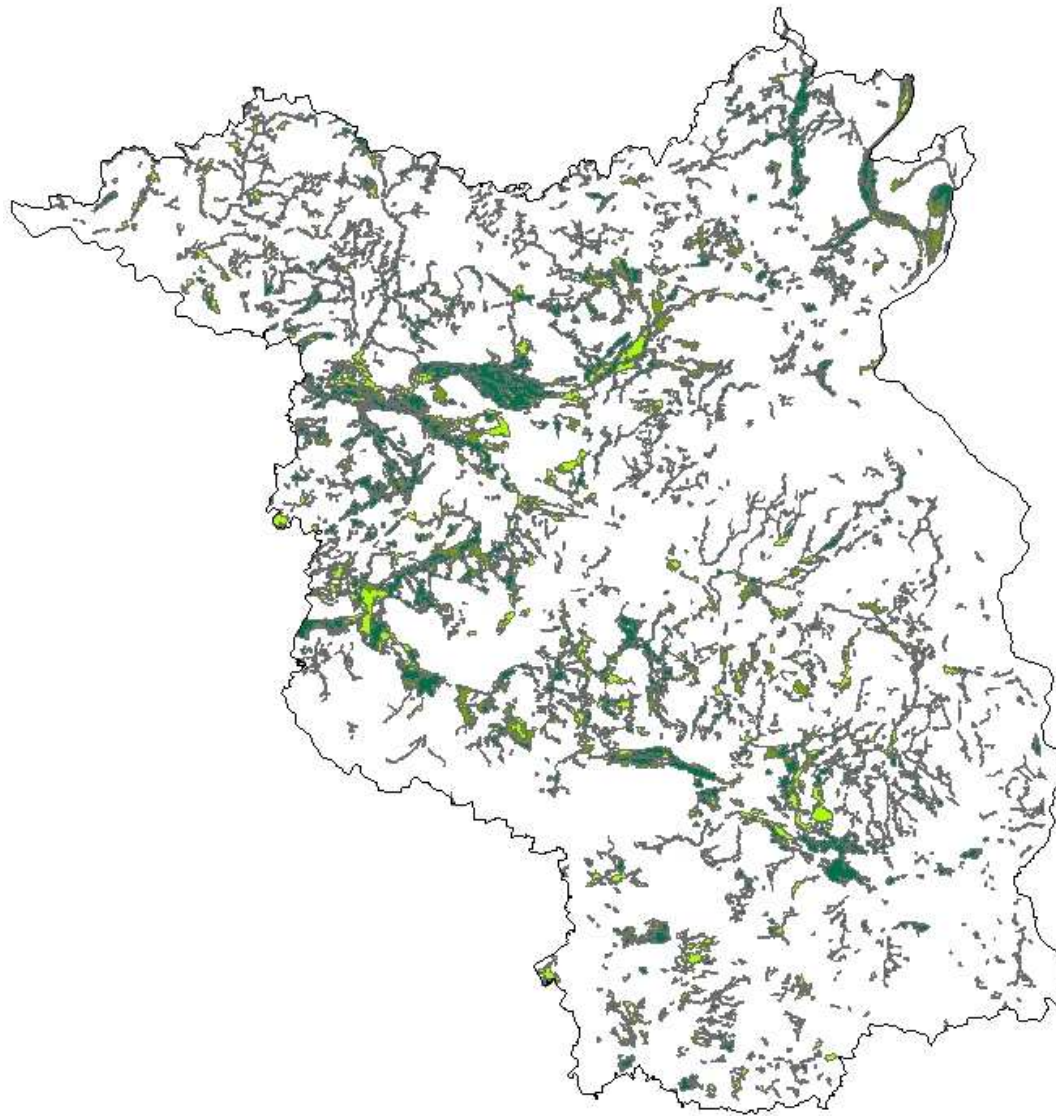
Aktueller Zustand der Moore Brandenburgs und Auswirkungen verschiedener Landnutzungen auf den Kohlenstoff-Haushalt

**Jutta Zeitz, Niko Roßkopf und Holger Fell
FG Bodenkunde und Standortlehre**




Lebus, Auentagung des LUA 13. und 14.1.2010



- 1.) Moore in Brandenburg – Übersicht**
- 2.) (Auen-) Überflutungsmoore**
- 3.) C-Speicherungsprozess**
- 4.) C-Speichermengen**
- 5.) Landnutzung und Einfluss auf C**
- 6.) Schlussfolgerungen**



Legende

-  Böden aus organogenen Sedimenten
-  Böden aus Sand mit Böden aus Torf
-  Böden aus Fluss-, See- oder Auensedimenten mit Böden aus Torf



Fakten:

1.) Gesamtumfang:

18. Jh: ca. 300.000 ha

Anfang 1960er: ca. 280.000 ha

derzeitig: vermutlich <<< 210.000 ha

2.) Nutzung: 65% intensiv bewirtschaftetes GL

11% extensiv bewirtschaftetes GL

**12% bewaldete Moore unter (intensiver?) Forst-
nutzung**

7% naturnahe Moore

1% wachsende Moore

(Landgraf 2009)



Fakten:

