

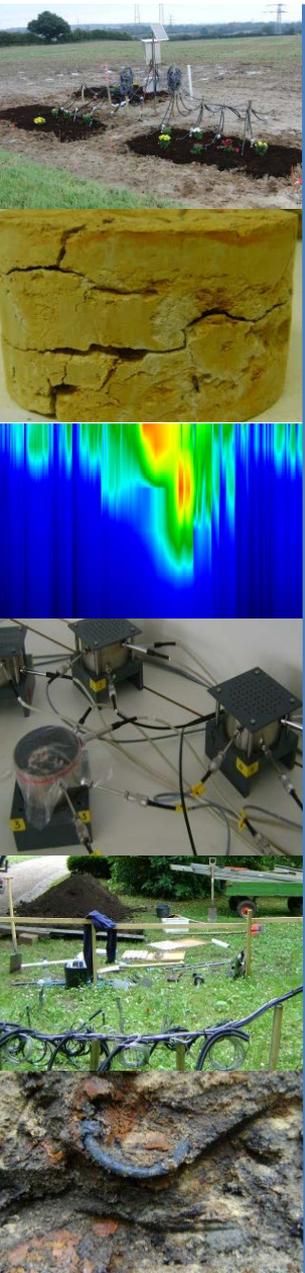
DBU-Forschungsprojekt Entwicklung einer umweltgerechten Erdbestattungspraxis im Hinblick auf die Folgewirkungen auf Böden, Grundwasser und Atmosphäre



MSc. Iris Zimmermann, Dr. Heiner Fleige, Prof. Dr. Rainer Horn
Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Gliederung

- Einführung in die Thematik
- Zielsetzung
- Methoden
- Ergebnisse
 - Kartierung
 - Leitprofile
 - Monitoring
 - Bewertungssystem
- Zusammenfassung



Anlass des Projektes

- Umfrageergebnissen zufolge sind 30-40 % der deutschen Friedhöfe von Verwesungsstörungen betroffen
- Überwiegend Leichenlipid („Wachsleichen“)
- Langfristige Konservierung des Leichnams → Erneute Nutzung der Grabstelle erschwert
- Ursache ist häufig die Bestattung in dafür ungeeigneten Böden



Leichnam



Gebeine

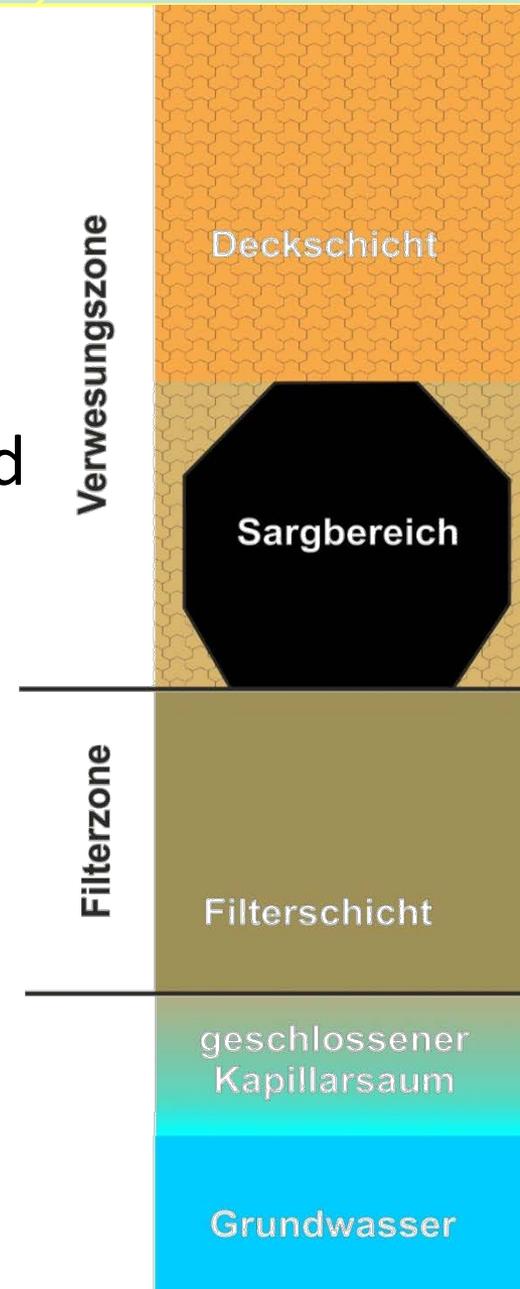
Für die Erdbestattung potentiell ungeeignete Böden

- Grund- und Stauwasserböden
- Schlecht durchlüftete, tonreiche Böden
- Felsige bzw. steinige Böden mit geringer Grabbarkeit und Filterwirkung



Eignungskriterien ?

1. Vollständige Verwesung innerhalb der Ruhefrist (20-30 Jahre)
 - **Gasaustausch** zwischen Sargbereich und Atmosphäre
 - **Wasserableitung** aus der Verwesungszone
2. Schutz des Grundwassers
 - **Filterung** von Sickerwasser aus dem Sargbereich



Auf vielen Friedhöfen wird trotz Bekanntsein von ungünstigen Bodenverhältnissen weiter bestattet

- Traditioneller Hintergrund, Familiengräber
- Sanierung oder Neuanlage zu teuer
- Wiederbelegungen nicht notwendig, da genügend Ausweichfläche vorhanden
- Tabuthema Verwesungsstörungen wird möglichst ruhen gelassen



Zielsetzungen des Forschungsprojektes

- Charakterisierung der besonderen Eigenschaften von Friedhofsböden
- Dokumentation von Wasserhaushalt und Sauerstoffverfügbarkeit in Erdgräbern
- Entwicklung eines Bewertungssystems für Friedhofsböden auf Basis von Feld- und Laborergebnissen

Monitoring

- $n = 4$ Stationen
- 7 Messtiefen, 20-220 cm
- Matrixpotentiale
- Redoxpotentiale
- Bodentemperatur



Bodenkundliche Klassifikation von Friedhofsböden

- ✓ Turnusmäßiges „Rigolen“ (Umgraben) der oberen 4- >10 dm (Verwesungszone)
- ✓ Einnischung von organischer Substanz
- ✓ R-C Boden
→ **Bodentyp: Rigosol (YY)**

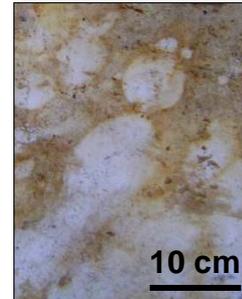
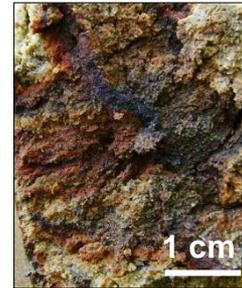


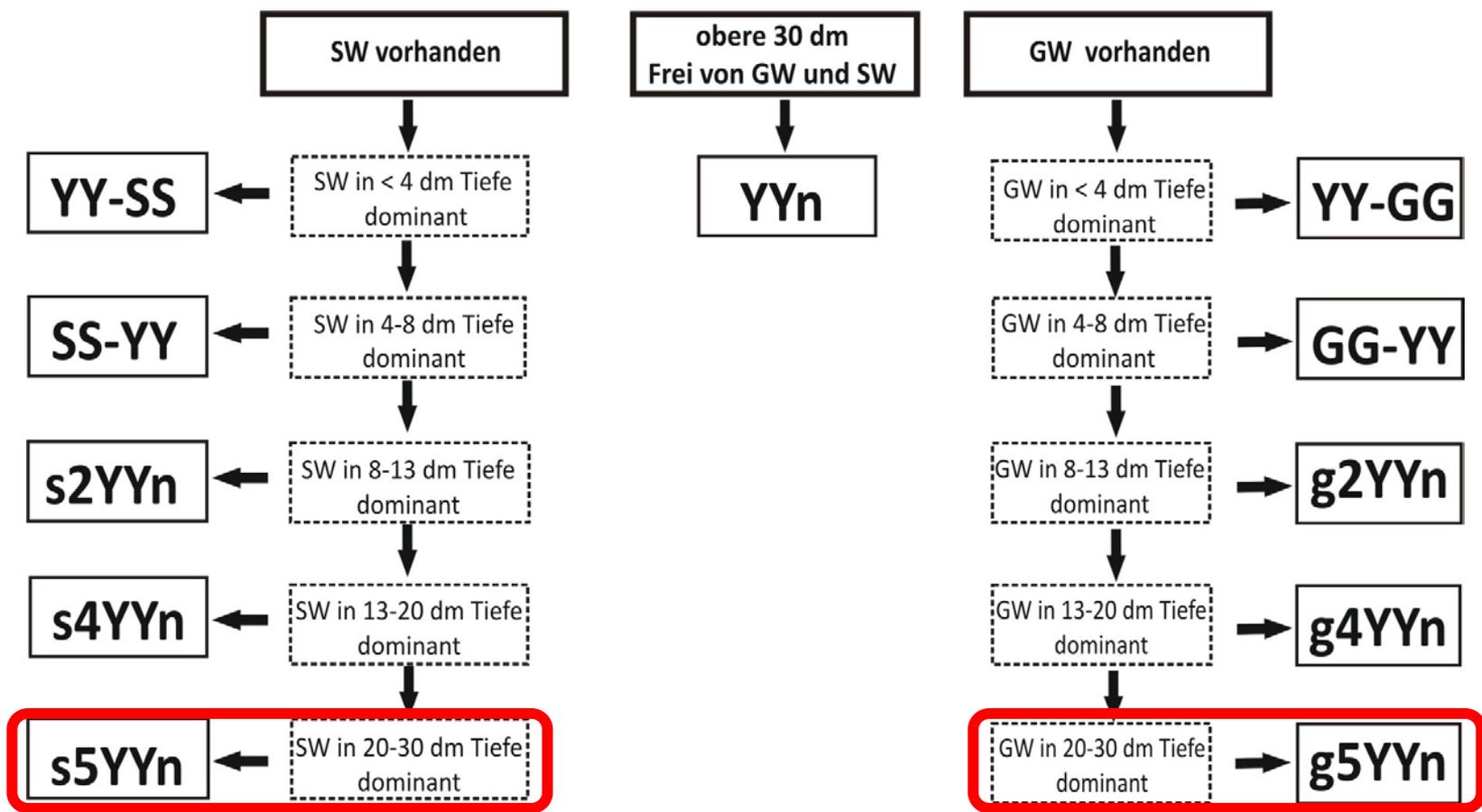
Bestimmung des Bodensubtyps bzw. der (Sub)Varietät

