

# Status des C-Gehalts in Böden Deutschlands



Jens Utermann

O. Düwel, M. Fuchs, R. Hoffman

Jens.Utermann@BGR.de

# Inhalt:

- ▶ Einleitung/Motivation
- ▶ Stratenbezogene Auswertung zu C-Gehalten in Ober- & Unterböden Deutschlands
  - Datengrundlagen
  - Methodik
  - Ergebnisse – Oberböden & Unterböden
- ▶ Regionalisierte Auswertungen zu C-Gehalten in Oberböden
  - Datengrundlagen, Methodik
  - Ergebnisse Oberböden - Ackernutzung
- ▶ Fazit

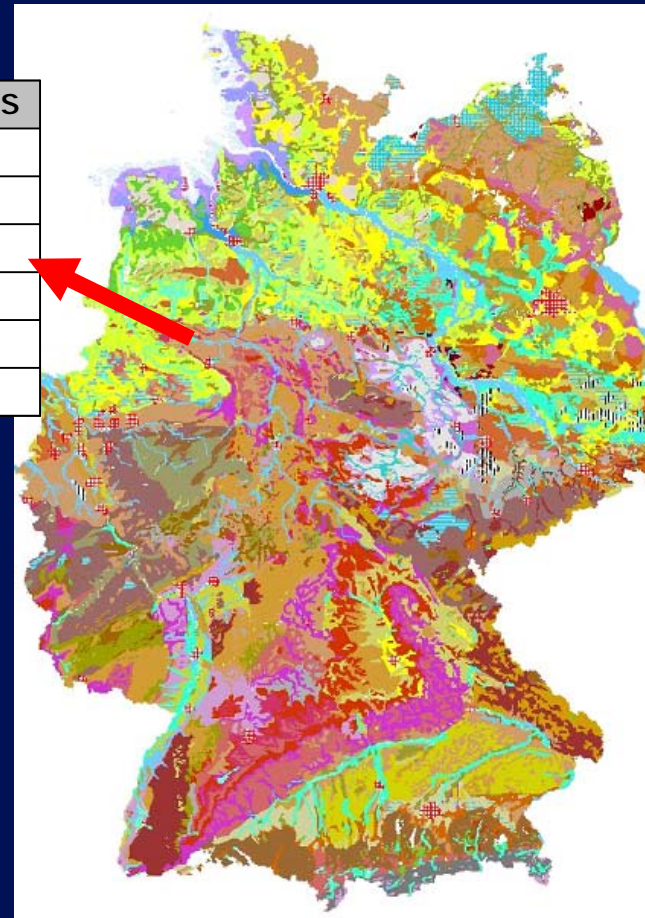
# Einleitung/Motivation

| HORIZ | OTIEF | UTIEF | FEINBOD | GEOGEN | HERK | nFK | HUMUS |
|-------|-------|-------|---------|--------|------|-----|-------|
| Ap    | 0     | 30    | Ut4     | a      | Lo   | 22  | h3    |
| Al    | 30    | 40    | Ut3     | a      | Lo   | 24  | h0    |
| Bt1   | 40    | 60    | Ut4     | a      | Lo   | 20  | h0    |
| Bt2   | 60    | 80    | Ut4     | a      | Lo   | 18  | h0    |
| Bv    | 80    | 110   | Ut3     | a      | Lo   | 24  | h0    |
| C     | 110   | 200   | Ut3     | a      | Lo   | 24  | h0    |

*Leitprofil der nutzungsdifferenzierten BÜK 1000 (KG 33; LBA 42; Nutz 21)*

## Ziele:

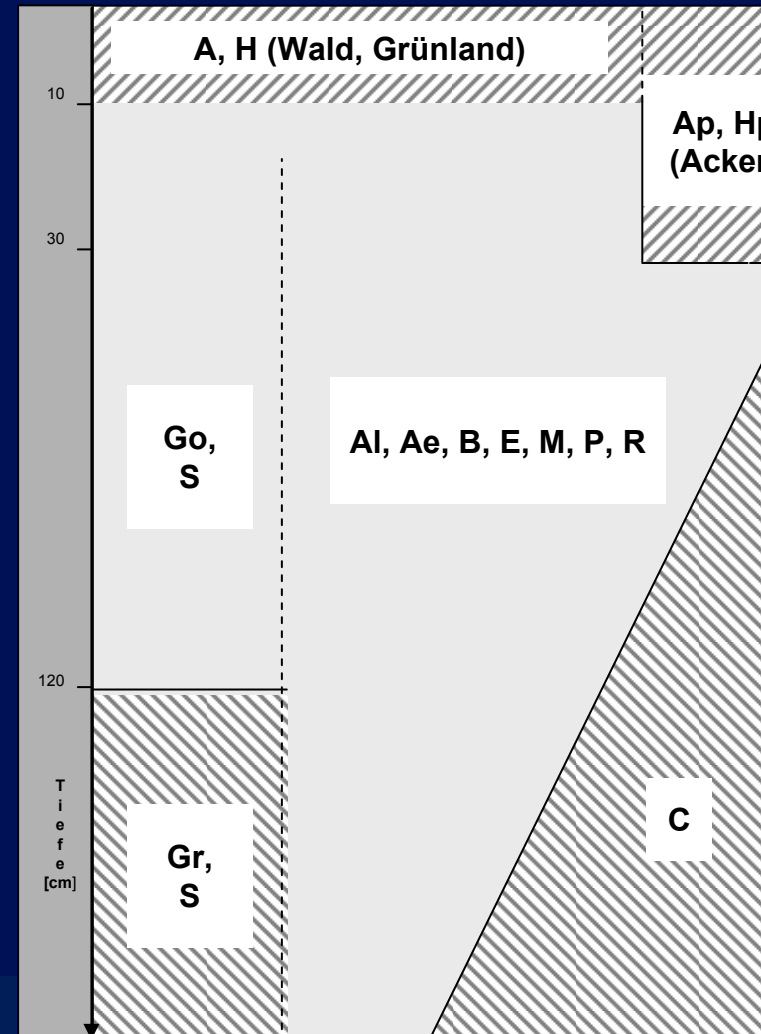
- Schaffung / Bereitstellung flächendeckender Informationen typischer Gehalte im bundesweiten Maßstab
- Charakterisierung der Variabilität im Raum



*Bodenübersichtskarte 1 : 1 Mio (BÜK 1000 (BGR 2006))*

## Definitionen:

- **Oberboden:** Proben von A-Horizonten, die innerhalb von 0-10 cm (Grünland/Wald) oder 0-30 cm (Acker) liegen
- **Unterboden:** Proben von Horizonten, die unterhalb der A-Horizonte und oberhalb des Untergrundes liegen
- **Untergrund:** C-Horizonte sowie G & S-Horizonte > 120 cm



