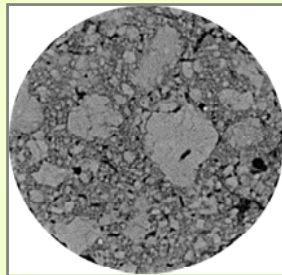


# Humus und Bodenphysik

**Helmut Rogasik**

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V., Müncheberg

Röntgenschnittbild  
(Aggregate im Bodenverband)



Volumenprobe  
(Zylinder mit Bioporen)



Bodenprofilwand  
(Tracerverlagerung)



Ackerschlag



Landschaftsausschnitt

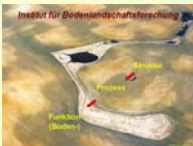


Der Boden ist:

- Pflanzenstandort,
- Medium für den Wasser- und Stofftransport sowie den Gasaustausch, aber auch
- Fahrbahn für die Mechanisierungsmittel der Landwirtschaft.



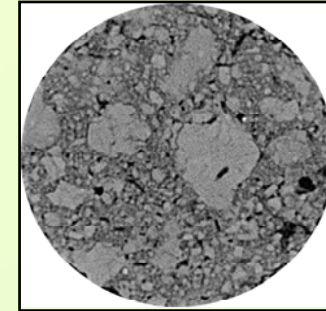
„Alle physikalischen Bodeneigenschaften werden durch Menge und Qualität des Humus beeinflusst“.





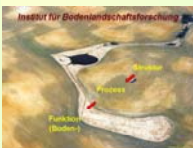
# Humus und Bodengefüge

Bodengefüge ist die innere räumliche Anordnung der festen Bodenbestandteile (mineralisch, organisch).