- Grund- oder Stauwassereinfluss ist auch bei gestörter Horizontabfolge erkennbar
- Relativ schnelle Ausprägung von hydromorphen Merkmalen („Rostflecken“)



Die Bestimmung des **Bodensubtyps** dient in diesem Zusammenhang **vor allem** der Beschreibung von **Grund- oder Stauwassereinflüssen** (Ausprägung, Tiefe)

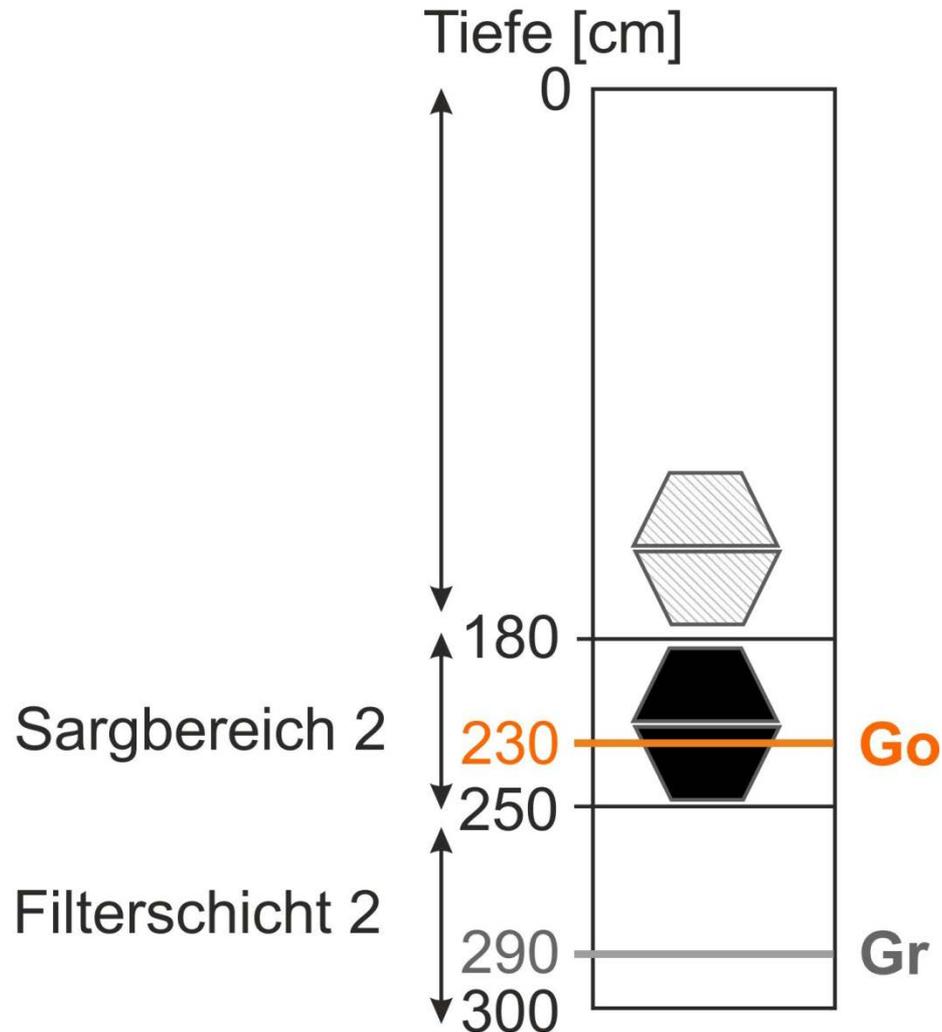




Legende:

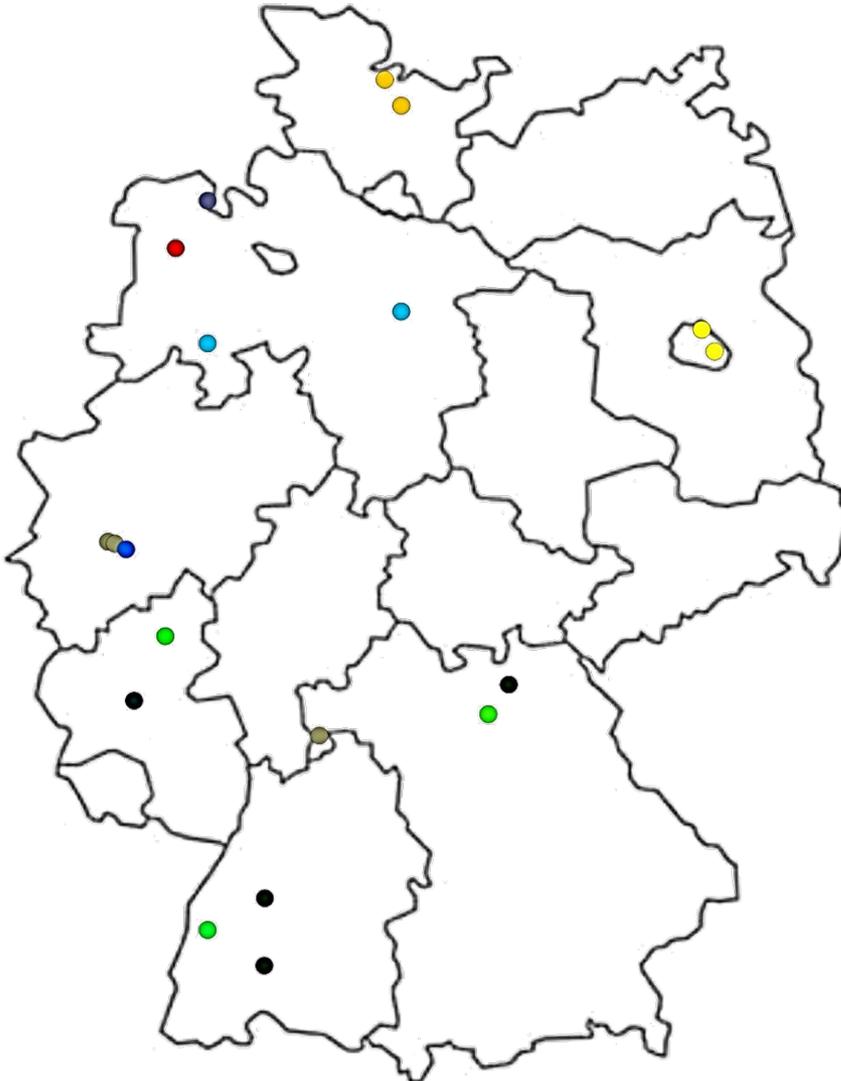
GW: Grundwasser	SS: Pseudogley
SW: Stauwasser	s2/g2: flach pseudovergleyt/ flach vergleyt
YY: Rigosol	s4/g4: tief pseudovergleyt/ tief vergleyt
GG: Gley	s5/g5: sehr tief pseudovergleyt/ sehr tief vergleyt