## Profilinformationen:

### Mindestanforderungen an den Datenumfang

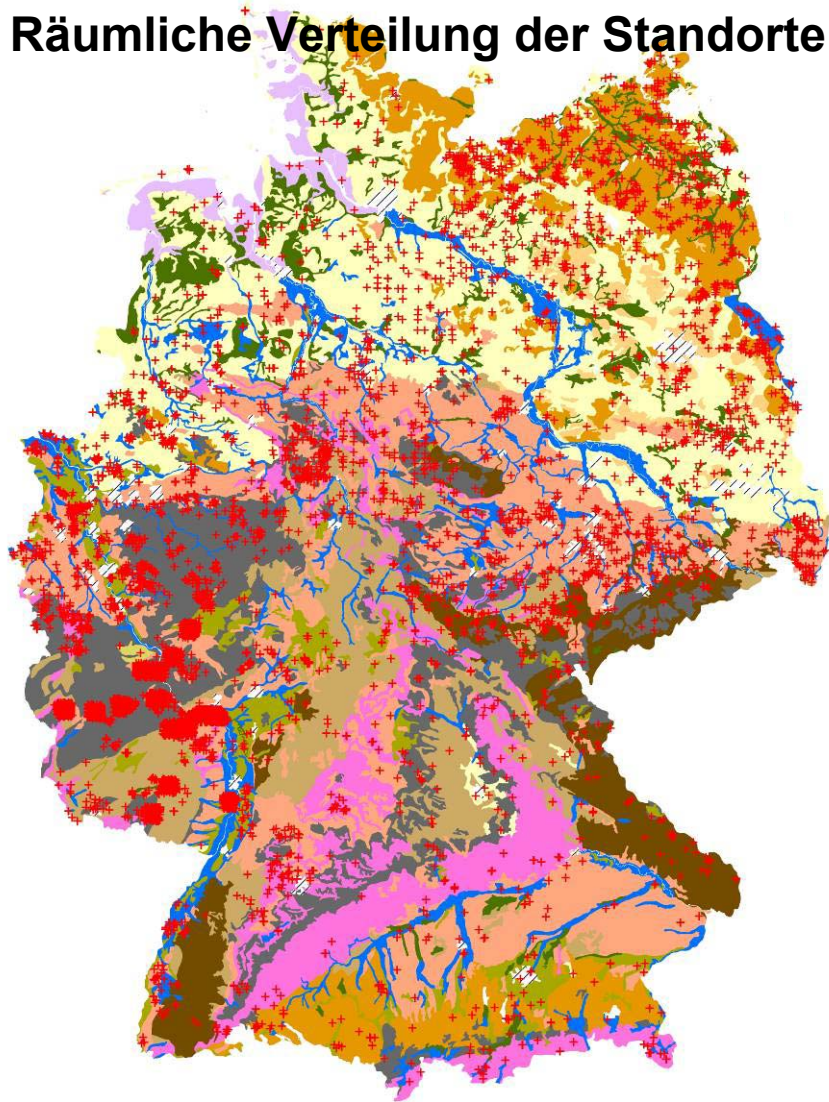
- Lage des Profils (Koordinaten)
- Profilbezeichnung (Bodentyp)
- Horizontbezeichnung
- Obere / untere Horizont-/Probentiefe
- Gemessene C<sub>org</sub> Gehalte
- Nutzung
- (Textur)
- (Substrattyp bzw. Bodenausgangsgestein)
- (Probenahmezeitpunkt)

**n ≈ 14.000** → **Oberböden: n ≈ 7.500**  
**Unterböden: n ≈ 1.600**





## Räumliche Verteilung der Standorte

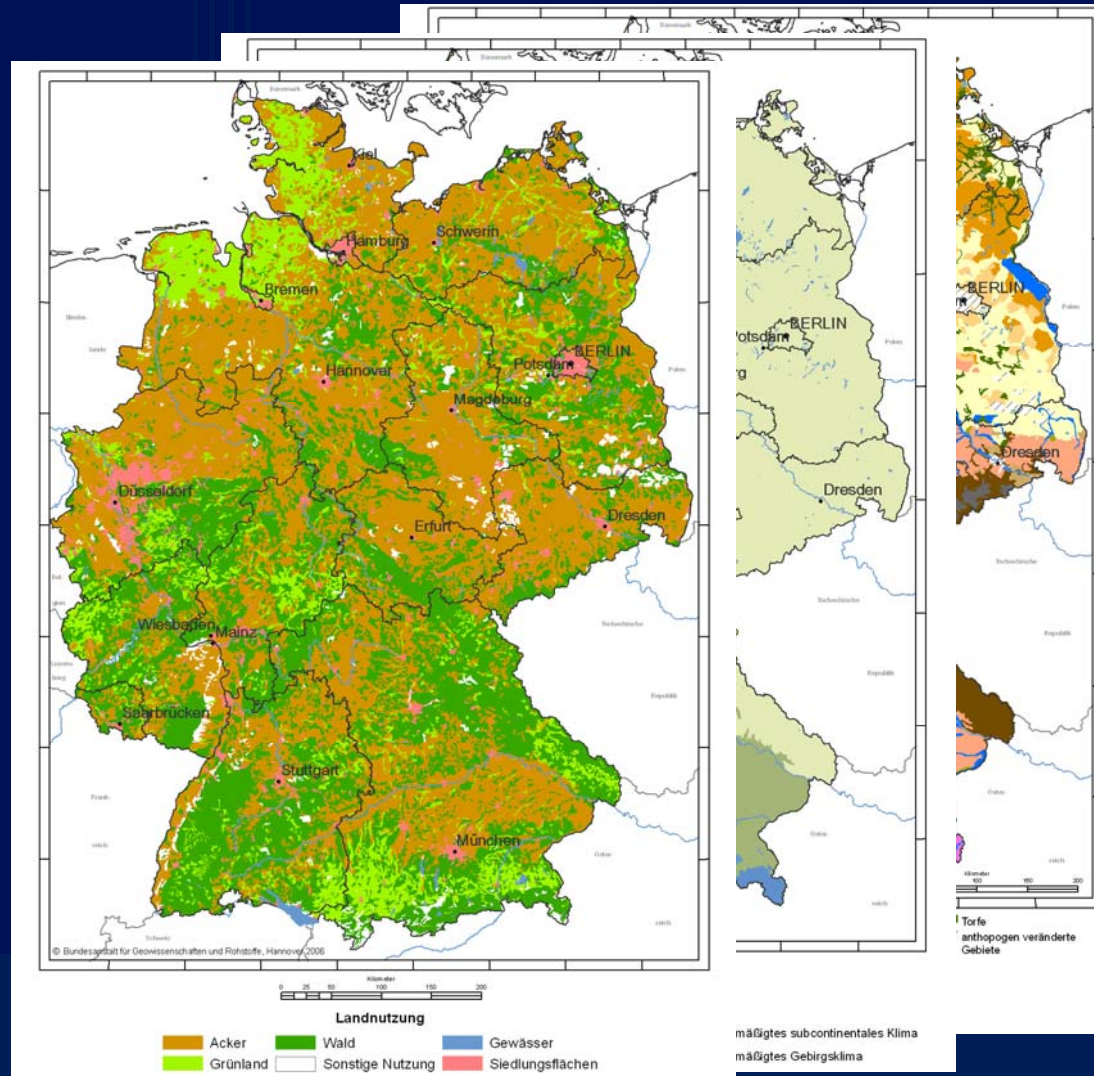


## Anzahl Standorte/Proben mit C-Analysen

| Gruppen von Bodenausgangsgesteinen               | % Flächenanteil | Anzahl Oberböden | Anzahl Unterböden |
|--------------------------------------------------|-----------------|------------------|-------------------|
| Sedimente im Gezeitenbereich                     | 1,7             | 41               | 6                 |
| Auensedimente                                    | 6,6             | 436              | 143               |
| Fluss- & Schotterablagerungen                    | 2,7             | 153              | 28                |
| Sande                                            | 17,9            | 933              | 127               |
| Geschiebelehme/-mergel (-/+ sandige Deckschicht) | 10,8            | 1512             | 283               |
| Lösse                                            | 15,5            | 1389             | 291               |
| Sandlösse                                        | 1,3             | 166              | 41                |
| Carbonat- & Mergelgesteine                       | 7,7             | 427              | 135               |
| Tongesteine                                      | 11,7            | 1509             | 211               |
| Sandsteine                                       | 8,7             | 527              | 175               |
| Basische Magmatite & Metamorphite                | 1,2             | 117              | 30                |
| Saure Magmatite & Metamorphite                   | 5,4             | 255              | 131               |