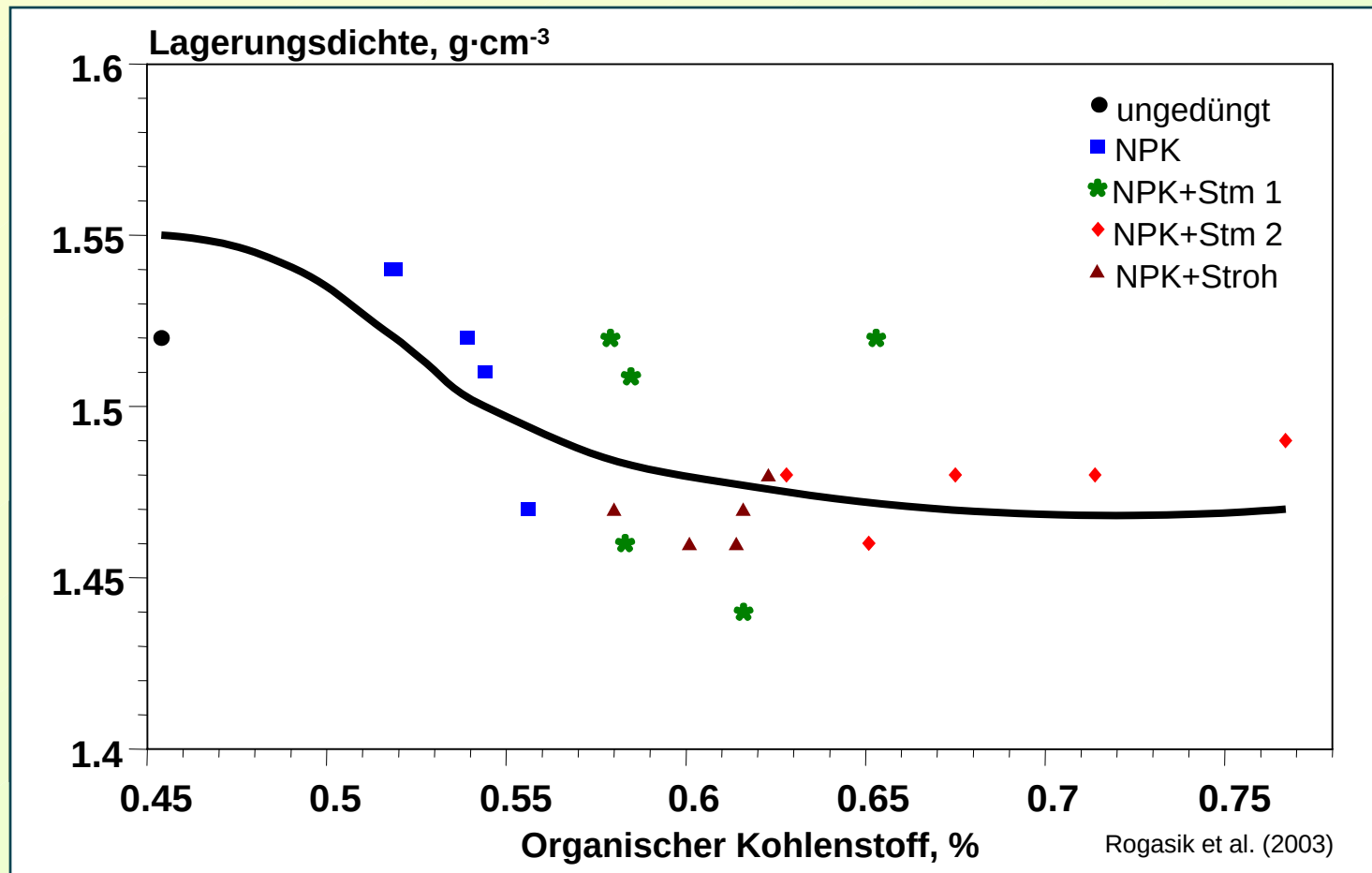


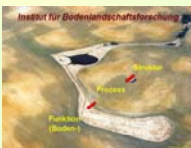
Aus ihrer Lagerungsweise (Geometrie, Größe und spezifischer Verteilung) ergibt sich die Gliederung des Porenraumes (Porensystem).

Zwischen morphologischen Eigenschaften und den funktionellen (physikalischen) Eigenschaften des Bodengefüges, wie Infiltration, Wasserleitfähigkeit, Luftdurchlässigkeit oder Gasdifffusion besteht ein enger Zusammenhang.