Beispiel Bedeutung der Subvarietät g5YYn



Übersicht kartierte Friedhöfe

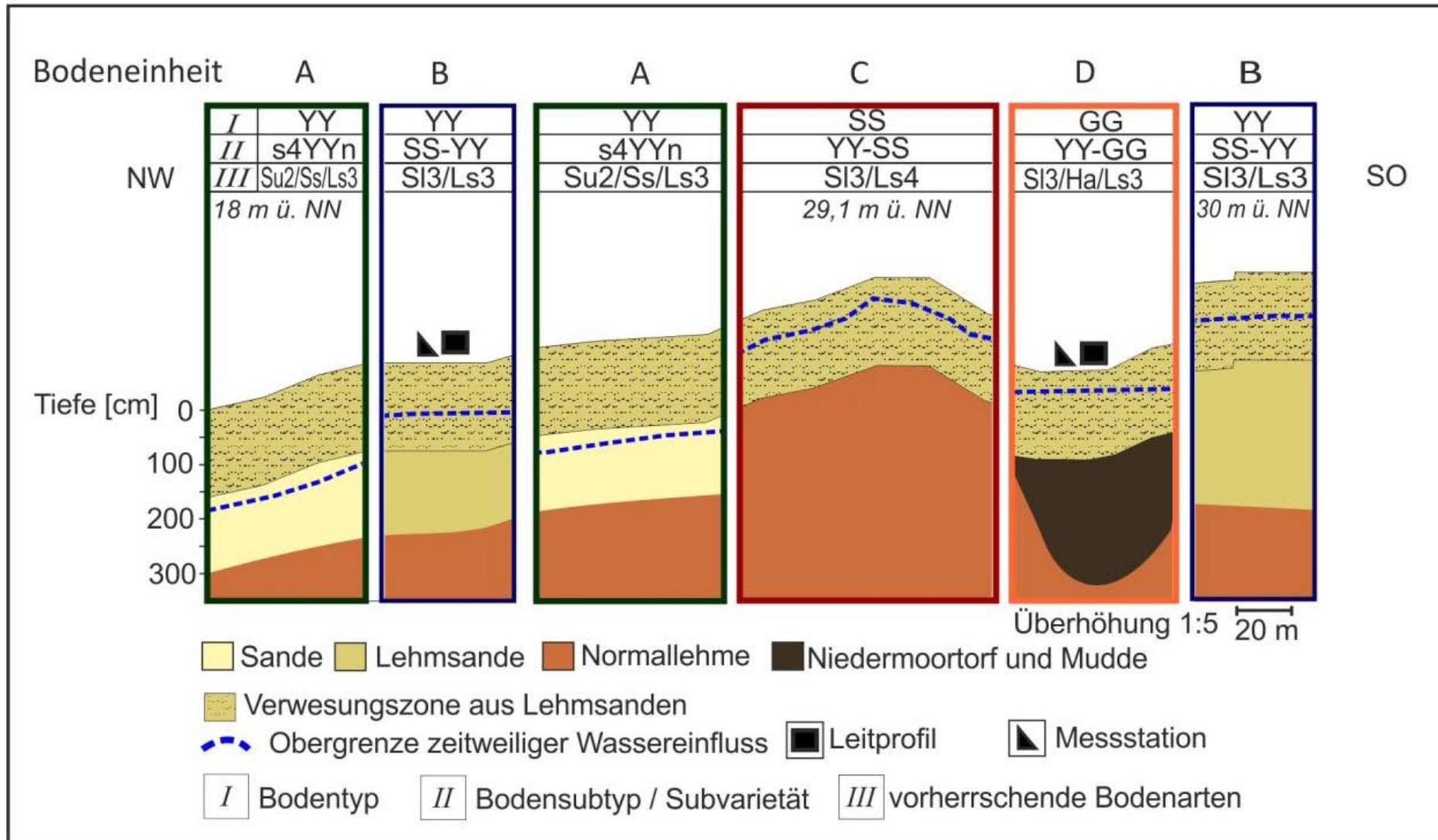
n = 19



- Böden aus Geschiebelehm und Geschiebemergel
- Marschböden
- Hoch- und Niedermoorböden
- Böden der Niederungen und Urstromtäler
- Trockene Sandböden
- Böden der Flussauen
- Böden der Flussterrassen und Hochflutsedimente
- Braune Lössböden, einschließlich Sandlöss und lössähnliche Sedimente
- Böden aus Ton- und Schluffsteinen, zum Teil mit Solifluktsdecken



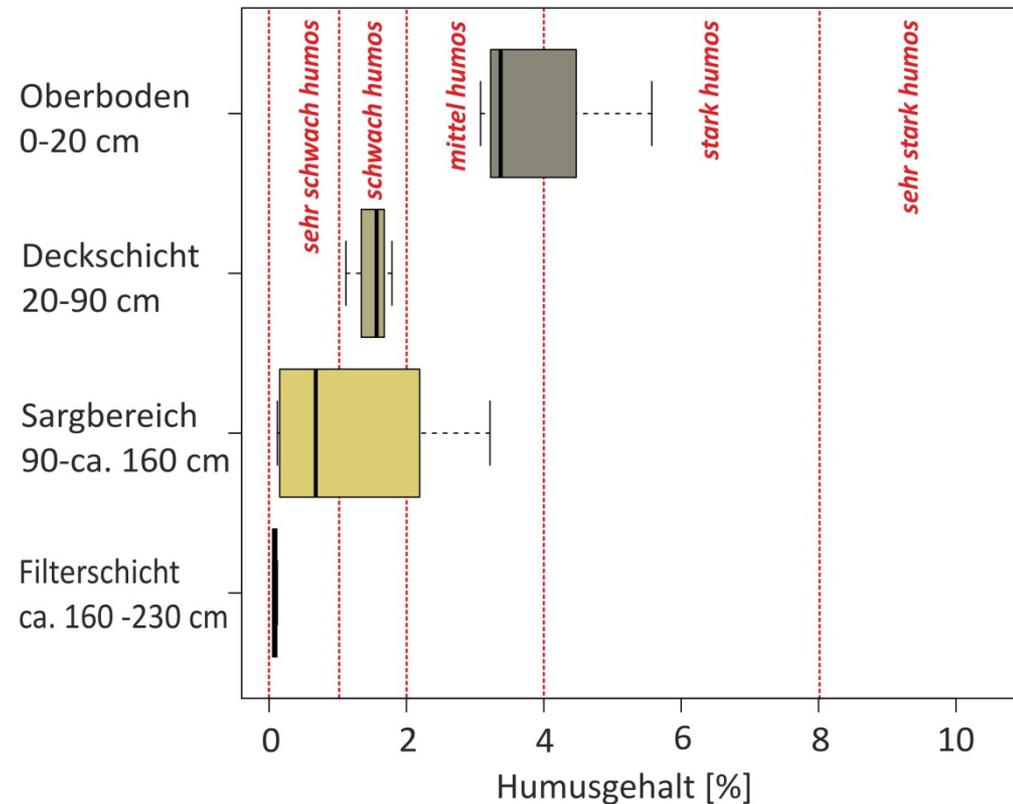
Kartierung



Humusgehalte

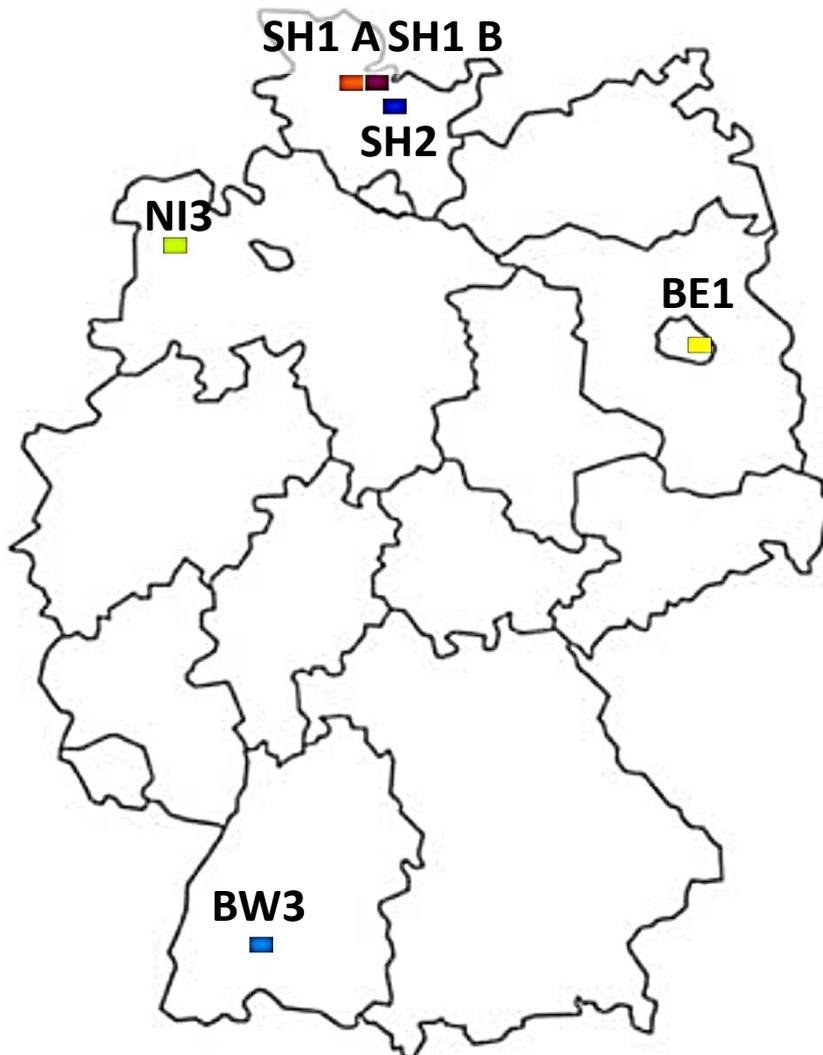
nur mineralische Proben aus den Bohrkernen
(n=193)

- Mit zunehmender Tiefe abnehmende Humusgehalte
- Humusgehalte vor allem in den oberen 90 cm relativ hoch
 - Einmischung von Blumenerde und aufgetragenem humosem Oberboden („Mutterboden“)



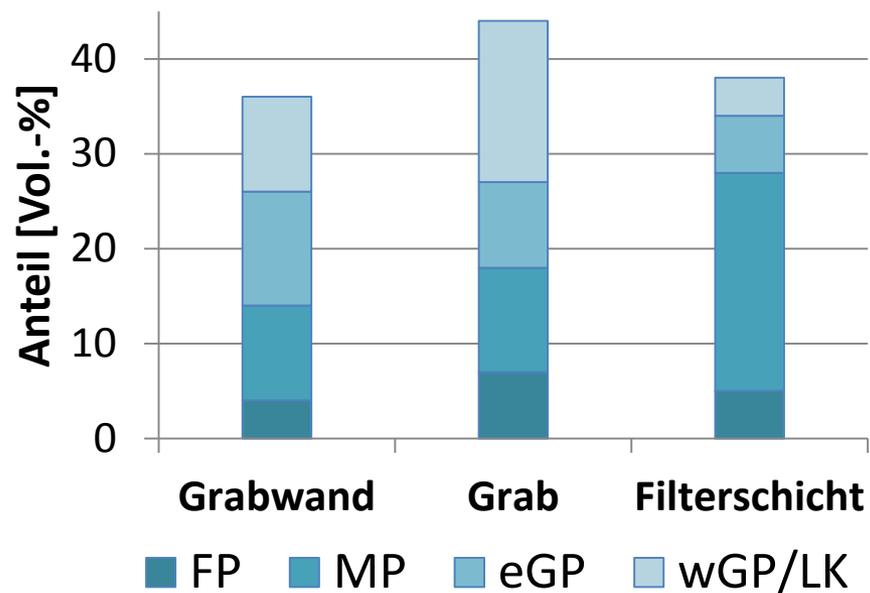
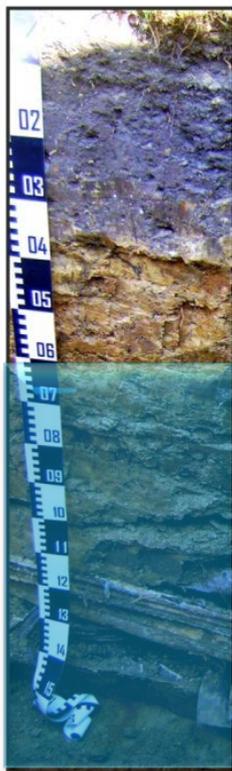
Übersicht Leitprofile

n=6



- Pseudogley-Rigosol
aus Geschiebedecksand über Geschiebelehm
- Rigosol-Gley
aus Auftrag über Niedermoor
- Rigosol-Pseudogley
aus Geschiebemergel
- Pseudogley-Rigosol
aus Sandaufschüttung über Hochmoor
- Normrigosol
aus Flugsand
- Pseudogley-Rigosol
aus Löss über Rötton