3.) Bodenveränderung

>> 90% degradiert

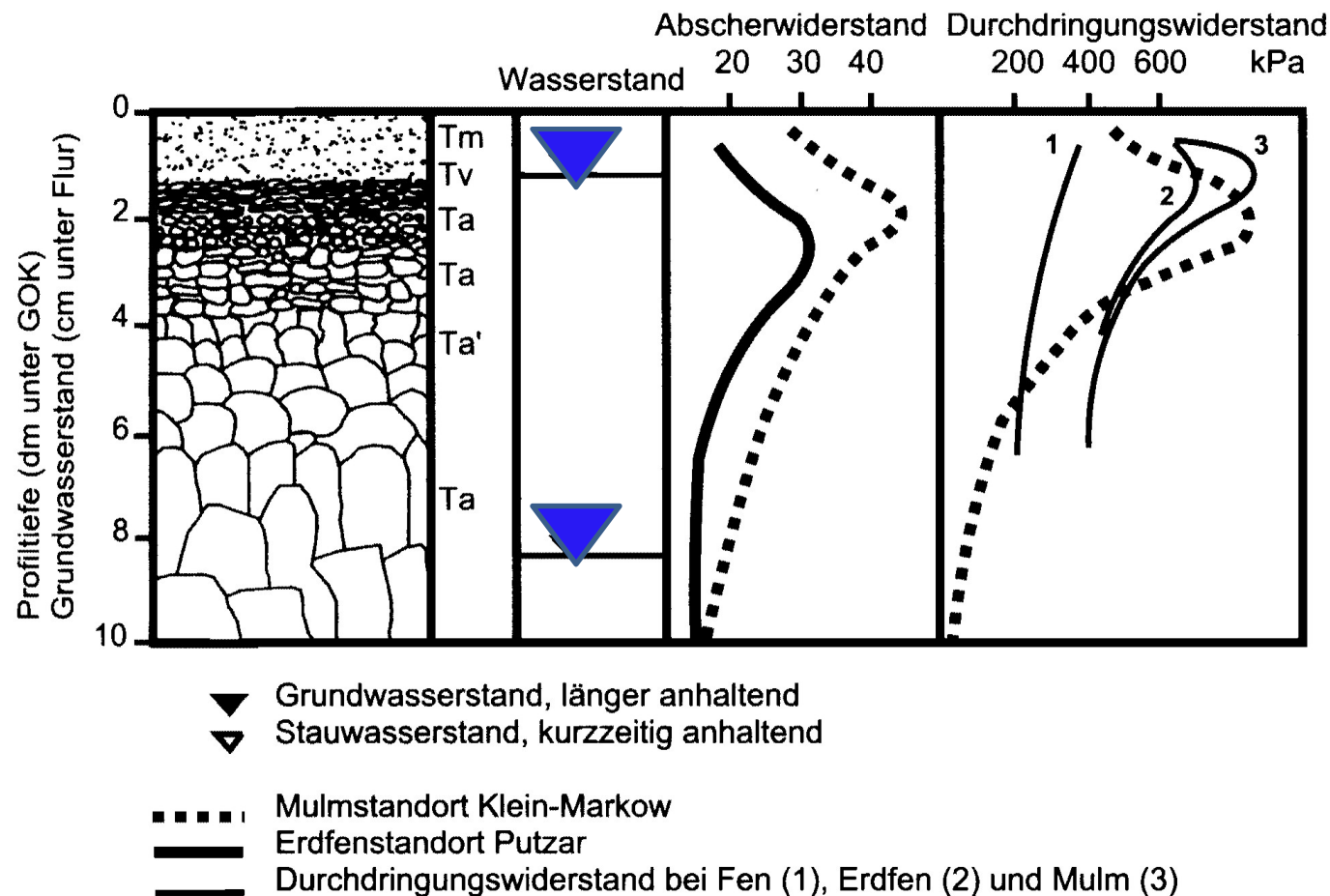
- **verringerte Wasserleitfähigkeit im UB; Kluftströmung im OB**
- **verringertes Wasserspeichervermögen**
- **Infiltrationshemmungen durch hydrophobe Oberfläche
und/oder Plattengefüge unter Oberboden (Stauwasser)**
- **stark erhöhte Bodendichten; stark verringerte Corg-Werte**

➔ Widerspruch zum BBSchG § 1, 2 und 17

➔ Einfluß auf Renaturierungsmaßnahmen/-erfolg (1)



**Durch Austrocknung entstandene Bröckel im Unterbodenhorizont
(nHa-Horizont nach KA5)**



Ausprägung einer verdichteten Schicht mit potenziellem Stauwassereffekt auf einem Mulm-Standort (aus Zeitz, 2001)

(Auen-) Überflutungsmoore

- **Klasse innerhalb der hydrogenetischen Moortypen**
- **generell: Torfbildung infolge ständig hohem GW mit geringer Schwankungsbreite sowie langandauernde ÜBERFLUTUNGEN mit Fremdwasser**

Unterscheidung: **Auen-ÜM (Flüsse, Bäche)**
 Küsten-ÜM (Meerwasser)



Horizont	Substrat	Horizontbeschreibung
Bereich in cm		
nHcm	0-18	vermulmter Torfhorizont nicht bestimmbare Torfzusammensetzung
nHa	18-25	stark aggregierter Torfhorizont nicht bestimmbare Torfzusammensetzung
nHca	25-40	schwach aggregierter Seggentorf, mit geringem Anteil an Schilftorf
nHct	40-60	Torfschrumpfungshorizont, mittlere bis starke Zersetzung, Seggentorf mit hohem Anteil an Schilftorf
nHcw1	60-90	Seggentorf mit geringem Schilfanteil, mittel bis stark zersetzt
nHcw2	90-150	Seggentorf mit mittlerem Schilftorfanteil, Zersetzung mittel bis stark
nHcw3	150-200	Seggentorf mit mittlerem Anteil an Erlenbruchtorf, Zersetzungsgrad stark
Ghr1	200-225	sehr humoser Auenschluff mit Holzresten
nHcr1	225-245	Seggentorf mit mittlerem Schilftorfanteil, starker bis sehr starker Zersetzungsgrad
Ghr2	245-250	Auenschluff mit Seggenresten
Ghr3	250-280	Auenschluff mit Seggen-, Schilf- und Erlenholz
nHcr2	280-305	Erlenbruchtorf mit mittlerem Anteil an Großseggentorf, Zersetzungsgrad stark bis sehr stark
		usw.

**Gartzer Bruch; Mähwiese
Mulm-Kalkniedermoor
KMc:og-eHn**



(Auen-) Überflutungsmoore

Besonderheit in der Stratigraphie (generell):

- 1.) Zersetzungsgrad der Torfe sehr hoch!**
- 2.) hohe Dichten, geringe Wasserleitfähigkeit**
- 3.) geringes Quellungsvermögen**
- 4.) hohe Nährstoffgehalte ("Stoff-Falle")**
- 5.) Wechsellagerung mit mineralischen – überwiegend**

UN-/GERING durchlässigen Sedimenten: Auenlehm, Auenton

➔ Einfluß auf Renaturierungsmaßnahmen/-erfolg (2)

C in Böden:

Mineralböden:

C_{org} → 0,01....17,4 % (1,72 als Faktor) für 31 Bodenarten
zusätzlich: spezielle Horizonte mit Humusan-
reicherung bei vergleichbaren Bodenarten, wie Bh
im Podsol; Ghro, Ghr, Ghor im Gley

TRD → 0,9.....2,05 g/cm³ für 31 Bodenarten

Moorböden:

C_{org} → > 15...17,4% (2,0 ...1,72 als Faktor) bis ≥50 %
für Torfe und (Organo-)Mudden