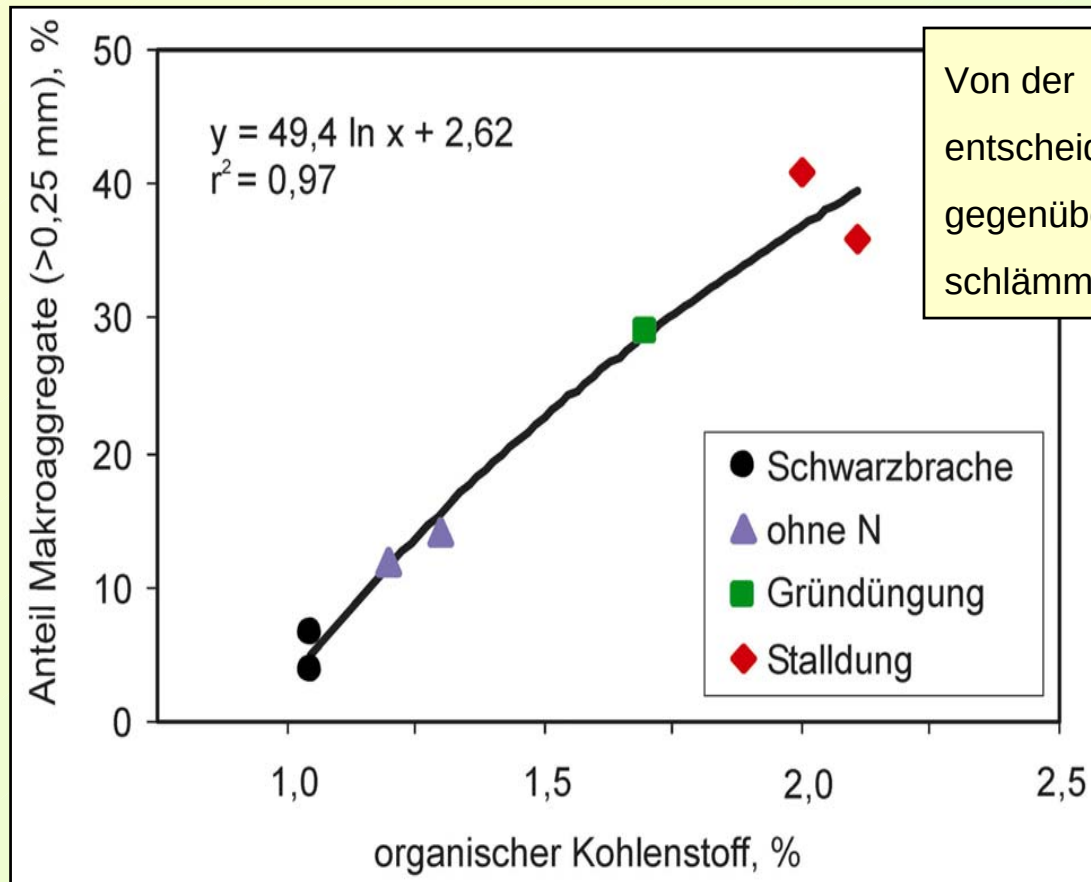


## Humusgehalt und Lagerungsdichte





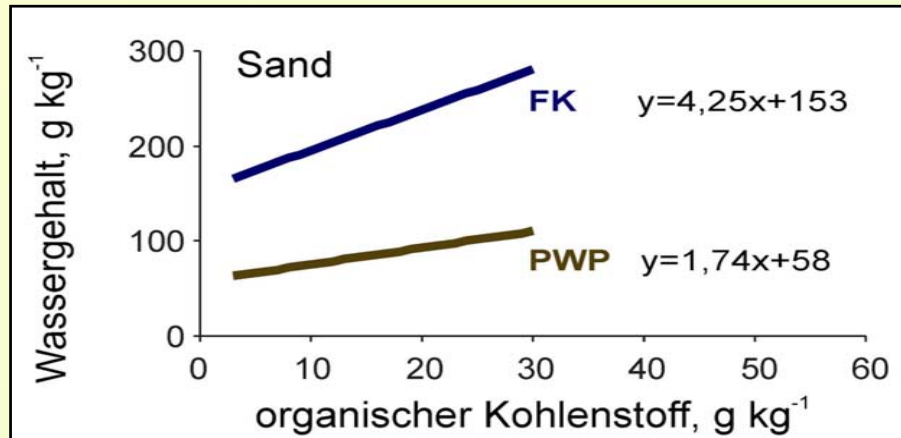
# Humusgehalt und Aggregatstabilität



Von der Aggregatstabilität hängt entscheidend die Empfindlichkeit gegenüber Oberflächenver-  
schlammung und -verkrustung ab.

modifiz. n. Gerzabek et al. (1995)

# Humusgehalt und nutzbare Feldkapazität



Nutzbare Feldkapazität in Abhängigkeit vom C<sub>org</sub> - Gehalt bei Sandböden (modifiziert nach Bauer & Black, 1992)

Richtwerte nach KA 5



| Symbol | Bezeichnung   | OBS<br>Masse-% |
|--------|---------------|----------------|
| h2     | schwach humos | 1 bis < 2      |
| h3     | mittel humos  | 2 bis < 4      |
| h4     | stark humos   | 4 bis < 8      |



Boden- art      Zuschläge zur nutzbaren Feld-  
kapazität in Abhängigkeit vom OBS-  
Gehalt, Vol.-%

| Symbol | h2 | h3 | h4 |
|--------|----|----|----|
| Ss     | 1  | 3  | 4  |
| Su2    | 2  | 3  | 4  |
| Ls3    | 1  | 3  | 5  |
| Lt3    | 2  | 4  | 8  |
| Ut3    | 1  | 1  | 2  |
| Tu2    | 2  | 4  | 7  |