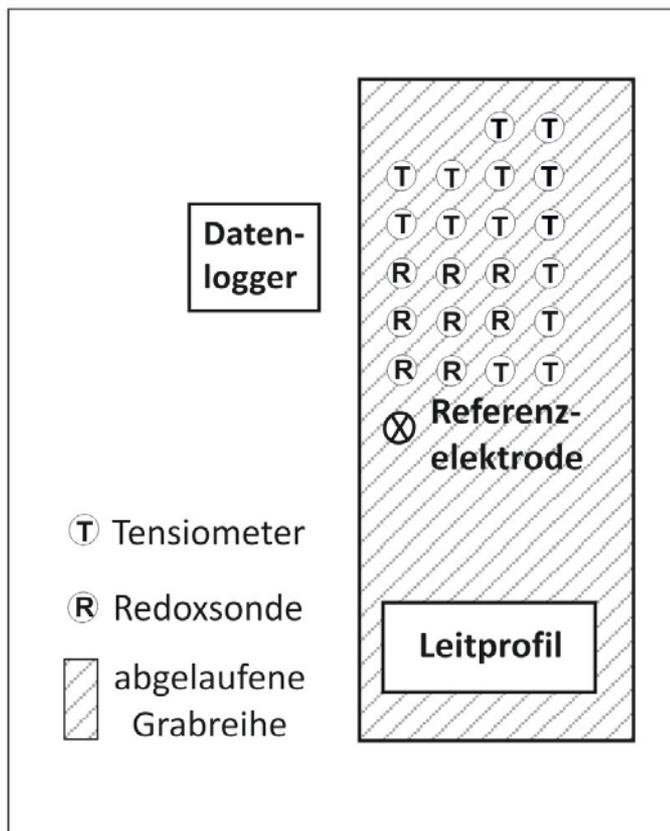
Beispiel Leitprofil SH1 B



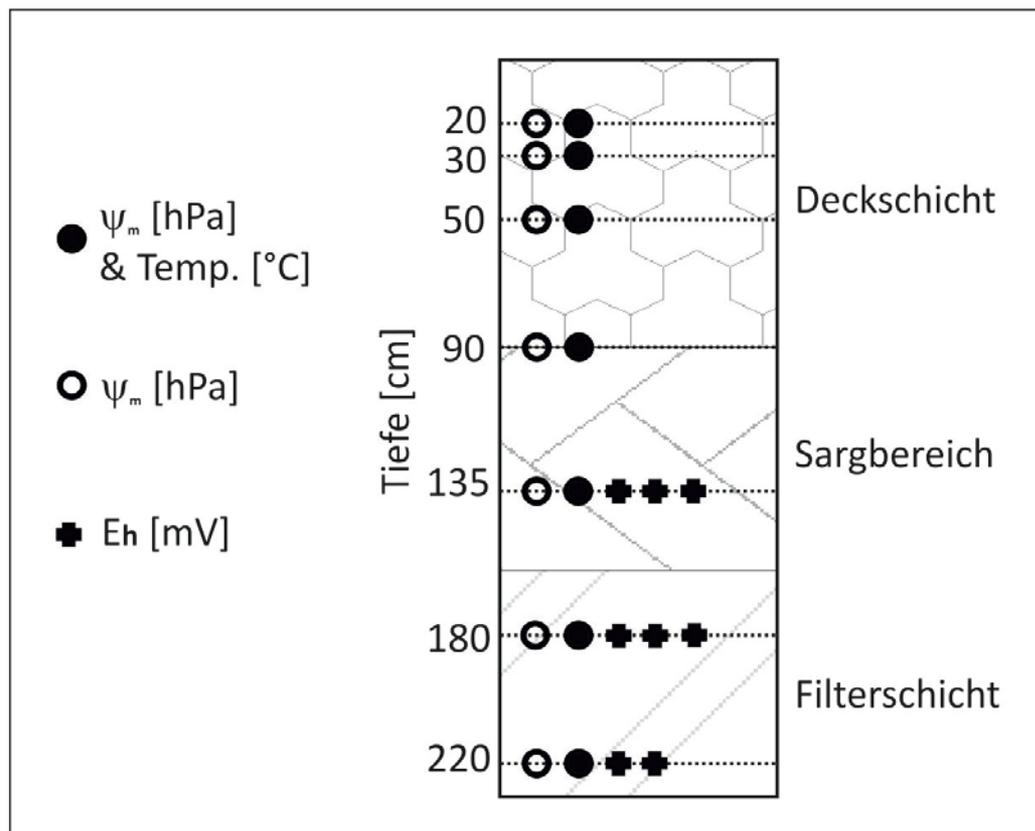
Kennwert	Grabwand (50 cm Tiefe)	Grab (50 cm Tiefe)	Filterschicht (160 cm Tiefe)
ρ_t [g cm ⁻³]	1,7 >	1,5 <	1,6
$k_{l_{-300 \text{ hPa}}}$ [cm d ⁻¹]	17 <	26 >	7
k_f [cm d ⁻¹]	13 <	25 >	6

Monitoring auf Friedhöfen

Anordnung eines Messplatzes

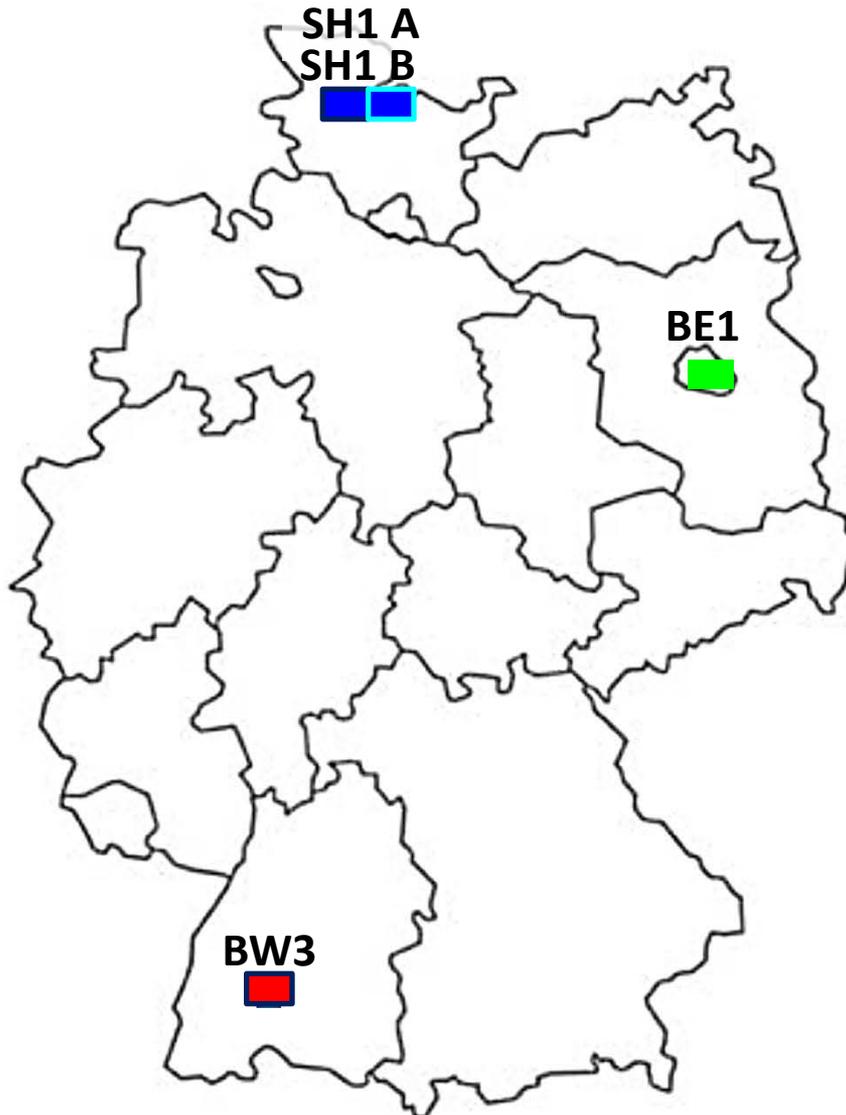


vertikale Verteilung der Sonden



Übersicht Monitoringstationen

n = 4



- Pseudogley-Rigosol
aus Geschiebedecksand über Geschiebelehm
- Rigosol-Gley
aus Auftrag über Niedermoor
- Normrigosol
aus Flugsand
- Pseudogley-Rigosol
aus Löss über Rötton
- Verwesung erheblich gestört,
Sanierung erforderlich
- Verwesung nicht optimal,
lange Ruhezeiten erforderlich
- Schnelle, vollständige Verwesung
- Stauwassereinfluss
- Grundwassereinfluss