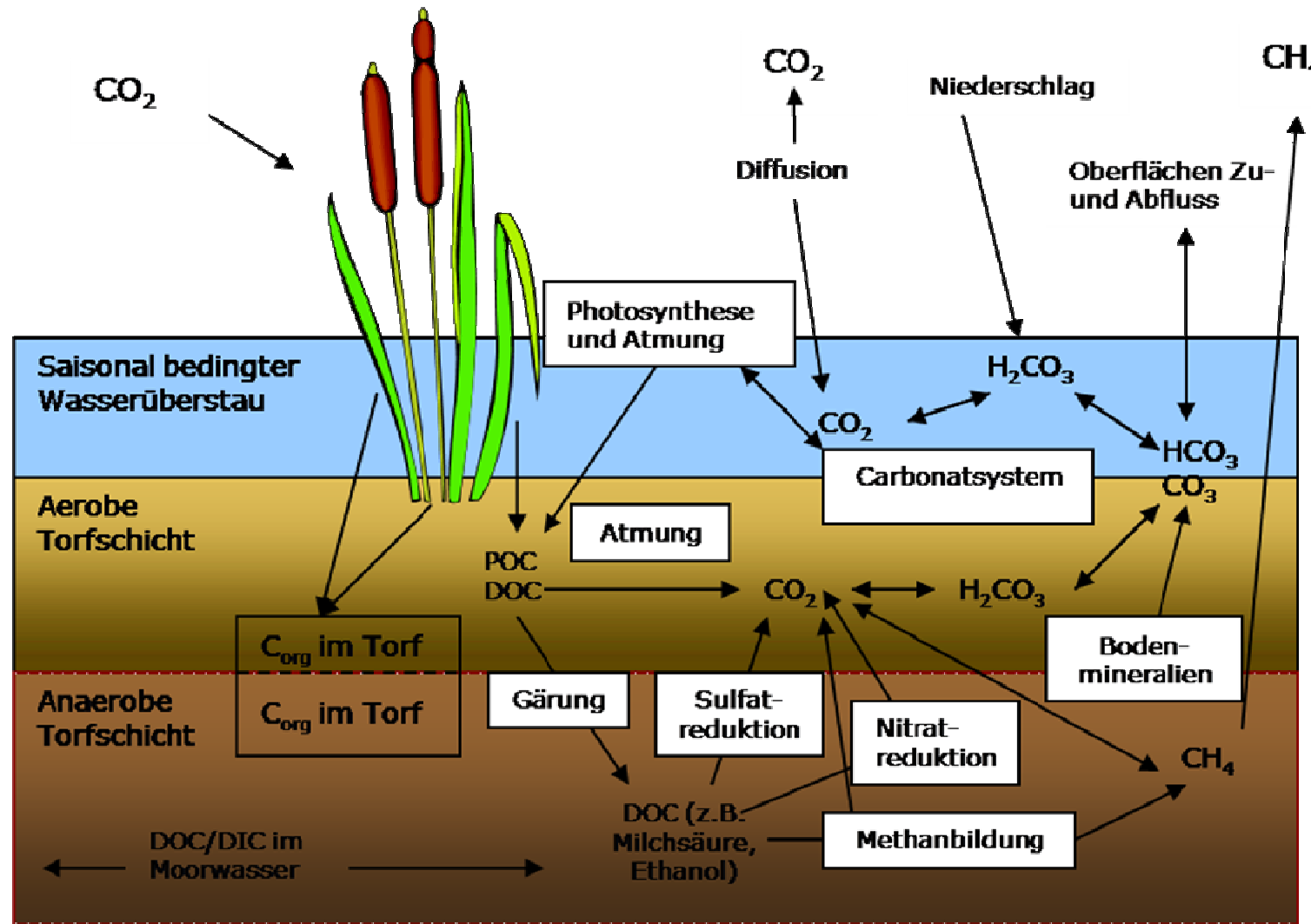
TRD → 0,1...0,5 g/cm³





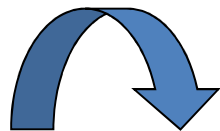
(Große) C-Speicherung bei:

- 1.) Wasserüberschuss (Grund- oder Niederschlagswasser)**
 - 2.) Akkumulation phenolhaltiger Huminstoffe und Hemmung von hydrolytisch wirksamen Enzymen (z.B. Carboxylasen)**
 - 3.) niedrigen Temperaturen**
 - 4.) langen Kälteperioden**
 - 5.) geringen pH-Werten**
 - 6.) bei Niedermooren: topologische Situation**
- von 100% Ausgangsbiomasse verbleiben ca. **2...16%** im Torf
 - **0,003 ...1,4 mm** Höhenwachstum



Kohlenstoffumsetzungen in Feuchtgebieten (Roszkopf 2008, nach Mitch und Gosselink, 1993; Rydin und Jeglum, 2006, verändert und ergänzt)

- **“long-term rate of carbon accumulation” LORCA**
- **bestimmt über Altersdifferenz (Datierung über ^{14}C) und Höhendifferenz charakteristischer Torflagen oder anderer datierter Lagen (z.B. Laacher Bimstuff)**
- **LORCA < NEE**
- **NEE (“net ecosystem exchange”): Bruttoprimärproduktion abzüglich autotropher und heterotropher Respiration**



$$\text{NEE} = \text{LORCA} + F \text{CH}_4 + \text{DOC}$$



Laacher Bimstuff in einem Brandenburger Kesselmoorprofil bei ca. 7 m u. GOK
(durch Vulkanismus in der Eifel vor ca. 11,2 ka v.h. ausgeworfen)



Torfart	Vegetationstyp	Wiederherstellbarkeit	LORCA (t C ha ⁻¹ a ⁻¹)	Quelle
Erlenbruchwaldtorf	sehr nasser Erlenbruchwald	mittelmäßig	0,13 – 1,10	1
Erlenbruchwaldtorf (stark zersetzt)	nasser Erlenbruchwald	mittelfristig	0,28 – 1,27	1
Seggen-Braunmoostorf	moosreiche Kleinsseggenrieder	langfristig	0,22 – 1,64	1
Seggentorf	Seggenried	mittelfristig	0,24 – 0,38	1
Schilftorf	Schilfröhricht	kurzfristig	0,75	1
Torfmoos-Torf	Torfmoosrasen	langfristig	0,14 – 0,72	1
Hochmoor	Finnland		0,24	2
Niedermoore	Finnland		0,15	2

Langfristige C-Akkumulation (Trepel, 2009; mit: 1=Prager et al. 2006; Tolunen & Turonen 1996)

Voraussetzung: für einen Vergleich von Werten:

⇒ **Vergleichbarkeit**

Berechnung:

$C\text{-Menge/ha} = C_{\text{org}} \times \text{TRD} \times \text{Bodenmächtigkeit}$