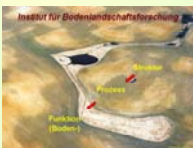
## Wertung

Die Ergebnisse zu den kausalen Zusammenhängen zwischen

**Humusgehalt** und **Lagerungsdichte**,  
**Aggregatstabilität** bzw.  
**nutzbare Feldkapazität**

lassen **nicht** den Schluss zu, dass **durch progressive Anhebung des Humusgehaltes im Boden alle Probleme der Landnutzung zu beheben sind.**

Der Humusgehalt lässt sich dauerhaft nur auf einen standort- und bewirtschaftungsspezifischen Optimalwert anheben.

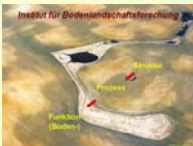


## Wasserinfiltration

- **Aufnahme von Niederschlagswasser zur Deckung des Pflanzenwasserbedarfes und Sicherung der Grundwasserneubildung**

Voraussetzung:

- Bodengefüge mit hohem Infiltrationspotential
  - ausreichende Bodenbedeckung zur Erosionsverminderung
- 
- **Niederschlag, der nicht infiltrieren kann, führt durch Oberflächenabfluß und Bodenabtrag zu**
- on - site Schäden am Boden sowie
  - off - site Schäden in Gewässern.

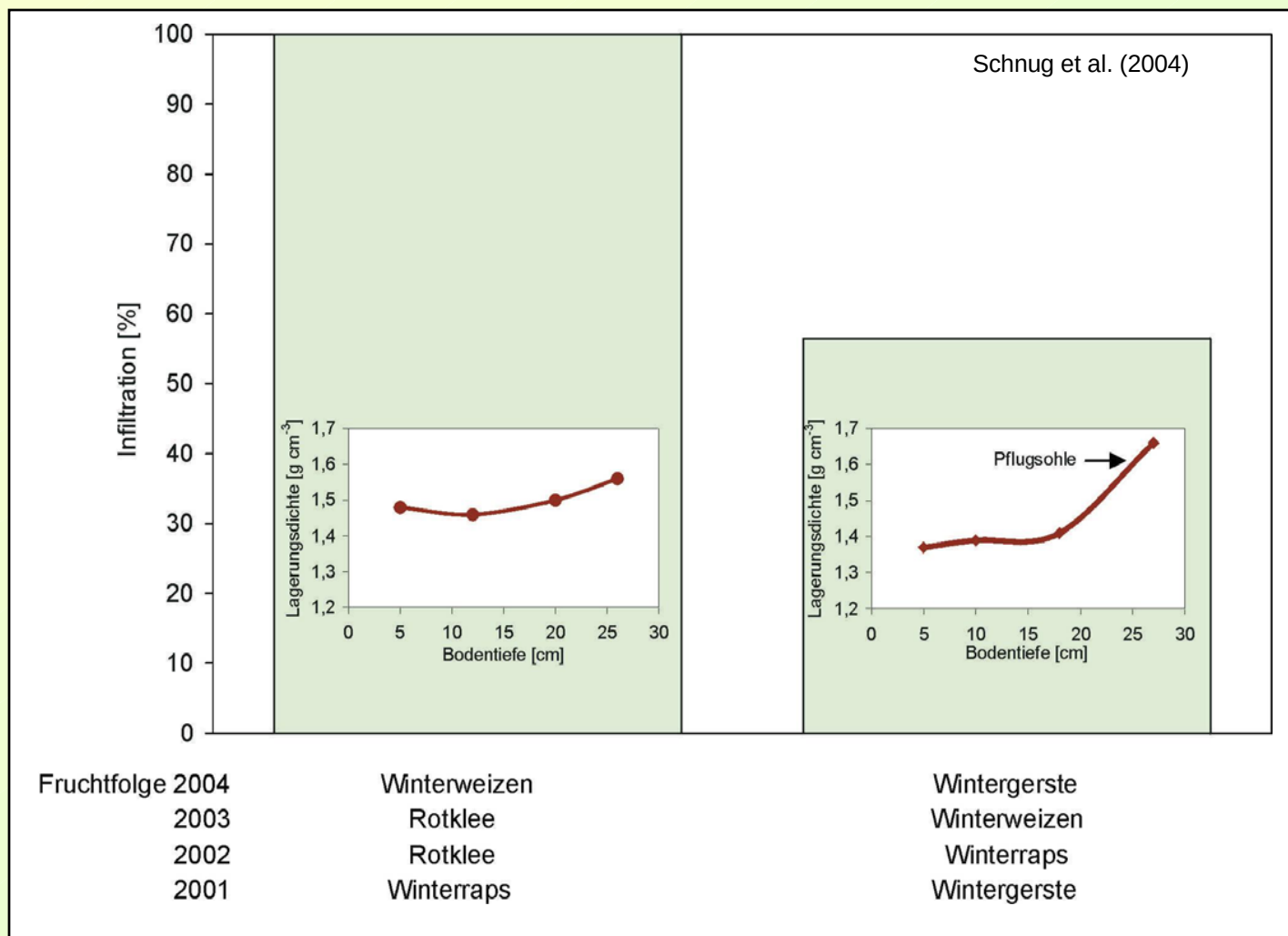
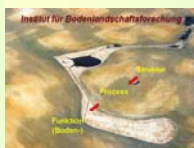