Beispiel Monitoringstationen SH1 A und BE1

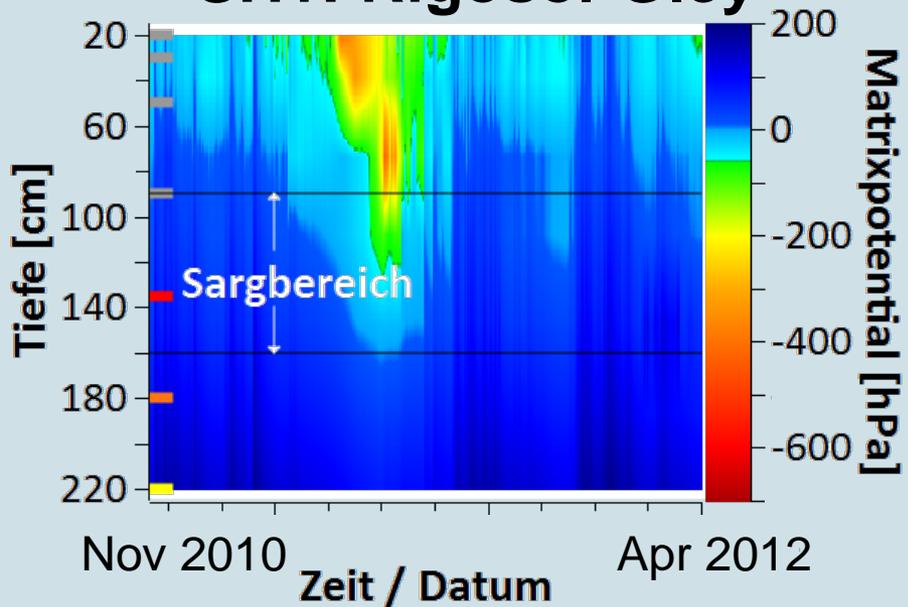
Friedhof SH1 A: YY-GG aus Auftrag (SI3) über Niedermoortorf Friedhofsbereich mit geringer Verwesungsleistung



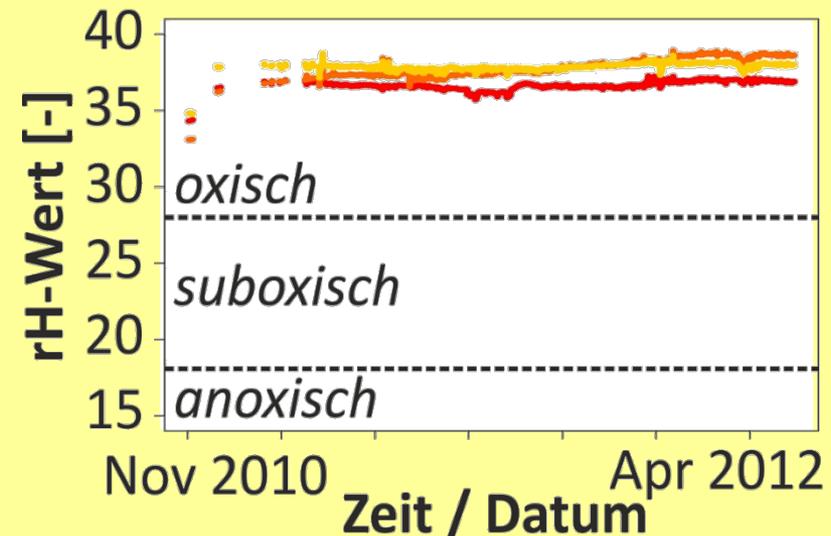
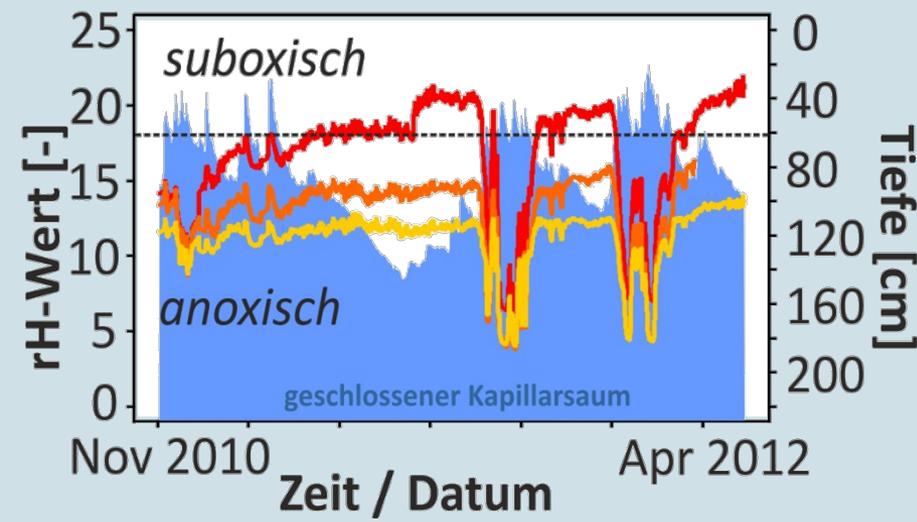
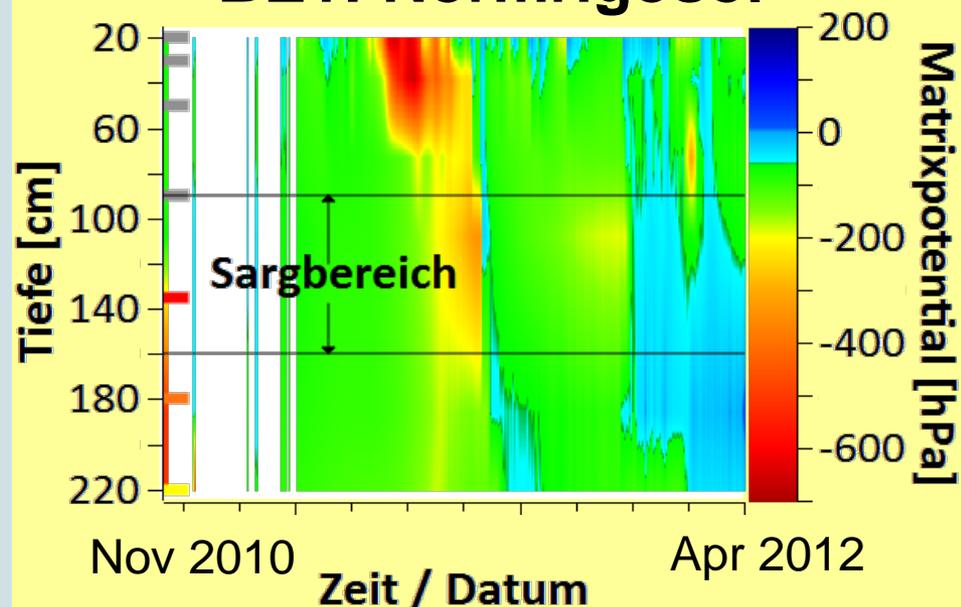
Friedhof BE1: YYn aus Flugsand Friedhof mit hoher Verwesungsleistung