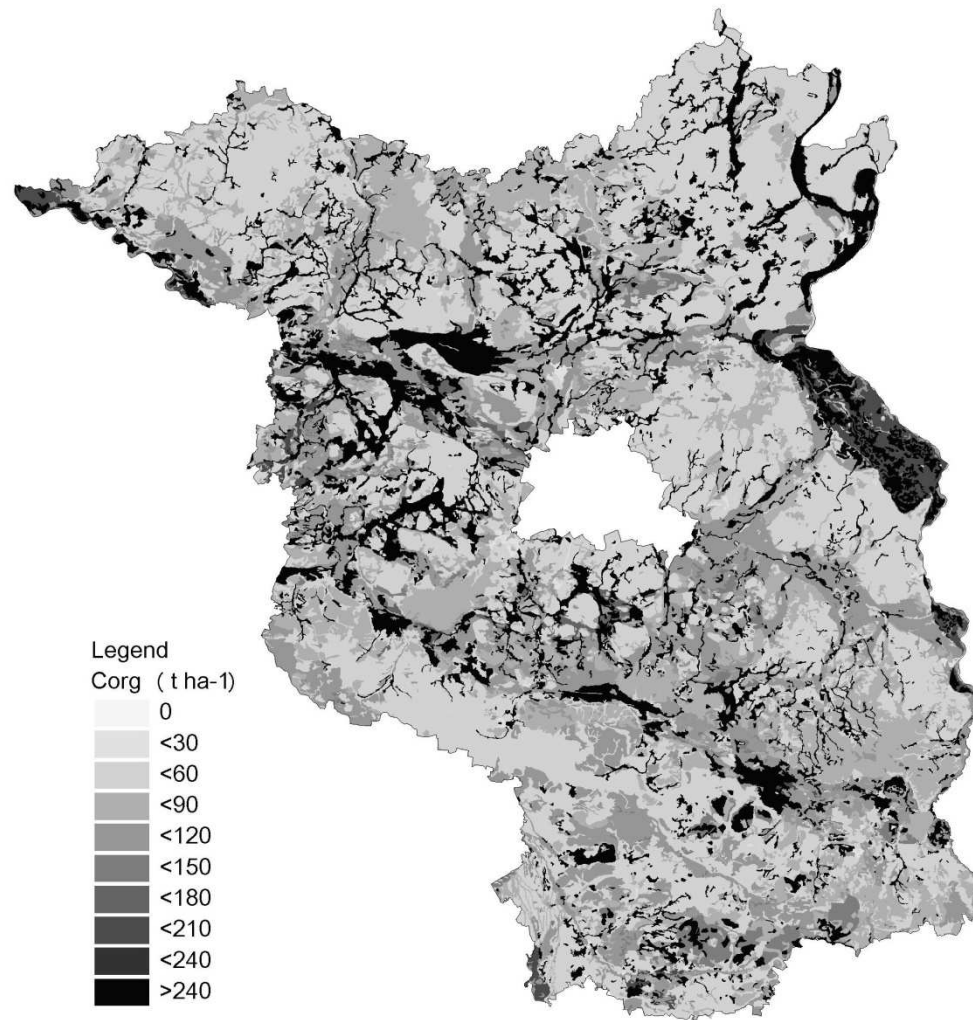
- z.B. für die 0,3 m "Oberböden":

⇒ **sandige Mineralböden: bis 45 t C/ha**

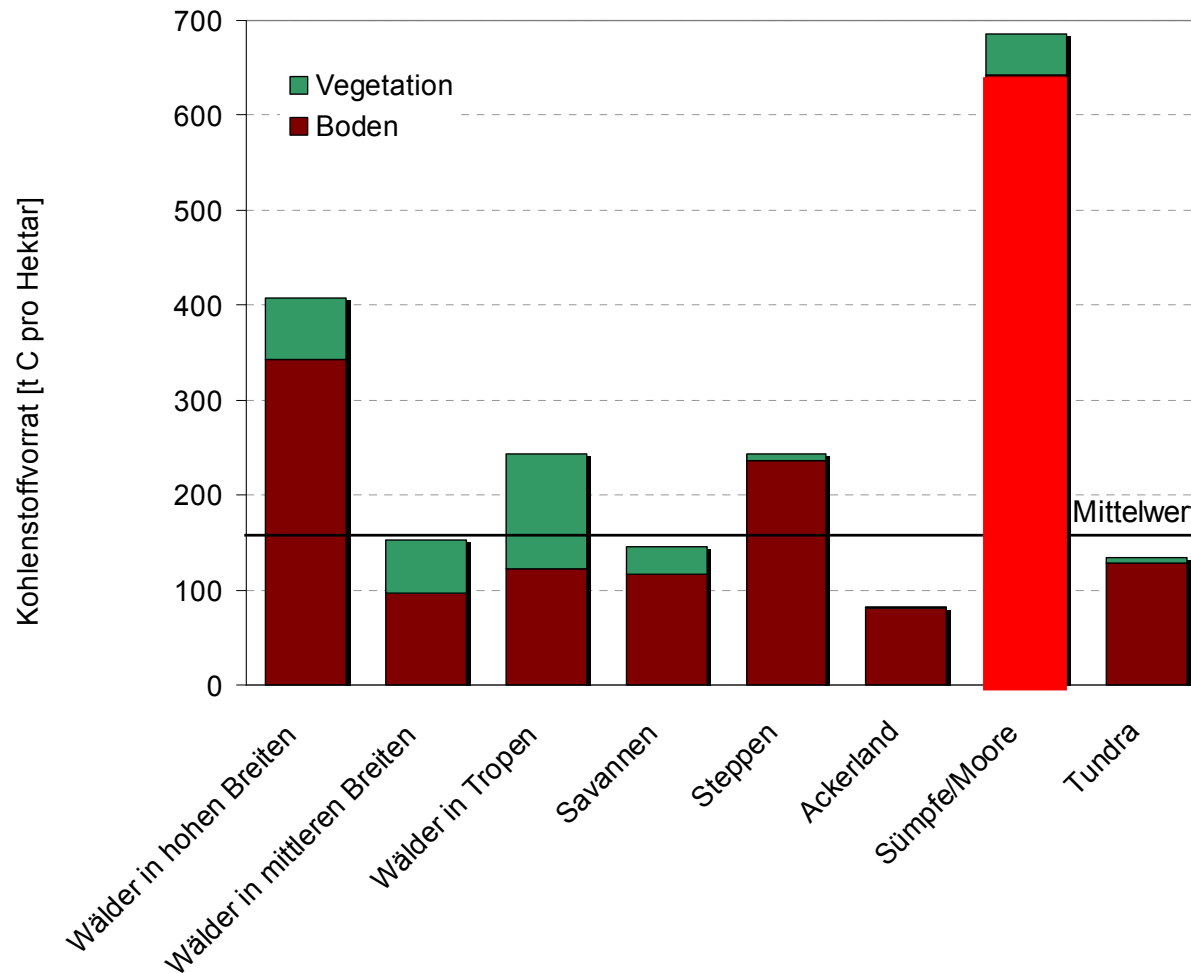
⇒ **Moorböden: bis 520 t C/ha**

oder

- z.B. für 2,0 m Mächtigkeit



Organische C-Speichermengen in Böden Brandenburgs in: **0 – 2,0 m**
(Zeitz, Bauriegel, Hering und Roßkopf, 2009)