## Flächeninformationen

- ✓ Boden/  
Ausgangsgestein
- ✓ Klima
- ✓ Nutzung



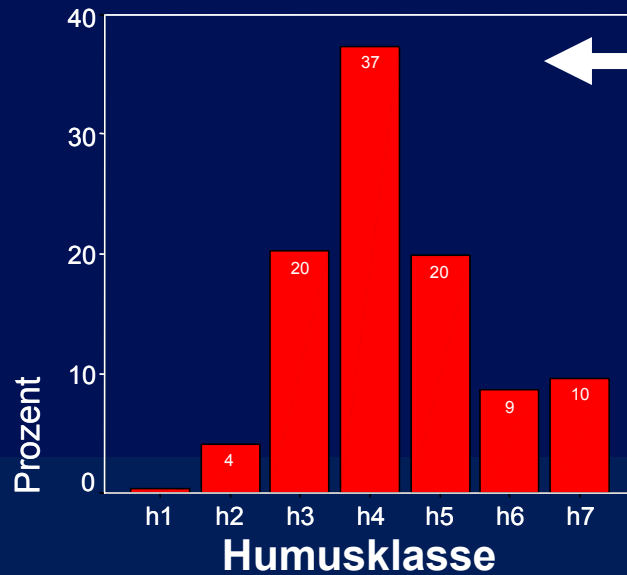
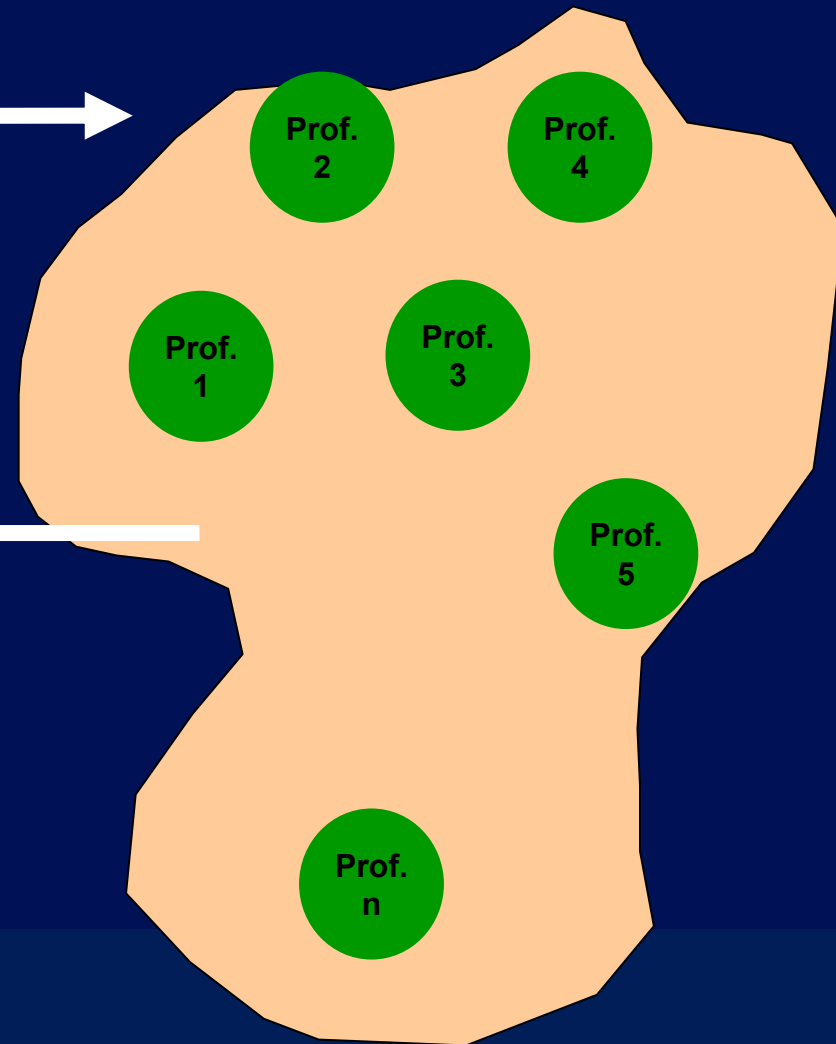
# Stratenbezogene Auswertung ► Methodik



Profilbeschreibung

+

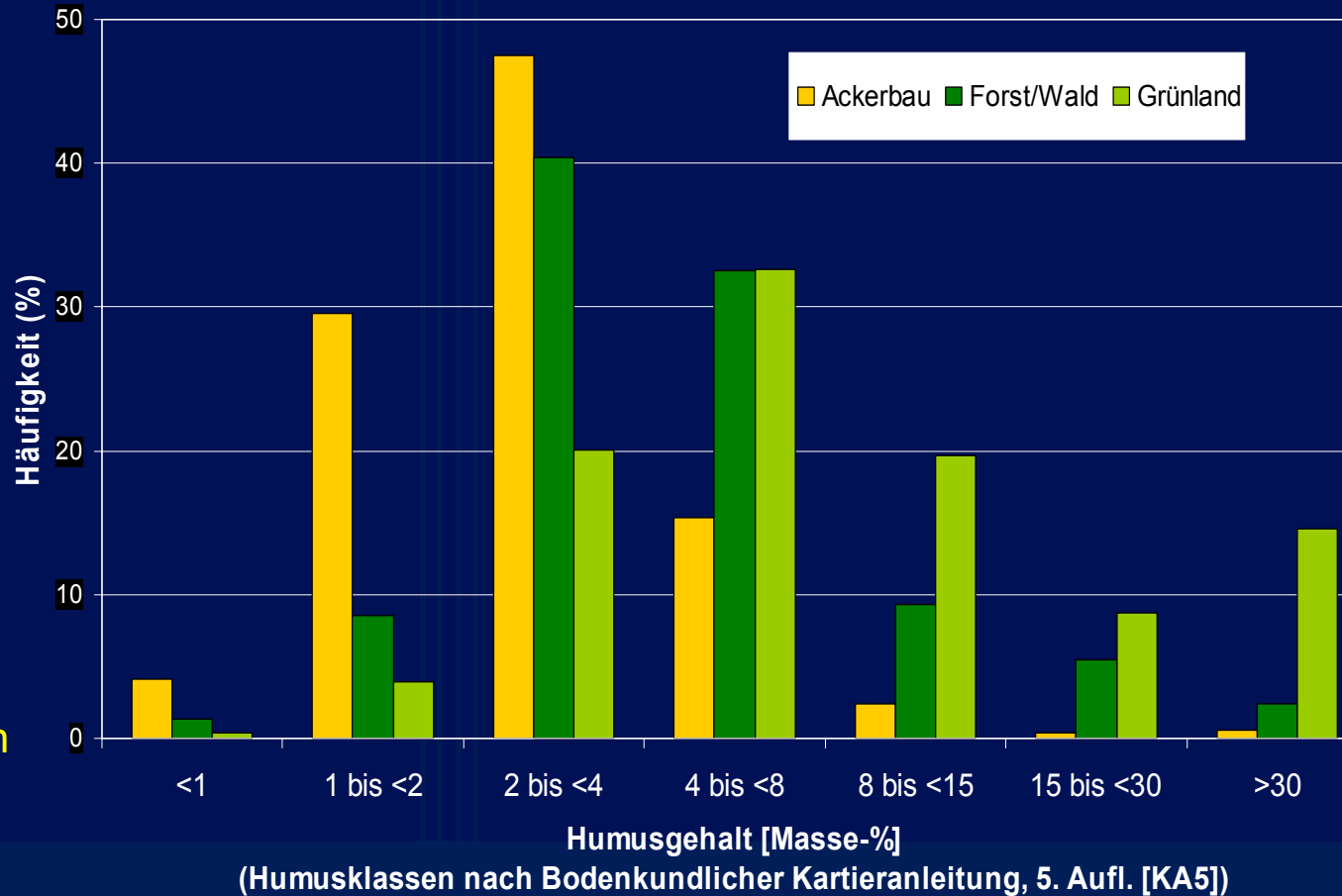
Bodenkundliche  
Analytik





## Flächenstatistiken

Häufigkeitsverteilung der  
nach Hauptlandnutzungen  
unterschiedenen Humus-  
klassen (nach KA5) in  
den Oberböden Deutschlands