## Infiltration und Lagerungsdichte auf ökologisch und konventionell bewirtschaftetem Ackerland

(ökologisch, 100% = 179 mm h<sup>-1</sup>, Messung mit Hauben-Infiltrometer, Trenthorst, Frühjahr 2004)



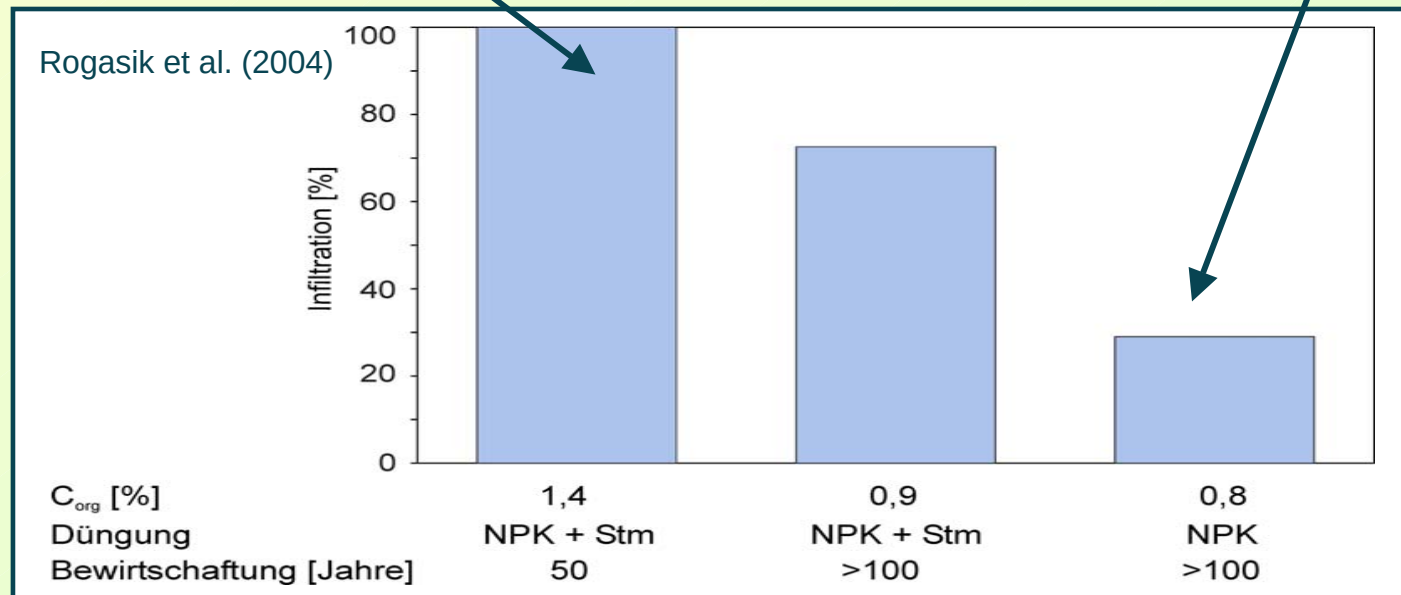
### Management und Humusgehalt beeinflussen die Infiltration von Wasser in das Bodenprofil!