Kohlenstoffvorräte in wichtigen globalen Ökosystem-Typen
(Quelle: WBGU 1998; Grafik in Freibauer et al., 2009)



Hydrogenetischer Moortyp	Fläche (ha)	C-Speicherung (t ha ⁻¹)	Gesamtspeicherung (Mio t)
Versumpfungsmoor	155.000	548	84,9
Durchströmungsmoor	24.000	2024	48,6
Verlandungsmoor	20.000	2068	41,4
Quellmoor	5.000	1346	6,7
Überflutungsmoor	4.000	548	2,2
Kesselmoor	3.000	1346	4,0

Abschätzung der C-Speichermengen Brandenburger Moore (Zeitz et al., 2009)

Gesamt Brandenburg: 188 Mio t C
Gesamt Mecklenburg-Vorpommern: 450 Mio t C (Zauft et al., 2009)
(Gesamt Berlin: 2,7 Mio t C (Zeitz, 2009))



- nach Ende der letzten Eiszeit bildeten sich in Deutschland in Moorböden enorme C-Vorräte
- schätzungsweise lagern in den ca. 1,3 Mio ha Mooren:

⇒ **2.300 Mio t ± 2.350 Mio t C**

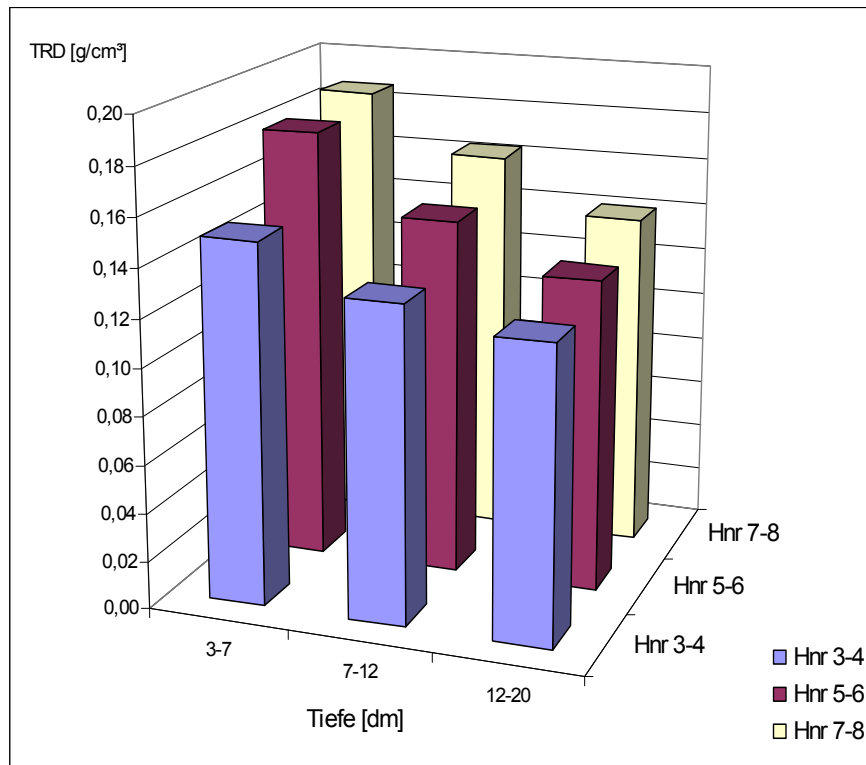
oder:

⇒ **8.441 ± 8624 Mio t CO₂)**

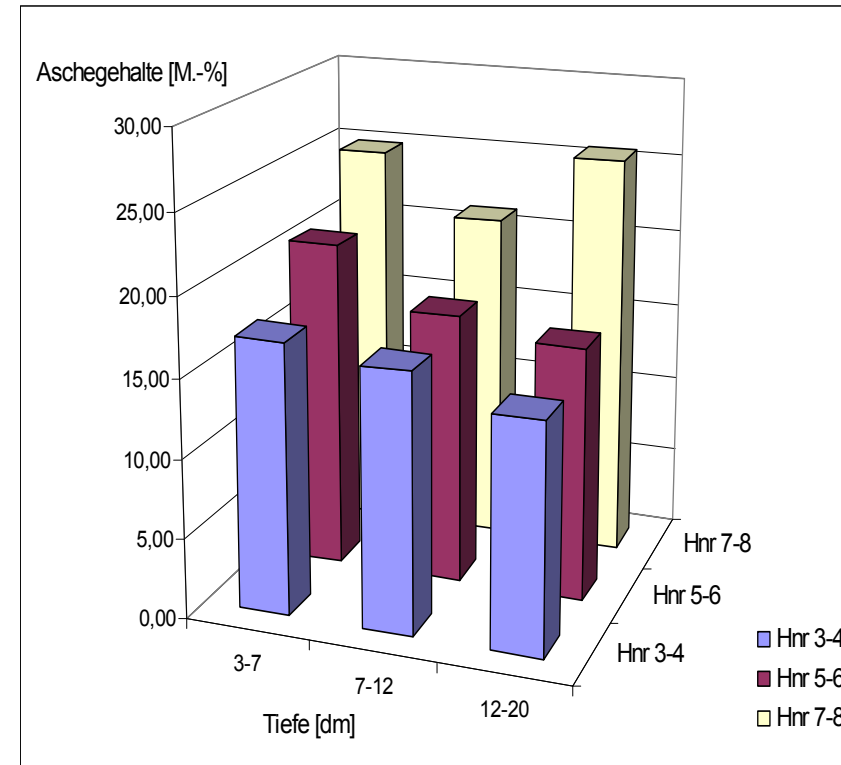
CO₂-Aufnahme bei Moorwachstum: 1,2 (HM)...1,7 (NM) t CO₂ ha⁻¹ a⁻¹