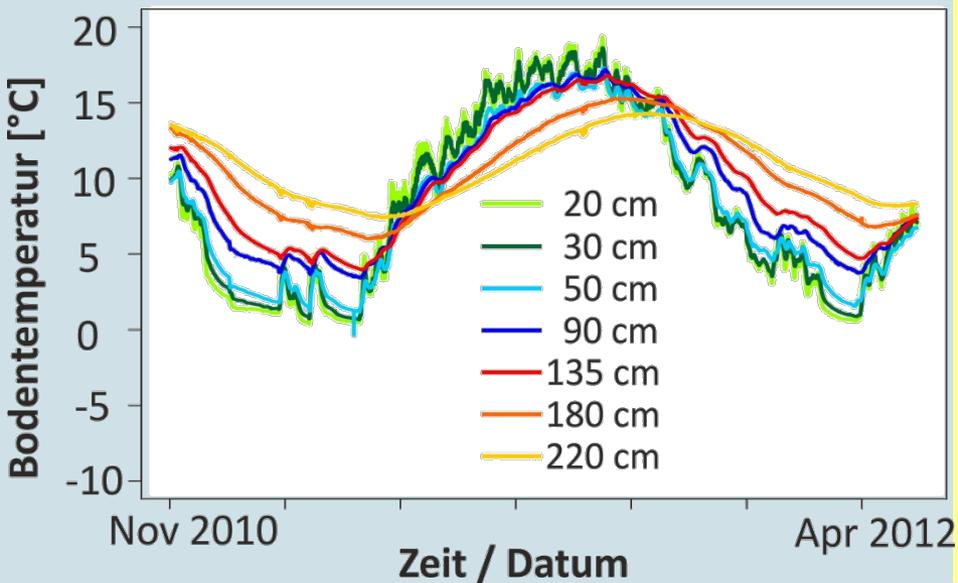
SH1: Rigosol-Gley



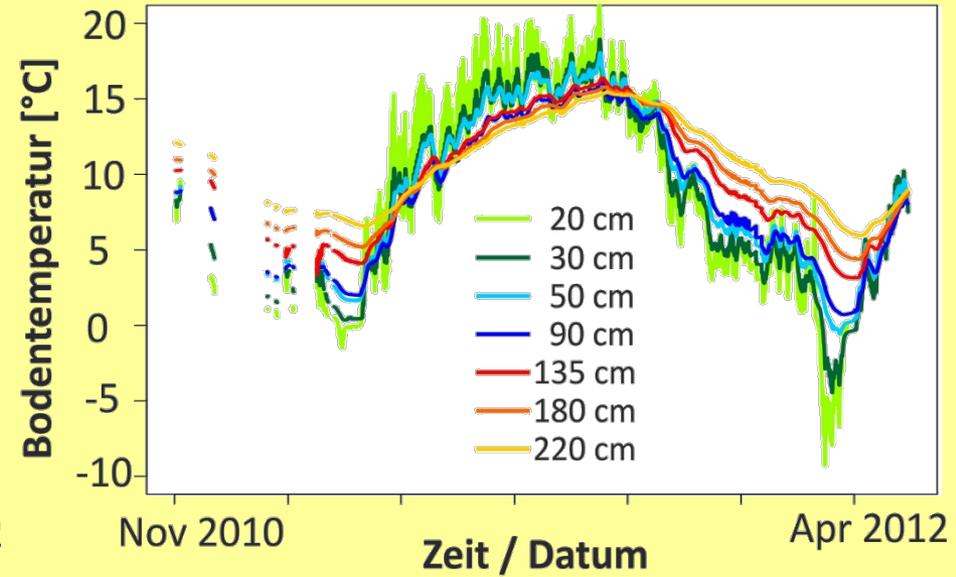
BE1: Normrigosol



SH1: Rigosol-Gley



BE1: Normrigosol



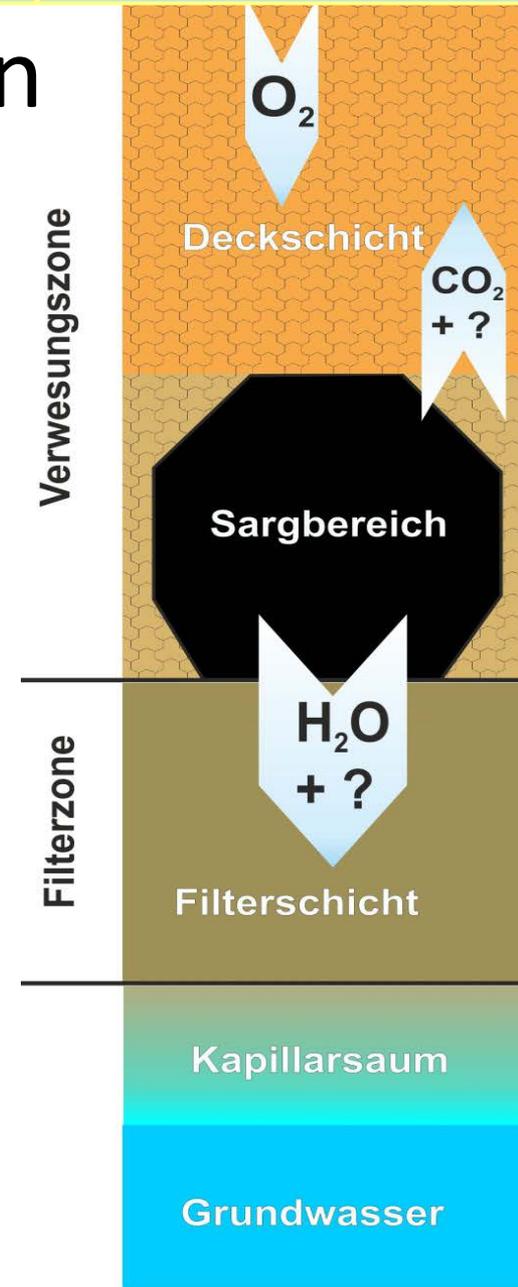
- Träge Temperaturänderungen bei höherem Wassergehalt durch hohe Wärmekapazität (C_W) von Wasser
- Sargbereich: 5 -15 °C

Bewertung von Friedhofsböden

1. Verwesungsleistung



2. Filterleistung



1. Verwesungsleistung

- Luftkapazität
 - Porenanteil $\emptyset > 50 \mu\text{m}$
 - Gasaustausch
- Bodentyp
 - Tiefenbereich von Grund- und Stauwassereinflüssen
- pH-Wert
 - Optimaler Bereich für mikrobiellen Abbau

2. Filterleistung

- Gesamtfilterwirkung
 - Luftkapazität → Abschätzung der Fließgeschwindigkeit und physikalischen Filterung
 - KAK_{pot} → Bindung von Kationen an geladenen Oberflächen
- Grund- und Stauwasser
 - Transport von Abbaustoffen
- pH-Wert
 - Mobilität von Schwermetallen

2. Filterleistung

- Verweildauer des Sickerwassers
 - Berechnung aus Feldkapazität und Sickerwasserrate

$$\text{Verweildauer des Sickerwassers [Jahre]} = \frac{\text{Feldkapazität des Horizontes [mm]}}{\text{Sickerwasserrate [mm/Jahr]}}$$

- Absterben von pathogenen Keimen
- Hangneigung
 - Lateraler Austrag von belastetem Wasser

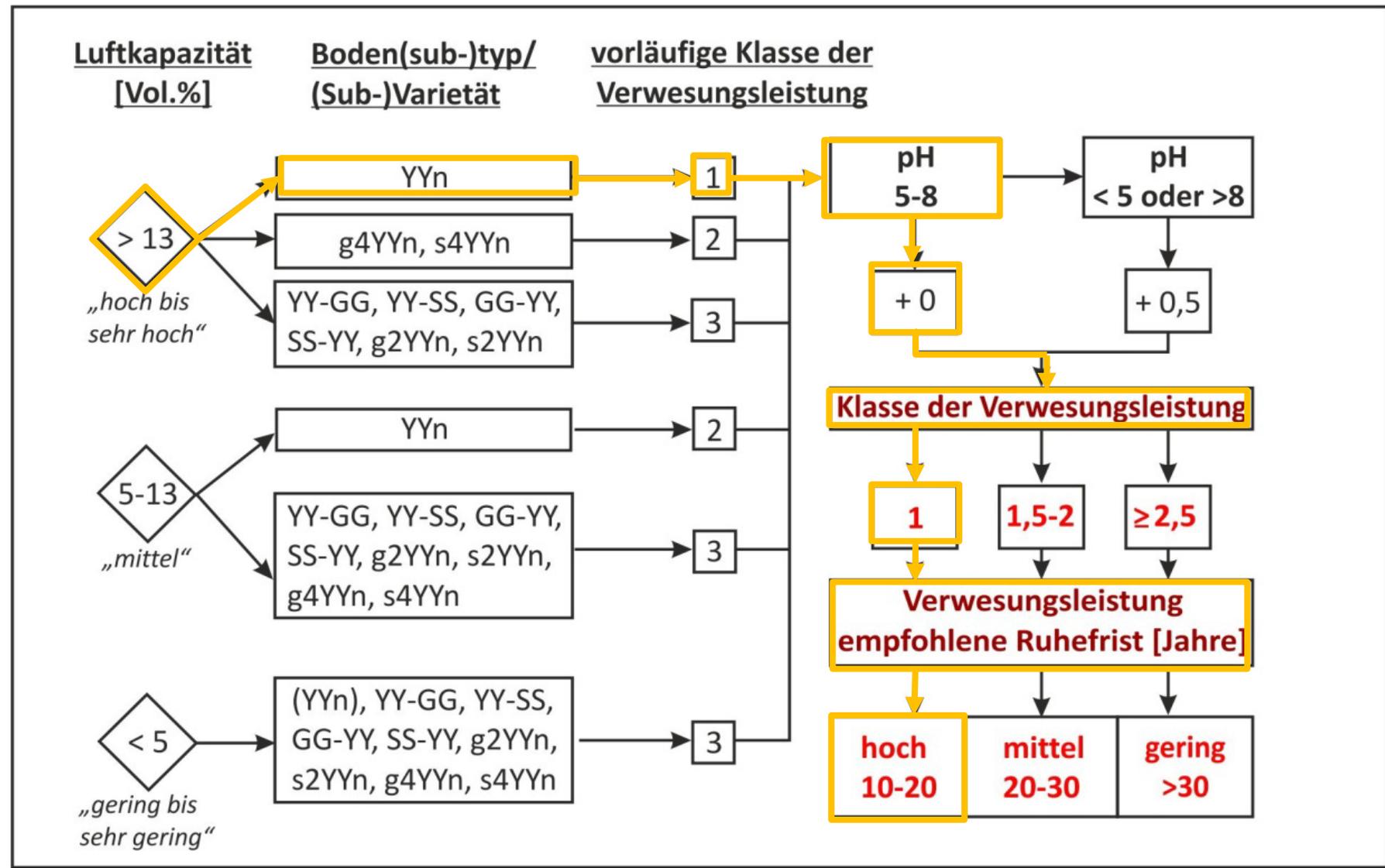
Abschätzung der jährlichen Sickerwasserrate

- TUB-BGR- Verfahren (Wessolek et al., 2003)
- Benötigte Kennwerte: nFK_{WE} , Niederschlag im Sommerhalbjahr und im Gesamtjahr, Grasreferenzverdunstung
- Wasserverfügbarkeit (WV) = $nFK_{WE} + Nd_{som}$
- Je nach Wasserverfügbarkeit Anwendung unterschiedlicher nicht linearer Regressionen (Hydro-Pedotransferfunktionen)