# Stratenbezogene Auswertung ► Ergebnisse Oberböden

## Flächenstatistiken

| Bodenausgangs-<br>gesteinsgruppe                                   |          | Nutzung                                                 | n   | Min.     | P 25 | Median | Mittel-<br>wert | P 75 | P 90 | Modal-<br>Wert | Max   |        |       |
|--------------------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------------------|-----|----------|------|--------|-----------------|------|------|----------------|-------|--------|-------|
| Land                                                               | Acker    |                                                         | 377 | 0,5      | 2,1  | 3,3    | 3,6             | 4,5  | 6,4  | 2,6            | 16,9  |        |       |
|                                                                    | Grünland |                                                         | 292 | 0,5      | 4,1  | 6,5    | 12,8            | 11,7 | 29,3 | 4,0            | 100,0 |        |       |
|                                                                    | Forst    |                                                         | 491 | 0,2      | 2,4  | 4,3    | 7,0             | 7,0  | 13,6 | 2,2            | 93,0  |        |       |
| Humusgehalte<br>(Masse-%) im<br>Nord-<br>westlichen<br>Klimagebiet |          | Geschiebemergel/-<br>lehme                              |     |          |      |        |                 |      |      |                |       |        |       |
|                                                                    |          | Grünland                                                |     | 34       | 0,9  | 2,9    | 5,8             | 10,1 | 10,0 | 29,8           | 2,8   | 59,4   |       |
|                                                                    |          | Löss                                                    |     | Acker    | 86   | 1,0    | 1,5             | 2,2  | 3,0  | 3,1            | 4,6   | 1,4    | 36,0  |
|                                                                    |          |                                                         |     | Grünland | 19   | 1,2    | 3,4             | 6,7  | 5,9  | 7,7            | 10,5  | 7,7    | 10,5  |
|                                                                    |          |                                                         |     | Forst    | 107  | 0,9    | 2,8             | 4,8  | 7,8  | 7,7            | 16,5  | 2,8    | 91,8  |
|                                                                    |          | Sandlöss                                                |     | Acker    | 91   | 0,9    | 1,7             | 2,1  | 2,3  | 2,6            | 3,3   | 2,4    | 7,6   |
|                                                                    |          |                                                         |     | Grünland | 10   | 1,2    | 1,8             | 2,7  | 4,4  | 4,3            | 18,1  | 1,2a)  | 19,6  |
|                                                                    |          |                                                         |     | Forst    | 77   | 0,9    | 2,4             | 3,8  | 4,3  | 5,2            | 7,8   | 2,1    | 14,1  |
|                                                                    |          | Carbonatgesteine                                        |     | Grünland | 17   | 2,2    | 13,5            | 18,2 | 18,1 | 21,5           | 31,1  | 12,7a) | 44,2  |
|                                                                    |          |                                                         |     | Forst    | 43   | 1,2    | 3,6             | 5,2  | 6,9  | 7,2            | 18,3  | 5,3    | 28,4  |
|                                                                    |          | Org. und min. Böden<br>im Verbreitungsgeb.<br>der Torfe |     | Acker    | 45   | 0,5    | 2,2             | 4,3  | 6,5  | 5,9            | 11,8  | 3,6a)  | 51,4  |
|                                                                    |          |                                                         |     | Grünland | 158  | 1,2    | 6,3             | 12,2 | 31,8 | 61,8           | 85,0  | 85,0a) | 100,0 |
|                                                                    |          |                                                         |     | Forst    | 56   | 0,3    | 2,8             | 4,8  | 11,6 | 7,7            | 28,1  | 4,8a)  | 92,6  |

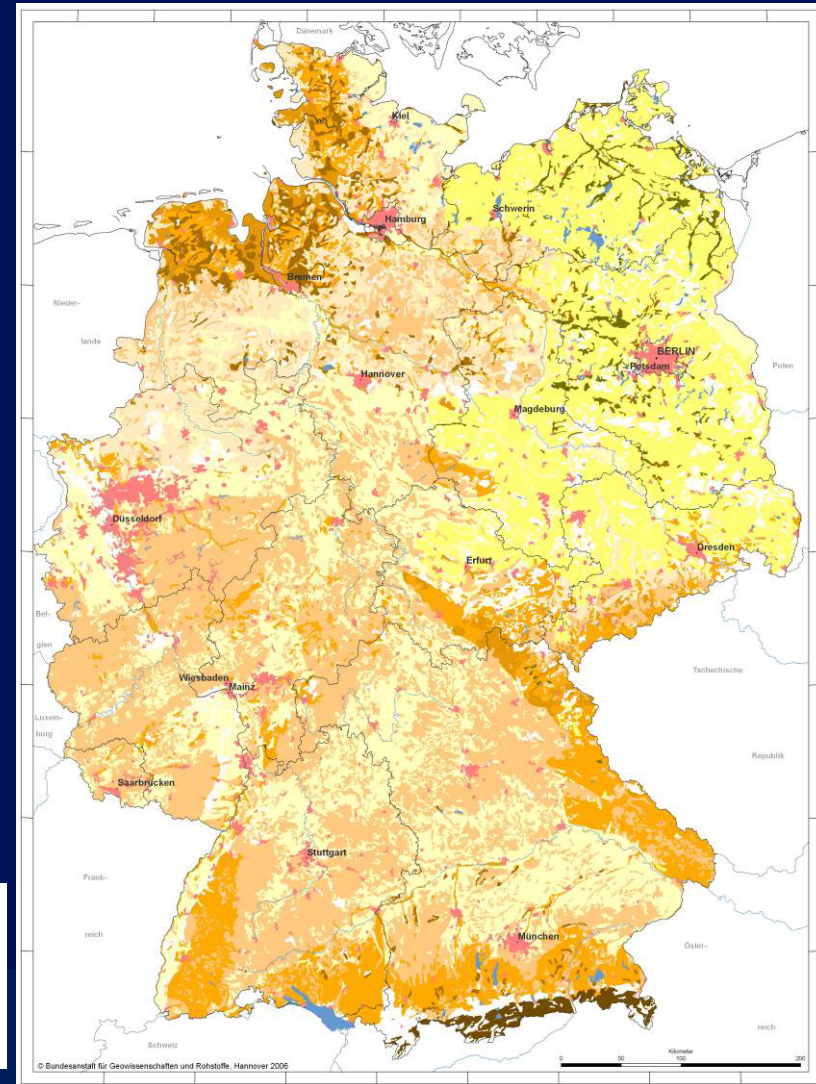
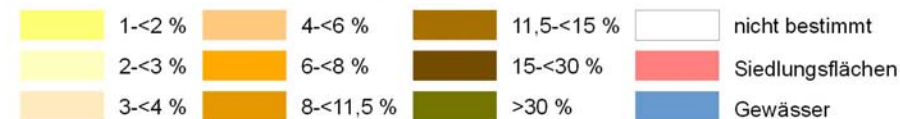
http://www.bgr.bund.de