CO₂-Freisetzung bei Nutzung: 18,3...40,4 t CO₂ ha⁻¹ a⁻¹

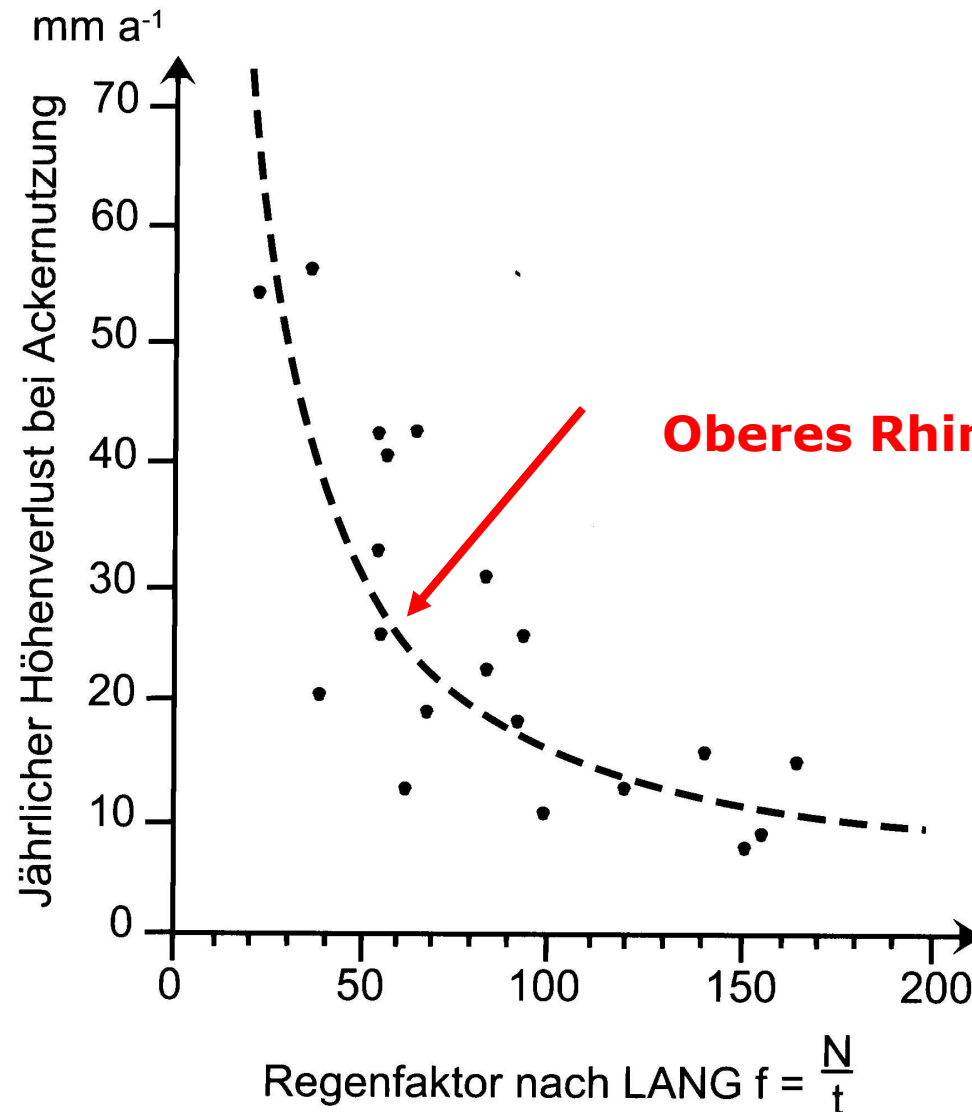
VERHÄLTNIS: durch Nutzung wird bis **34 mal mehr** CO₂ frei gesetzt!



Trockenrohddichte [g/cm^3] von Radzellentorf mit unterschiedlichen Zersetzungsgraden und aus verschiedenen Tiefen



Aschegehalt [M %] von Radzellentorf mit unterschiedlichen Zersetzungsgraden und aus verschiedenen Tiefen



**Jährlicher Torfschwund in
Niedermooren bei Acker-
nutzung in Abhängigkeit
vom Klima**

(nach Eggelsmann, 1976)



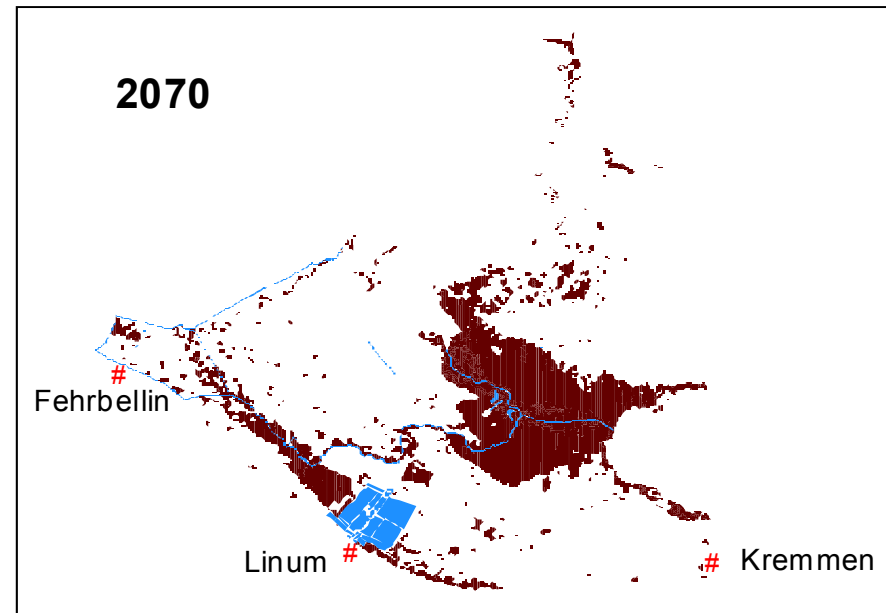
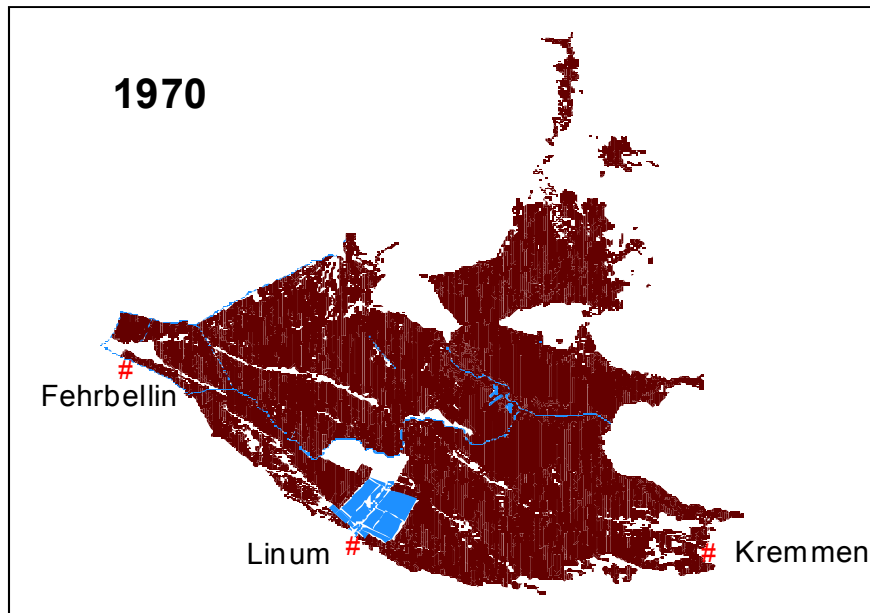
Boden	Emissionen in t C/ha/a
Gleye/Anmoore	2-4
Hochmoore	2-4
Niedermoore	2-6
Niedermoore unter Acker	6-15