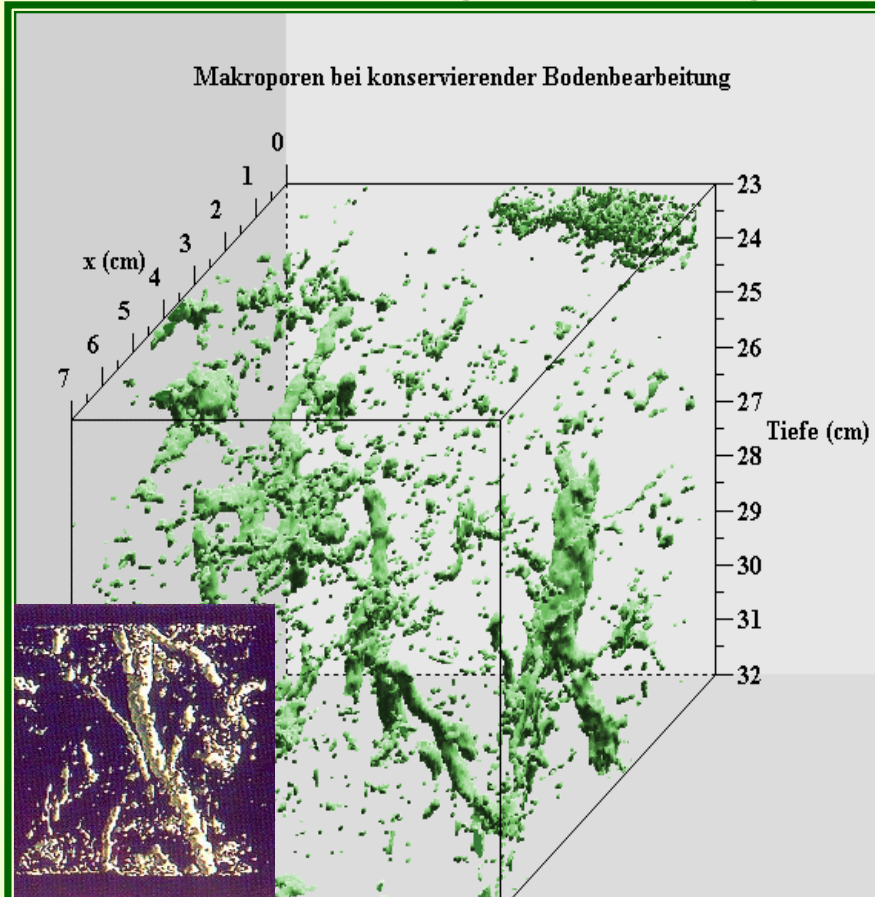
Gute Bodenstruktur mit Krümelgefüge und hohem Regenwurmbesatz bei optimalen Humusgehalten



Verdichtete Bodenhorizonte ohne stabiles Porensystem nach langjährig fehlender organischer Düngung



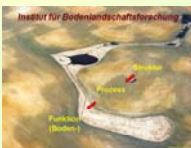
## Bewirtschaftung und Wegsamkeit des Porensystems



Anektische Regenwürmer (*Lumbricus terrestris*) durchdringen Krume und Unterboden und schaffen vertikal-kontinuierliche Gänge.