<http://www.bgr.bund.de>

## Flächenhafte Übersicht

### Mittlere Gehalte (klassiert) der organischen Substanz in Oberböden Deutschlands

Klassierte Gehalte (Mediane) der organischen Substanz in Masse-%



# Stratenbezogene Auswertung ► Ergebnisse

**Saure Magmatite und Metamorphite**

**Basische Magmatite und Metamorphite**

**Sandsteine**

**Tongesteine**

**Carbonat- & Mergelgesteine**

**Sandlössse**

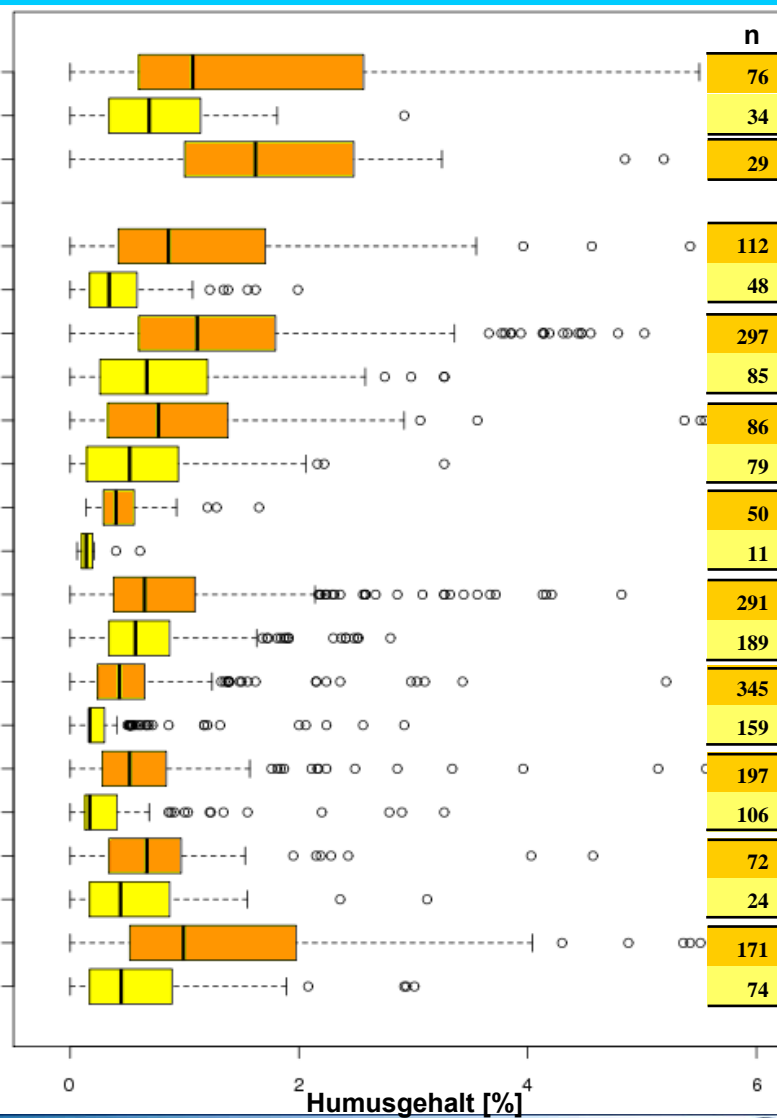
**Lössse und Lössderivate**

**Geschiebemergel/- lehme**

**Sande**

**Fluss- und Schotterablagerungen**

**Auensedimente**



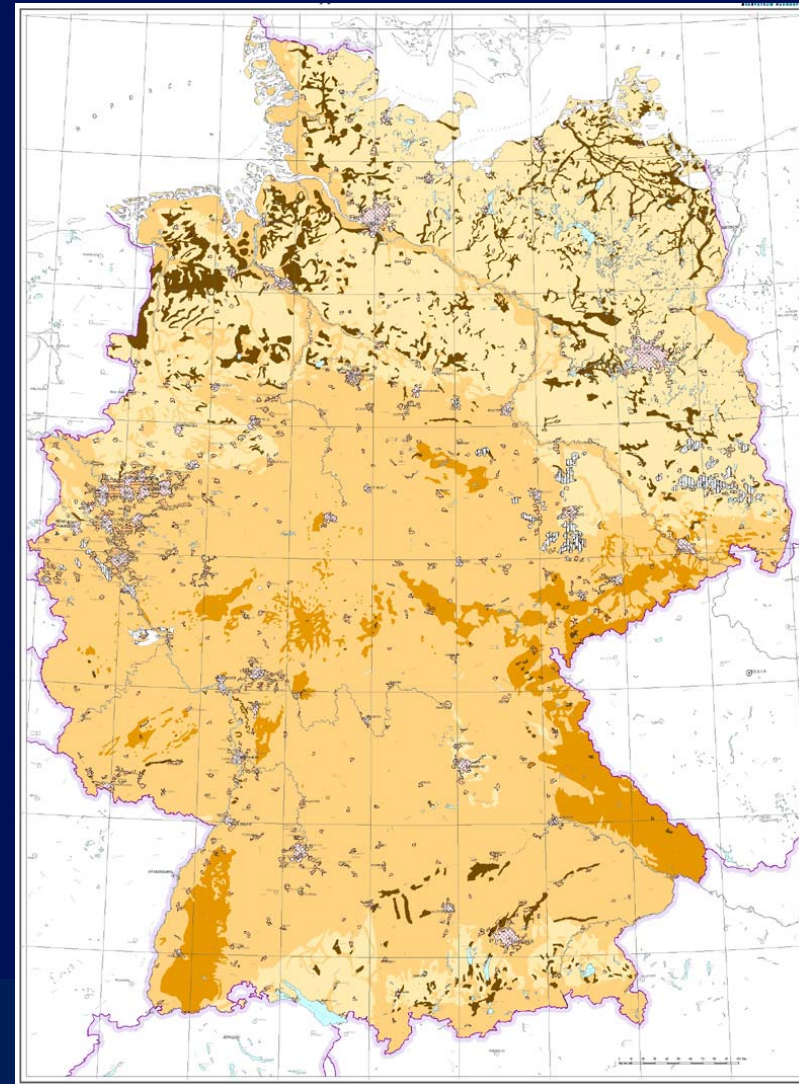
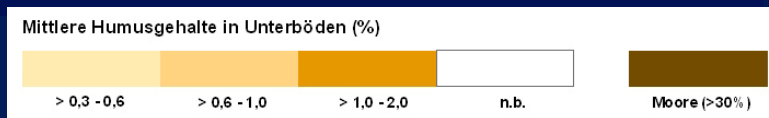
**Unterboden**