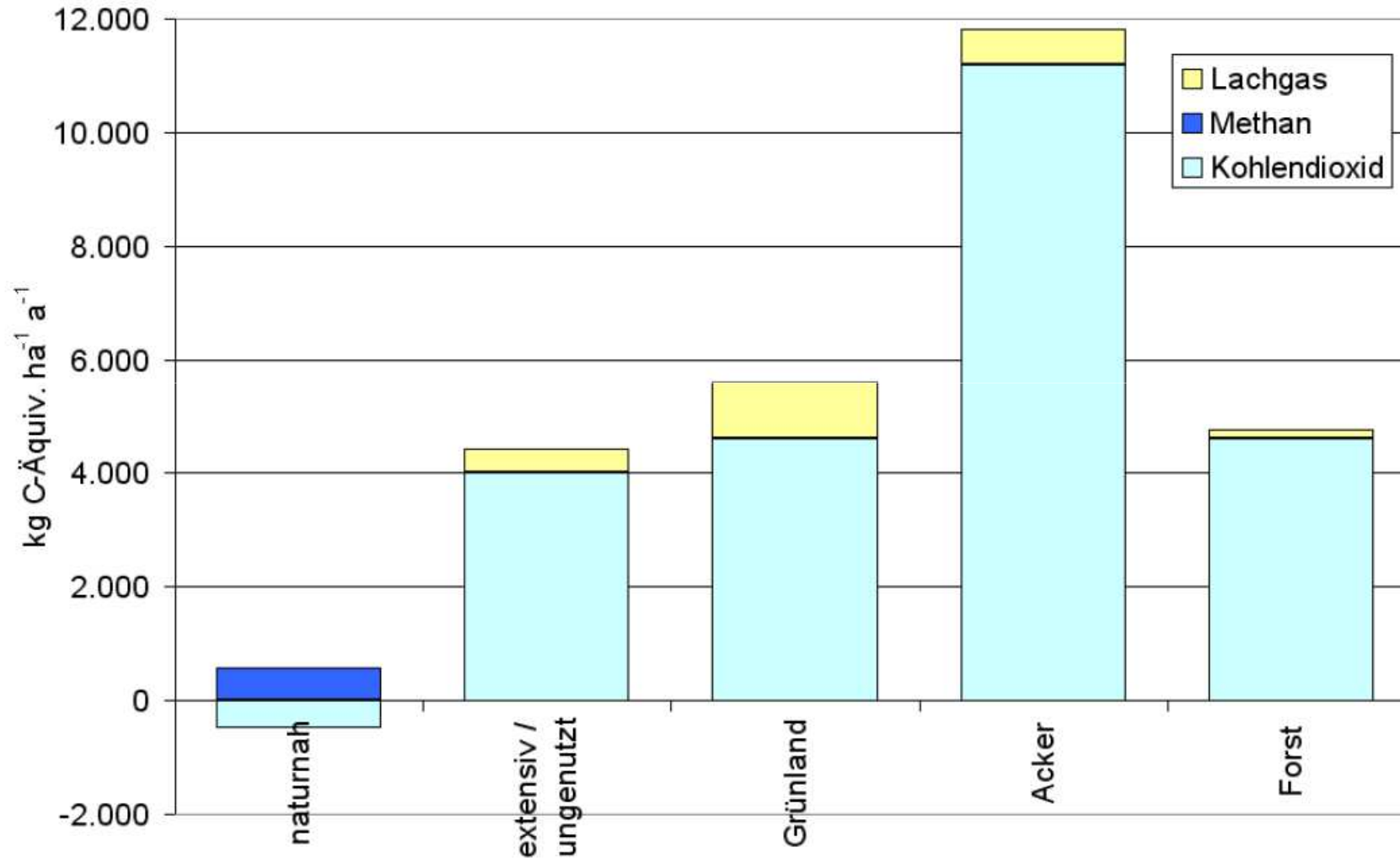
(Drösler 2007, Höper 2007)

Risiko der C-Freisetzung aus Mooren im Vergleich zu anderen Standorten

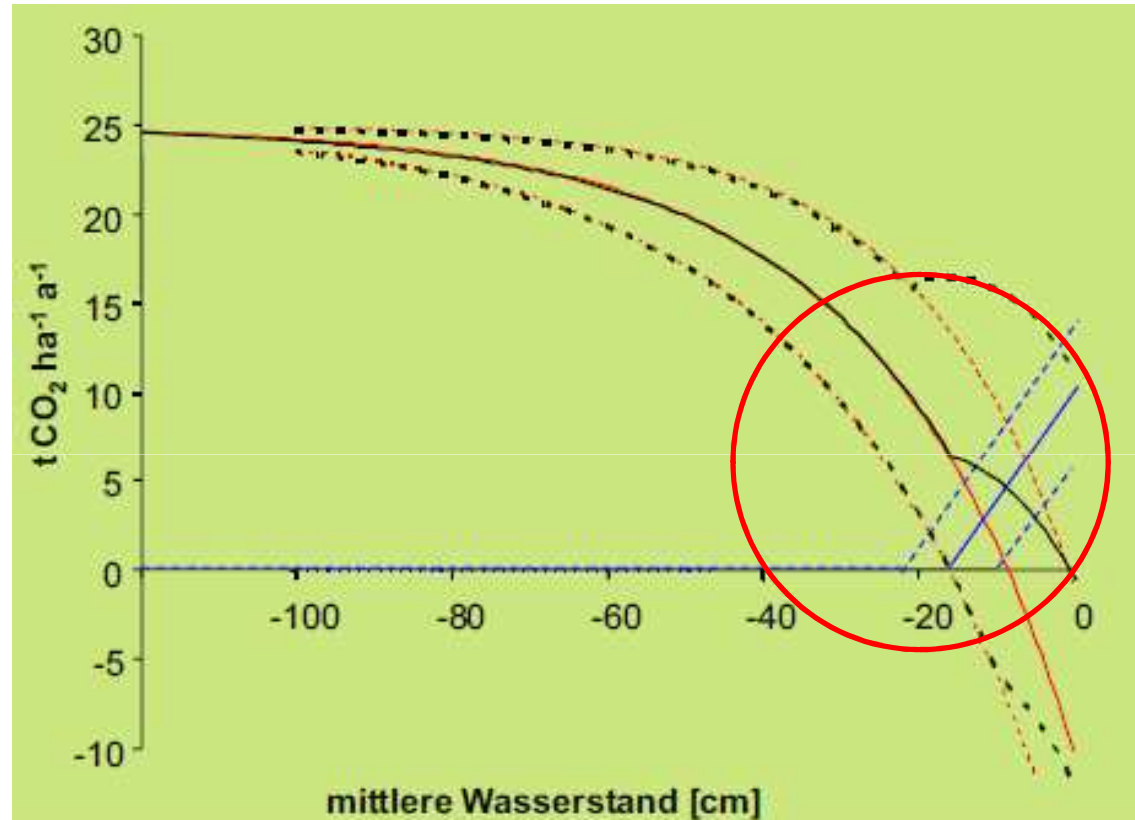
Boden	Nutzung	Potenzielle Gefährdung	Verlust-rate t C/ha/Jahr	Dauer Jahre
Mineralböden	Acker	konv. Fruchtfolge	0	
Mineralböden	Acker	Schwarzbrache	< 1	< 10
nicht hydromorphe Mineralböden	Grünland	Umbruch	1 - 2	< 20
hydromorphe Böden	Grünland	Entwässerung, Umbruch	2 - 4	< 20
Hochmoor	Acker, Grünland	anhaltende Torf-mineralisation	2 - 6	30 - 100
Niedermoor	Grünland			
Niedermoor	Acker	anhaltende Torf-mineralisation	6 - 15	30 - 100