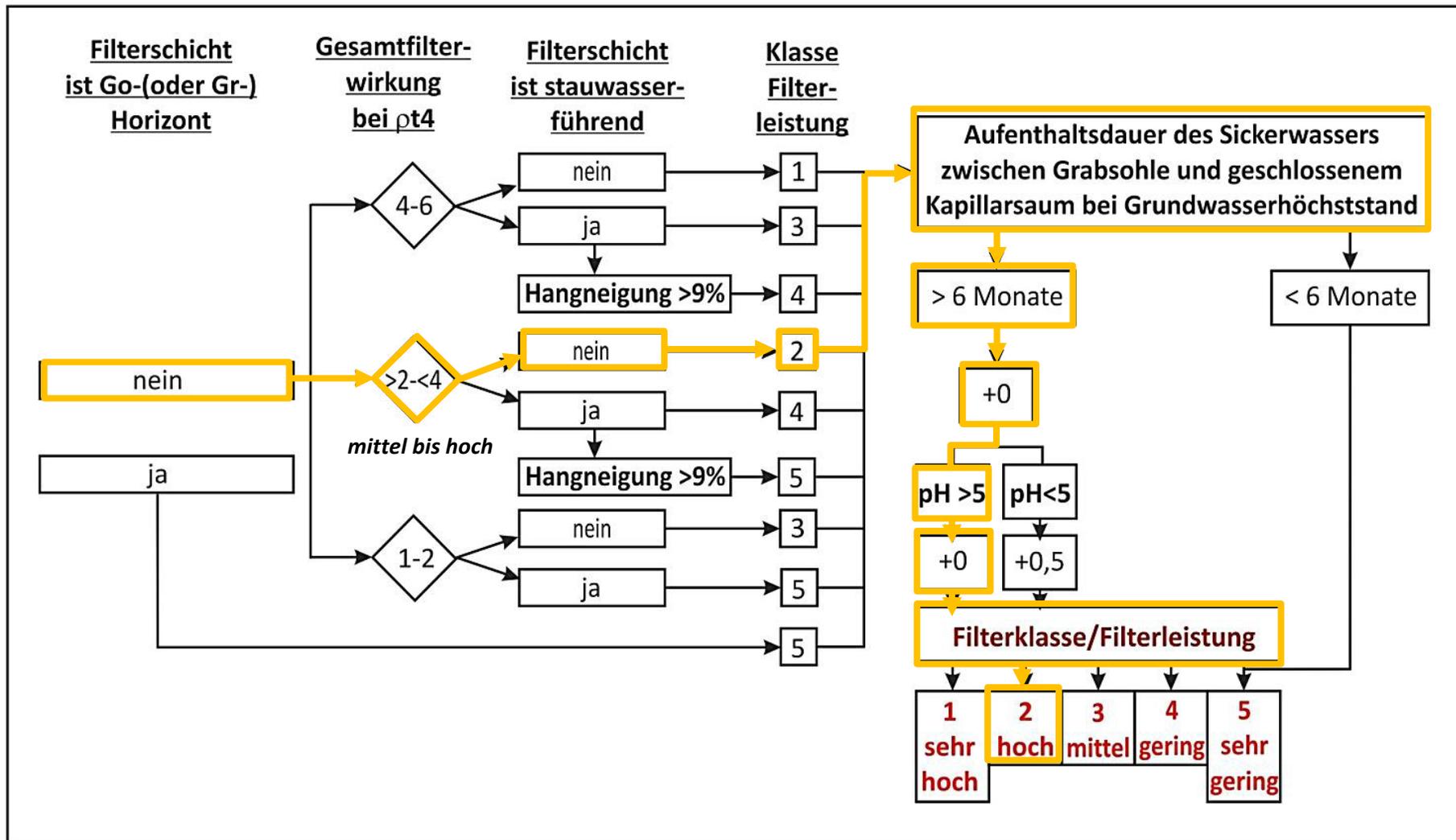
- Problem: NS +



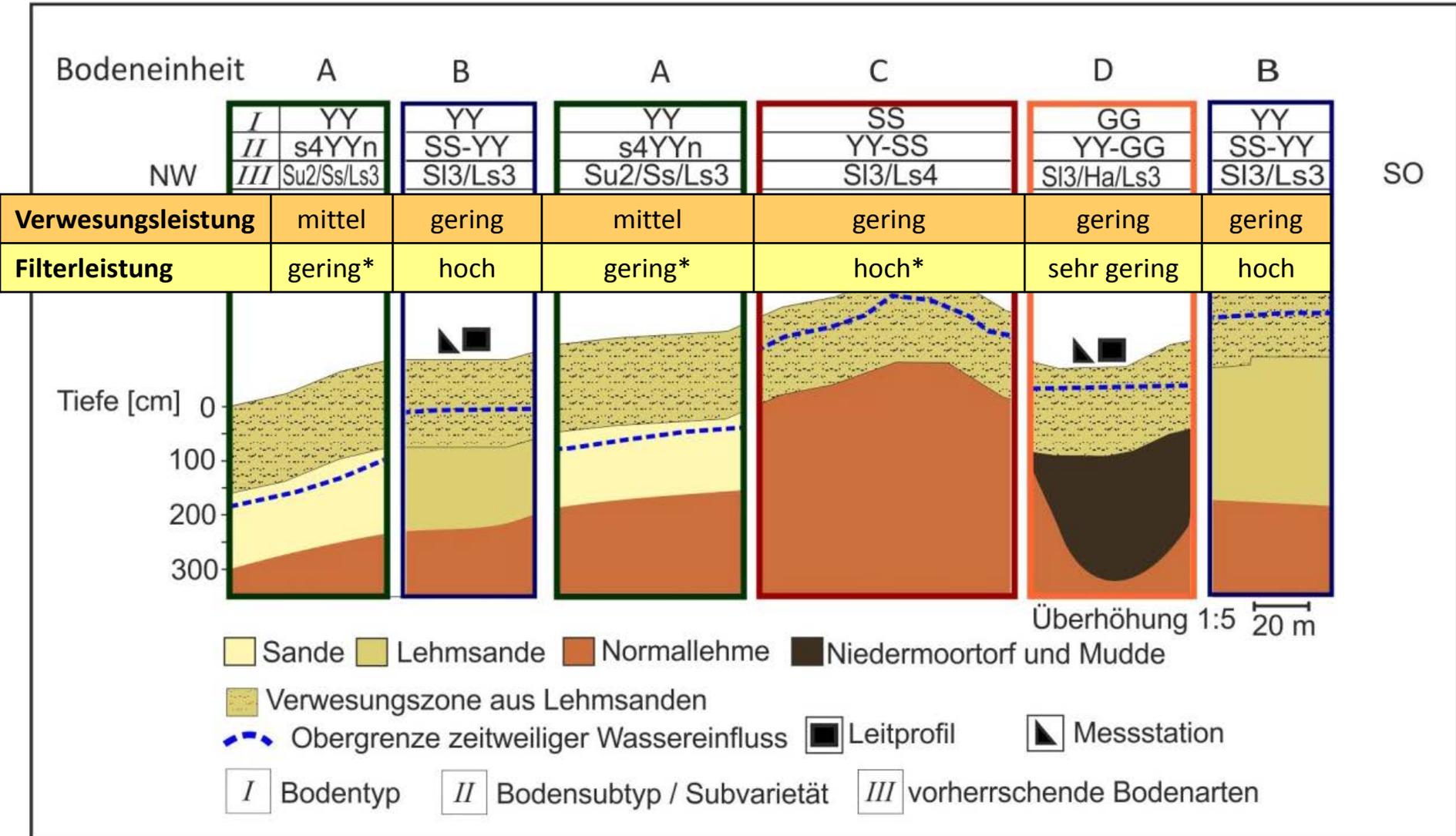
Ableitung der Verwesungsleistung



Ableitung der Filterleistung

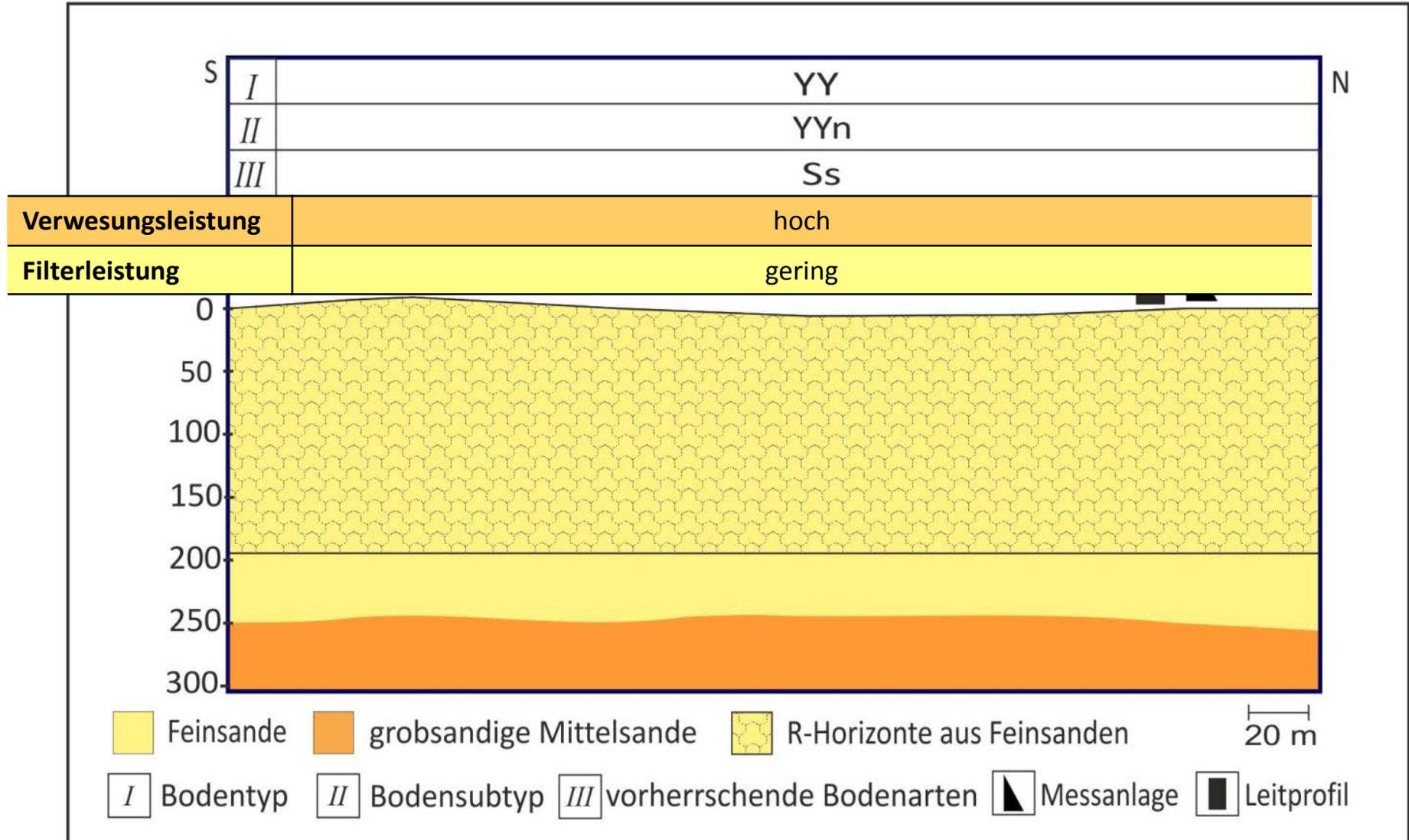


Beispiel Bewertung

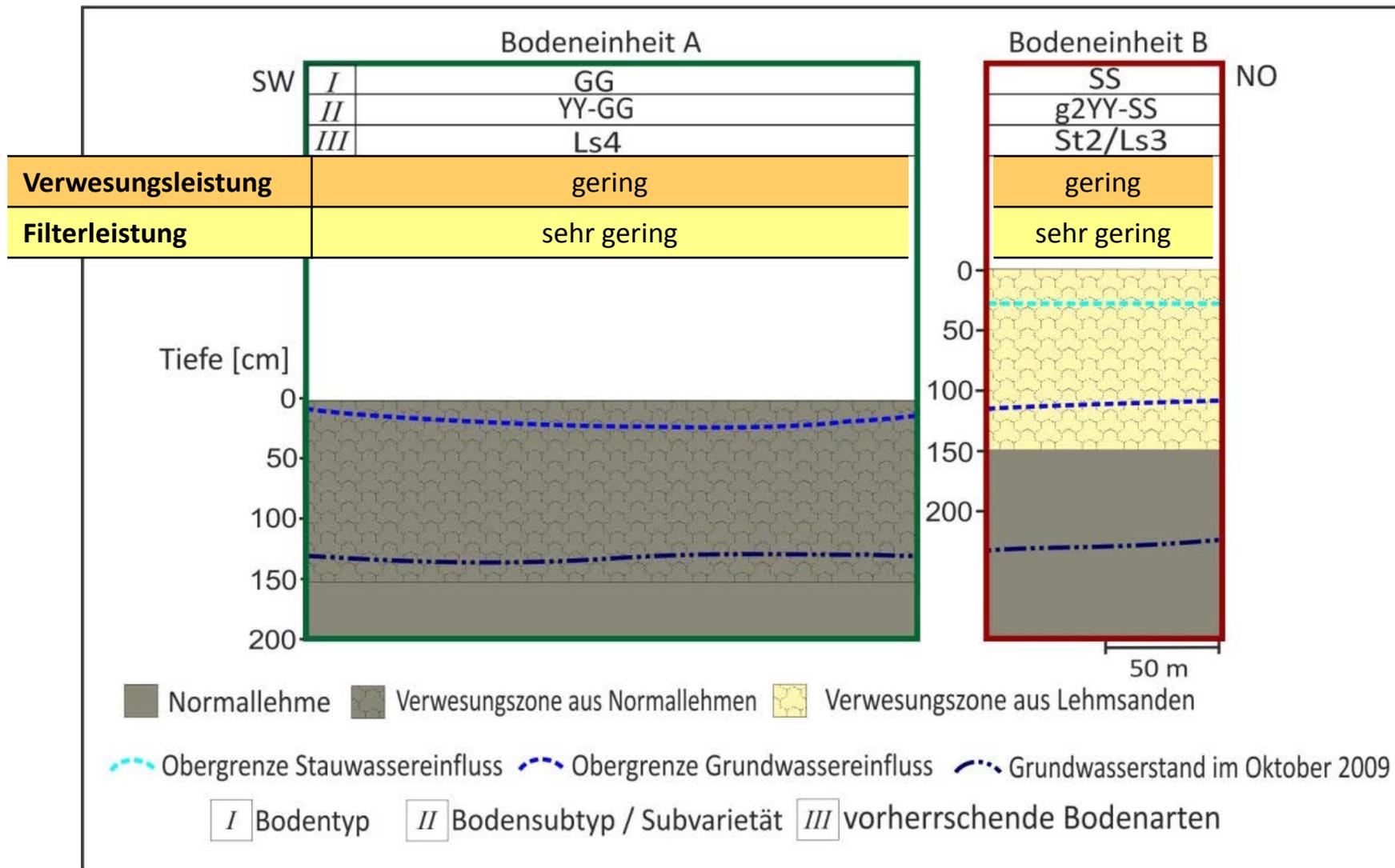


* ggfs. Zuschlag für Hangneigung

Beispiel homogener Standort

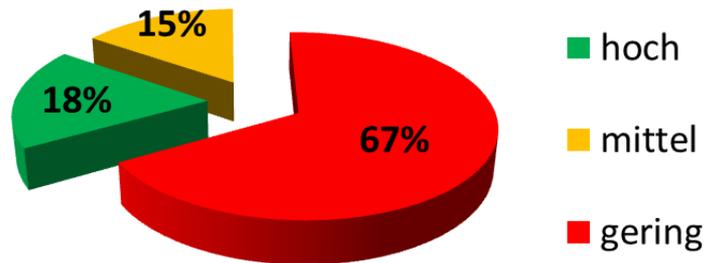


Beispiel Meliorationsversuch 20er Jahre

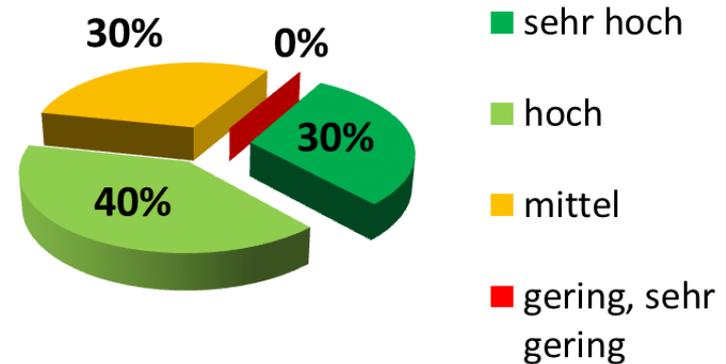


Übersicht bewertete Bodeneinheiten (n=39)

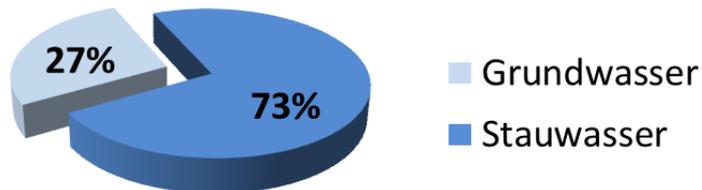
Bewertung der Verwesungsleistung



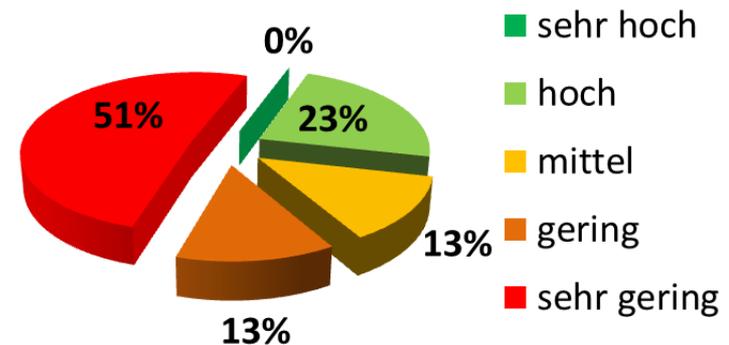
Luftkapazität der Verwesungszone



Wassereinfluss in Deckschicht und Sargbereich nach Ursprung



Bewertung Filterleistung



Zusammenfassung

- ✓ Die Friedhofsnutzung führt zu einer **Homogenisierung** der Böden
 - Differenzierung vor allem über Grund- und Stauwassereinflüsse
- ✓ Friedhofsböden sind **tiefgründig humos**
 - Vor allem in den oberen 90 cm
 - keine deutliche Anreicherung von Humus im Sargbereich

- ✓ Die Friedhofsnutzung fördert das Auftreten von **Stauwasser**
 - Gelockerter Grabbereich wirkt als Senke für Sickerwasser
 - Effekt wird durch Grabpflege verstärkt
- ✓ **Luftkapazität** ist nicht limitierender Faktor
- ✓ Besondere Berücksichtigung des **Wasserhaushaltes** im Bewertungssystem

Empfehlungen für die Praxis

- ✓ Voraussetzung: Bodenkundliches Gutachten
- ✓ Geringere Bestattungstiefe
- ✓ Verbot von Grababdeckungen
- ✓ Regelwerk für Pietätswäsche und Sargmaterialien
- ✓ Umdenken in der Grabpflege



Vielen Dank!

- Ihnen für die Aufmerksamkeit
- der Deutschen Bundesstiftung Umwelt
- dem projektbegleitenden Beirat
und
- den Mitarbeitern und HIWIS des Instituts
für Pflanzenernährung und Bodenkunde



Cemterra GmbH
Postfach 480354 48080 Münster
www.cemterra.de
FRIEDHOFPLANUNGEN
EXHUMATIONEN