**Untergrund**



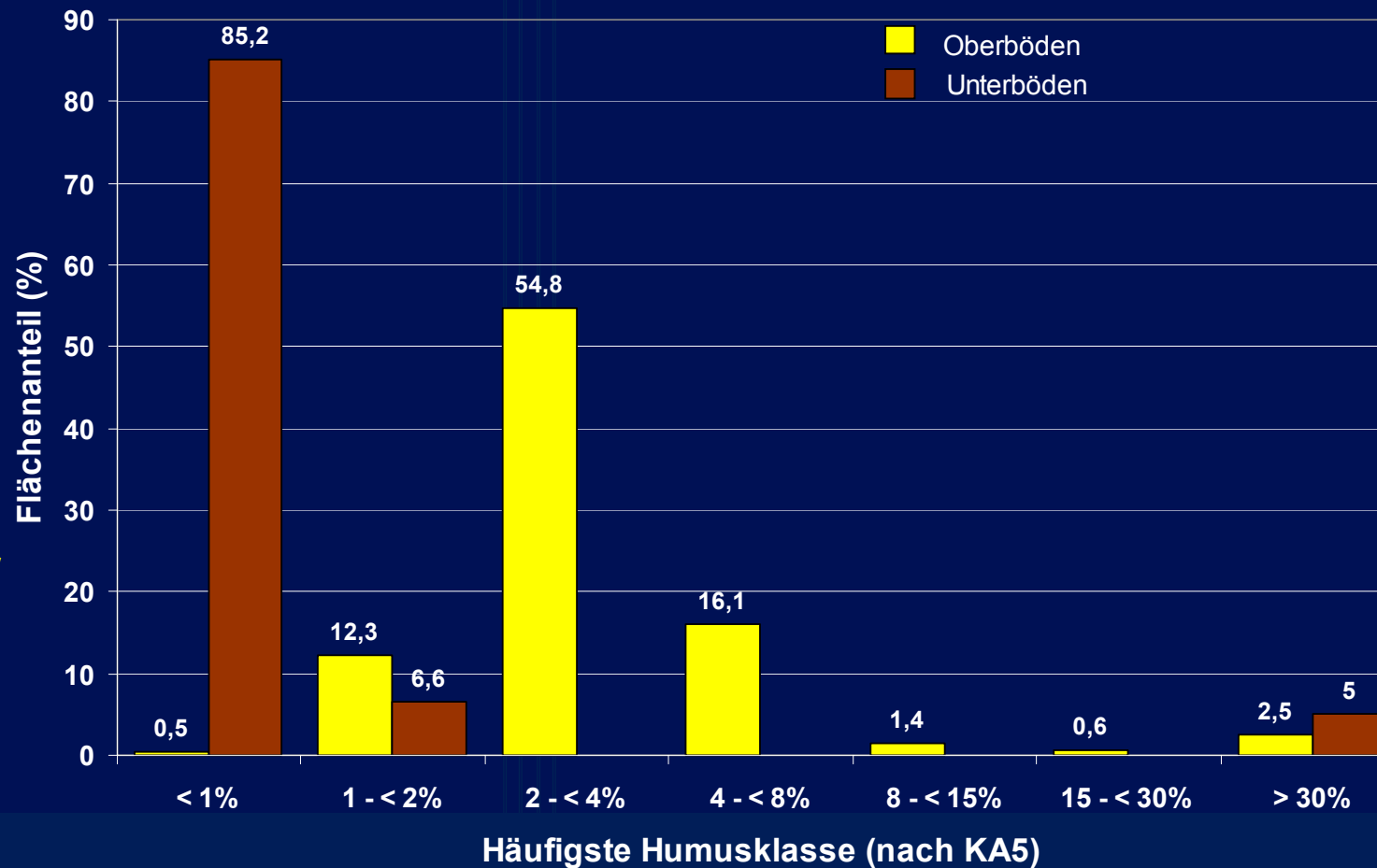
## Flächenhafte Übersicht

**Mittlere Gehalte (klassiert) der organischen Substanz in Unterböden Deutschlands**



# Stratenbezogene Auswertung ► Fazit

Flächenanteile der  
nach typischen  
(dominierenden)  
Humusgehalten  
unterschiedenen  
Straten



# Teil II: Regionalisierte Auswertungen

## Fragestellungen:

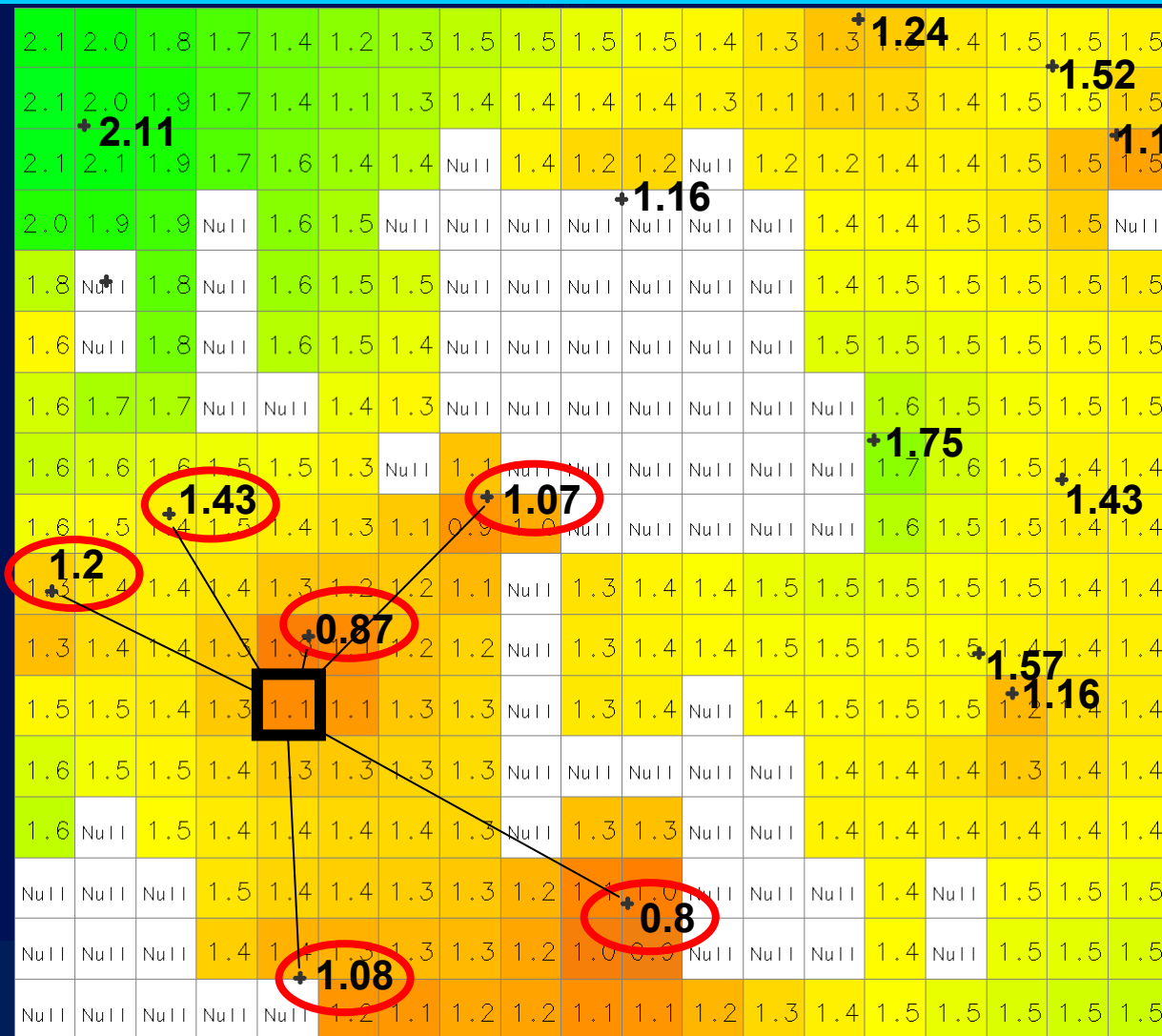
1. Inwieweit lassen sich die Variabilitäten von Humusgehalten im bundesweiten Maßstab durch natürliche Standortfaktoren erklären?
2. Lassen sich regionale Raummuster mit sach-inhaltlichen Erklärungen identifizieren?

## Methodik:

(Geo-) statistische Auswertung von Corg-Gehalten und potenziell erklärenden, natürlichen Standortmerkmalen:

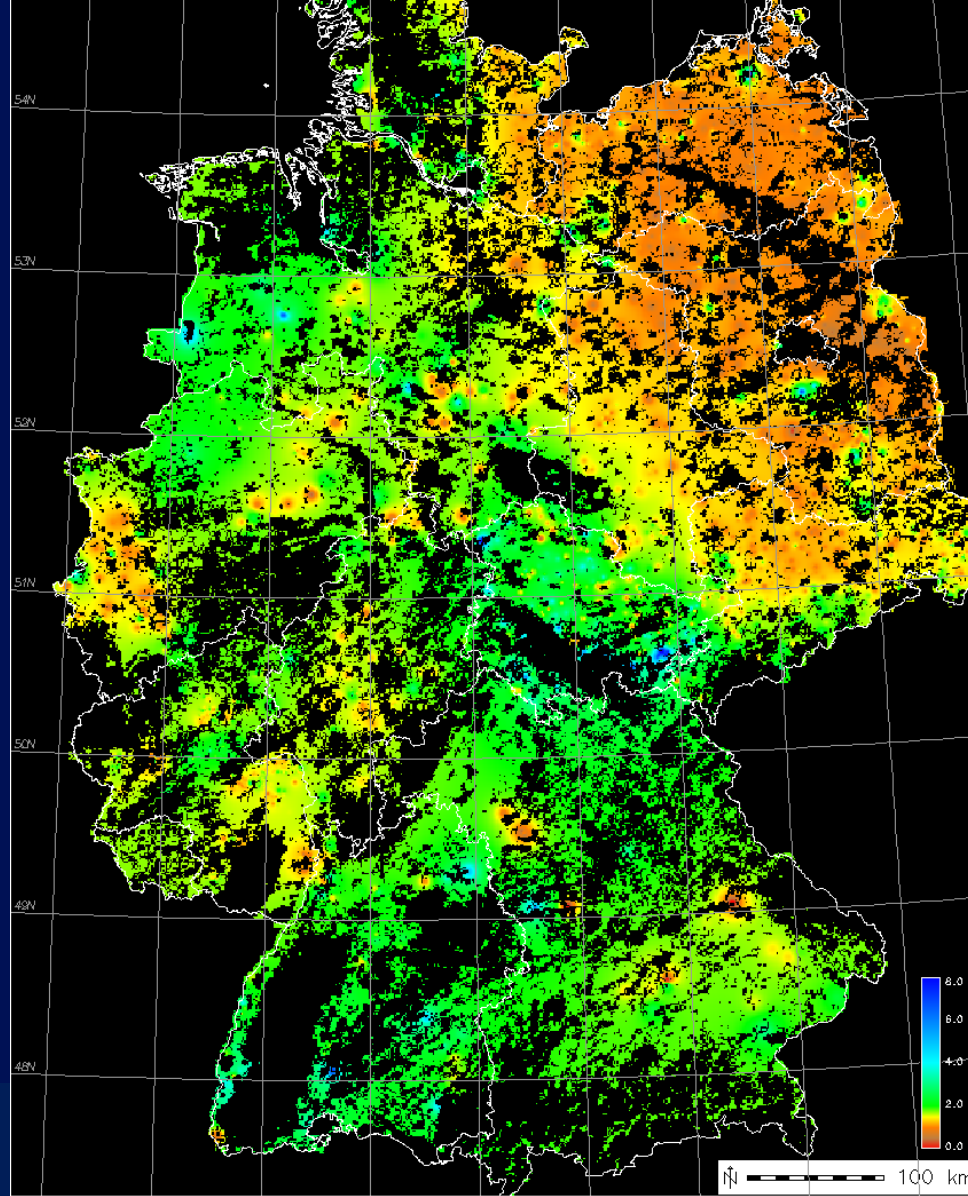
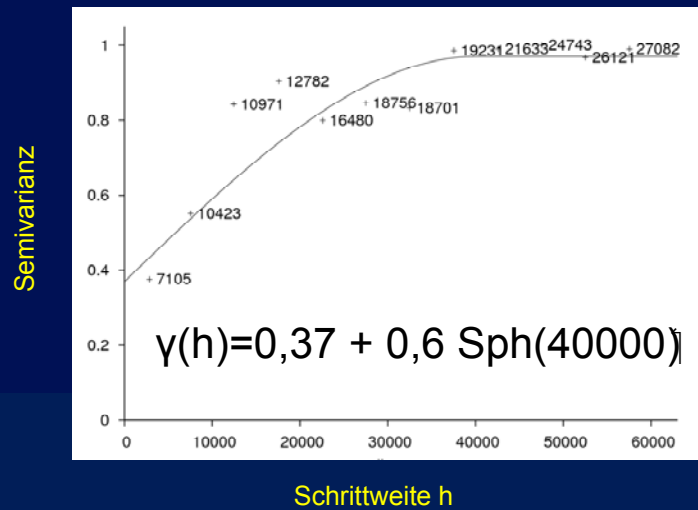
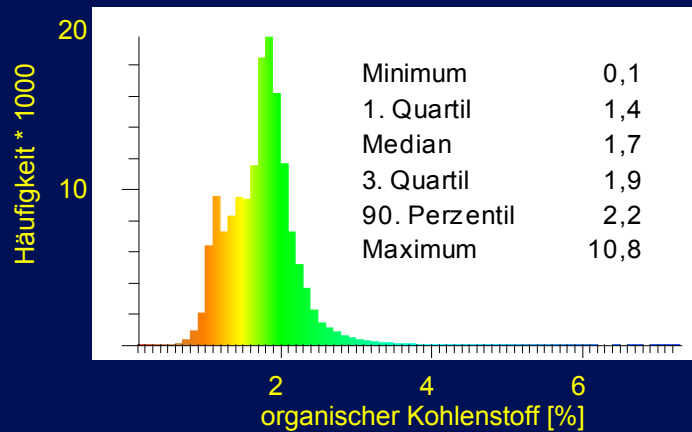
- ▶ Regionalisierung von Corg-Gehalten in Oberböden, differenziert nach Hauptlandnutzung
- ▶ Bivariate Korrelationsanalyse & multiple lineare Regressionsanalyse von Corg-Gehalten mit Klimavariablen, Schluff- und Tongehalten, Höhendaten
- ▶ Hierarchische Clusteranalyse

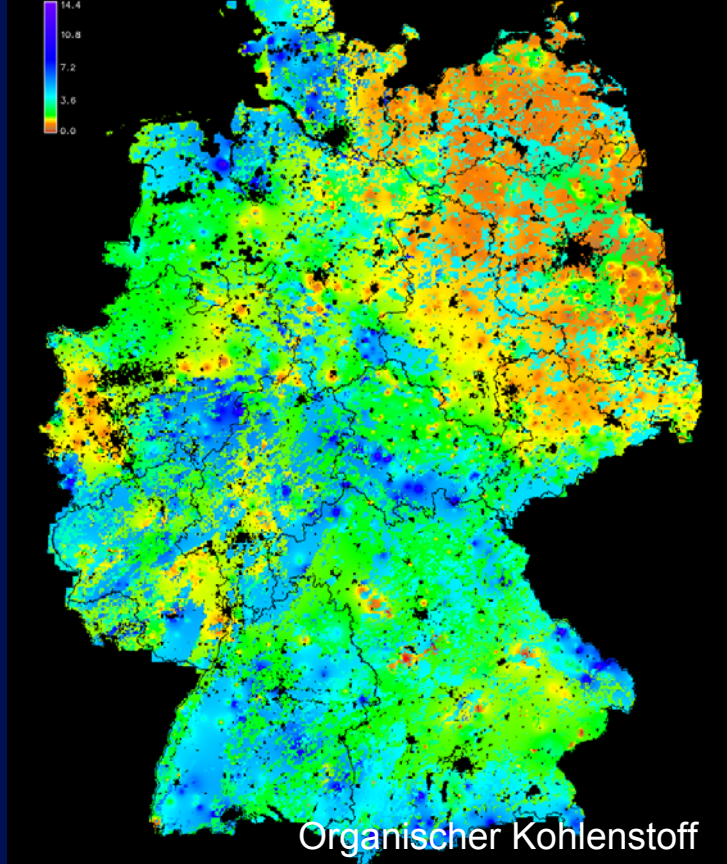
# Regionalisierung Corg in Oberböden ► Inverse Distanzwichtung