(Höper, 2007²⁶)





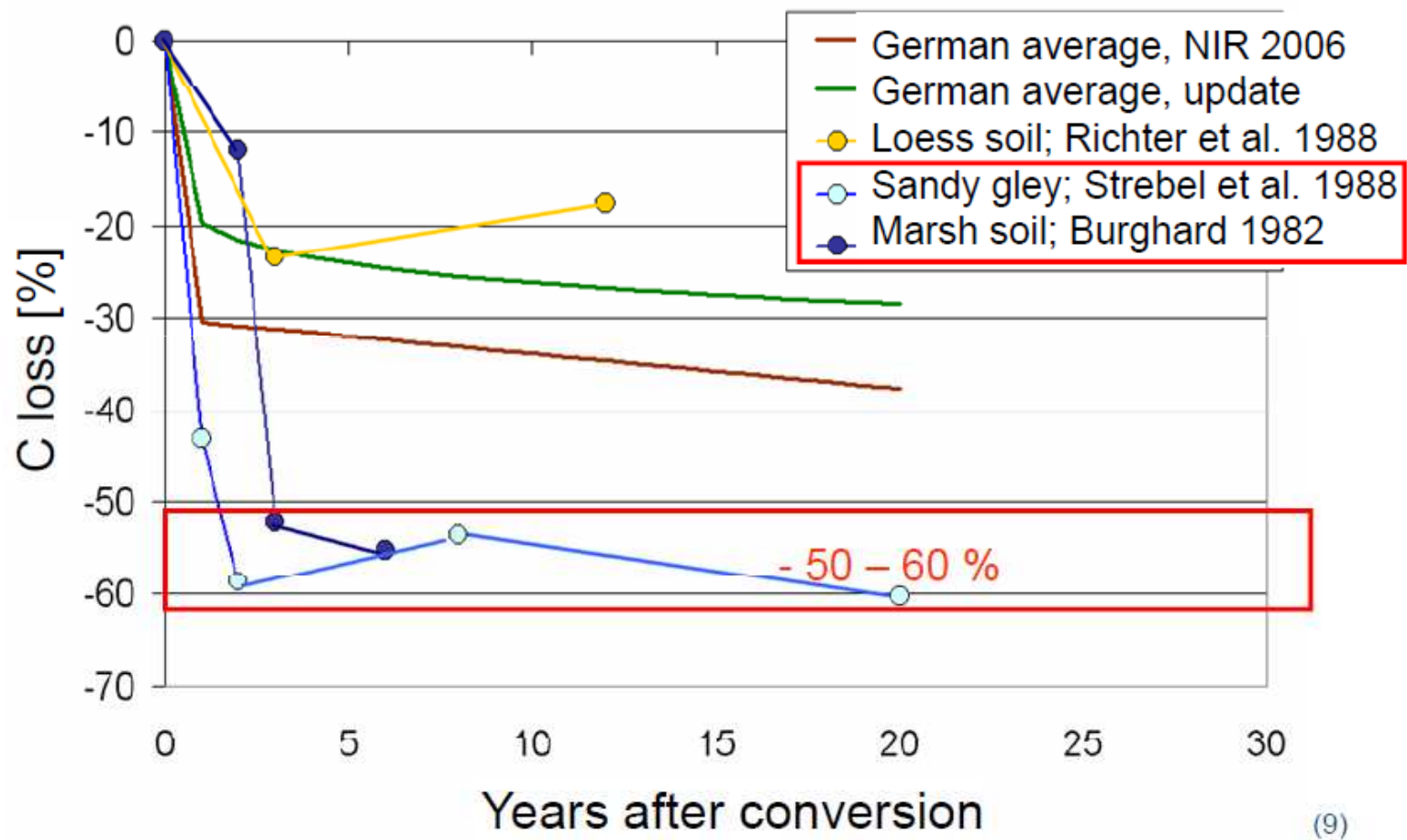
(Höper, 2007)



GWP und Wasserstand


(nach GEST-Ansatz von Couwenberg u.a. 2008; blau: CH₄ ; rot: CO₂)

Gesamt-C-Verlust: 5 to 40 t C pro Hektar



C-Verluste durch Grünlandumbruch (Höper, 2009)

- Moore in BB bereits stark degradiert
- Auen-Überflutungsmoore sind durch Entstehungsbedingungen bereits vergleichsweise geringer durchlässig und weisen hoch zersetzte Torfe auf; durch Landnutzung werden die hydraulischen Bedingungen zusätzlich verschlechtert
- C-Speicherung in Mooren ist bedeutsam
- Auen-Überflutungsmoore speichern 10 mal mehr C als Mineralböden
- Schutz nach BBSchG
- Management des Wassers bezüglich max. möglichem C-Erhalt:

 vermutlich bei 10 cm unter Flur

- Gasmessungen und Hochrechnungen fehlerbehaftet
- höhere Wasserstände verschlechtern die Produktionsfunktion
- offene Fragen der Biomassenutzung/und/oder Schutz versus finanzieller Förderungen