# Organischer Kohlenstoff in mineralischen Oberböden Deutschlands unter Ackernutzung





Organischer Kohlenstoff

PELCOM Hauptnutzungen, Múcher 2000

Tongehalt

Schluffgehalt

Höhenmodell DGM-D, BKG 2007

Mittl. jährliche Temperatur, Hijmans 2005

Jahresniederschlag, Hijmans 2005

## Informationslayer für multivariate Analyse

# Regionalisierung Corg in Oberböden ► Ergebnisse

| <b>Ackerland</b>   | Tempera-<br>tur | Höhe        | organ.<br>Kohlenstoff | Ton         | Schluff     |
|--------------------|-----------------|-------------|-----------------------|-------------|-------------|
| Niederschlag       | -0,19           | <b>0,51</b> | <b>0,45</b>           | 0,24        | 0,16        |
| Temperatur         |                 | -0,61       | -0,19                 | -0,15       | -0,04       |
| Höhe               |                 |             | <b>0,47</b>           | 0,14        | <b>0,47</b> |
| organ. Kohlenstoff |                 |             |                       | <b>0,39</b> | 0,24        |
| Ton                |                 |             |                       |             | -0,06       |
| <b>Grünland</b>    |                 |             |                       |             |             |
| Niederschlag       | -0,54           | <b>0,59</b> | 0,05                  | 0           | 0,28        |
| Temperatur         |                 | -0,6        | 0,02                  | 0,07        | -0,13       |
| Höhe               |                 |             | -0,39                 | -0,26       | <b>0,63</b> |
| organ. Kohlenstoff |                 |             |                       | <b>0,37</b> | -0,52       |
| Ton                |                 |             |                       |             | -0,41       |
| <b>Wald</b>        |                 |             |                       |             |             |
| Niederschlag       | -0,59           | <b>0,79</b> | <b>0,44</b>           | 0,33        | 0,4         |
| Temperatur         |                 | -0,81       | -0,31                 | -0,21       | -0,24       |
| Höhe               |                 |             | <b>0,42</b>           | 0,27        | <b>0,45</b> |
| organ. Kohlenstoff |                 |             |                       | 0,25        | <b>0,5</b>  |
| Ton                |                 |             |                       |             | 0,11        |

Korrelationskoeffizienten  
weisen auf Zusammen-  
hänge zwischen

organischem Kohlenstoff  
– **Niederschlagsmenge**  
organischem Kohlenstoff  
– **Höhenwerten**  
organischem Kohlenstoff  
– **Feinstbodgehalten**

## Bivariate Korrelationen

## Multiple lineare Regression:

- Nullhypothese verworfen
- Alle Variablen sind signifikant

Organischer Kohlenstoff in Mineralböden (*Bodenlayer, Hauptnutzung*) =  
Funktion [Niederschlag, Temperatur, Tongehalt, Schluffgehalt]

Anteil der erklärbaren Streuung ( $r^2 \cdot 100$ ) von organischem Kohlenstoff:

|          | Oberböden |
|----------|-----------|
| Acker    | 33 %      |
| Grünland | 34 %      |
| Forst    | 34 %      |



# Regionalisierung Corg in Oberböden ► Ergebnisse

## Ton-Cluster

mit **durchschnittlichen bis ausgeprägten** Gehalten an organischem Kohlenstoff  
( $t_{\text{corg}} = 0,31$ )

## Wärme-Cluster

mit **durchschnittlichen** Gehalten an organischem Kohlenstoff  
( $t_{\text{corg}} = -0,04$ )

## Trockenheits-Cluster

mit **sehr geringen** Gehalten an organischem Kohlenstoff  
( $t_{\text{corg}} = -1,11$ )

## Schluff-Cluster

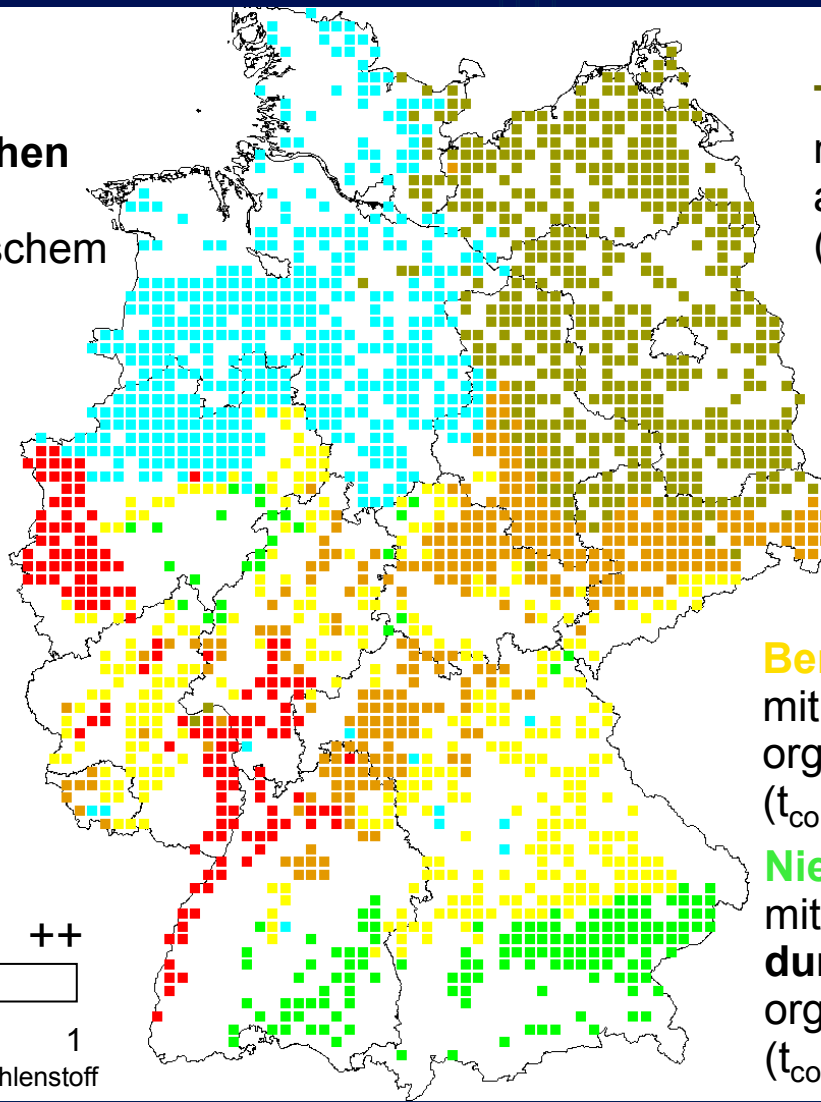
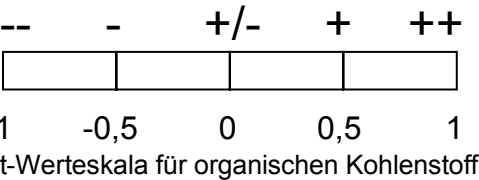
mit **durchschnittlichen bis ausgeprägten** Gehalten an organischem Kohlenstoff  
( $t_{\text{corg}} = 0,32$ )

## Berg- und Hügelland Cluster

mit **ausgeprägten** Gehalten an organischem Kohlenstoff  
( $t_{\text{corg}} = 0,5$ )

## Niederschlags (Höhen-) Cluster

mit **ausgeprägten bis überdurchschnittlichen** Gehalten an organischem Kohlenstoff  
( $t_{\text{corg}} = 0,77$ )



# Regionalisierung Corg in Oberböden ► Fazit

- ✓ Plausibles räumliches Muster der Corg-Gehalte ist erkennbar;
- ✓ Bekannte Zusammenhänge zwischen Corg-Gehalten und ausgewählten natürlichen Standortfaktoren lassen sich wiederfinden:
  - ▶ Corg-Gehalte korrelieren mit Niederschlägen/Höhe, Temperatur sowie Ton- und Schlufffraktion;
  - ▶ ca. 33 % der Streuung von organischem Kohlenstoff in Oberböden lassen sich durch Klimavariablen, sowie Ton-/Schlufffraktion erklären;
  - ▶ Dieser Zusammenhang ist räumlich nahezu scharf getrennt in 6 Gruppen darstellbar;
- ☹ Regressionsanalytische Erklärungsmodelle für die Ausprägung standorttypischer Corg-Gehalte
  - ▶ benötigen weitere Informationen zu Boden-/Standortmerkmalen (u.a. Hydromorphie, Sesquioxide) & Bewirtschaftungsdaten
  - ▶ sollten regionalisiert abgeleitet werden.

# Dank ...

..an die Staatlichen Geologischen  
Dienste und die  
Landesumweltämter für die  
Bereitstellung wertvoller Daten,

... für die Gelegenheit, die  
Ergebnisse in diesem Kreis  
vorstellen zu können und

**...für Ihre Aufmerksamkeit!**