Voraussetzung:

- ausreichende Humusversorgung
- reduzierte mechanische Eingriffe (konservierende BB, Bodenruhe)

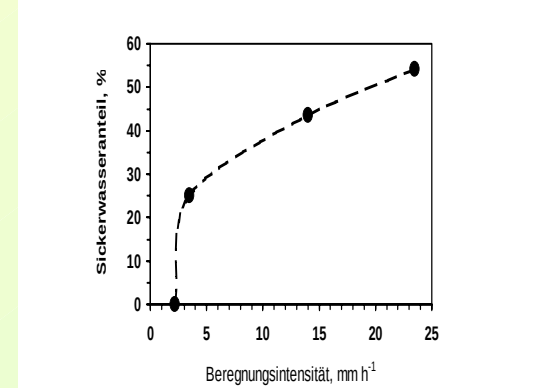




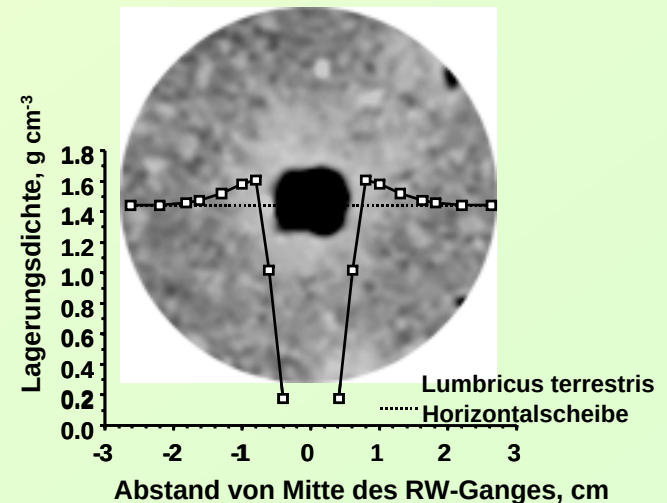
# Präferentielle Fließwege als Ursache schnellen Wasser- und Stofftransports in den Unterboden

## Voraussetzungen:

1. Niederschlagsintensität überschreitet Infiltrationskapazität des Bodens
2. Niederschlagsereignis nach Ausbringung von Düngemitteln bzw. Herbiziden
3. Zweiseitiger Wasser- und Stofftransfer zwischen Bodenmatrix und Makroporen



Zusammenhang zwischen Beregnungsintensität und Sickerwasseranteil in präferentiellen Fließwegen (mod. n. Kneale & White, 1983)



Lagerungsdichteverteilung in der Umgebung eines Regenwurmganges ( $d_{Ba}$ : 1,4 g cm<sup>-3</sup>, Ut3)

## Management und Humusgehalt beeinflussen die Wassererosionsgefährdung

*Der Humusgehalt fließt als Bestandteil des **Bodenerodierbarkeitsfaktors K** in die Ermittlung der Wassererosionsgefährdung mit Hilfe der ABAG ein (DIN 19708)*

Richtwerte für Brandenburg / Mecklenburg-Vorpommern

Auslöseschwelle für Wassererosion:

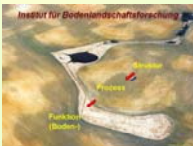
Niederschlag:  $> 7,5 \text{ mm}$

Niederschlagsintensität:  $> 5 \text{ mm h}^{-1}$

hohe Erosivität  $> 15 \text{ mm h}^{-1}$  (Bodeneinfluss abnehmend)

Deumlich & Gödicke (1989)

Randbedingungen: Hanglänge  $> 50 \text{ m}$ , Hangneigung  $> 4 \%$ , keine Bodenbedeckung

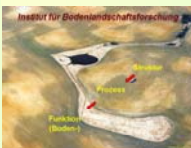


### Dominierende Faktoren der Wassererosionsgefährdung:

- Niederschlagshöhe /-intensität
- Bodenbedeckung
- Oberflächenrauigkeit
- Bodenwassergehalt
- Schadverdichtungen in der Ackerkrume

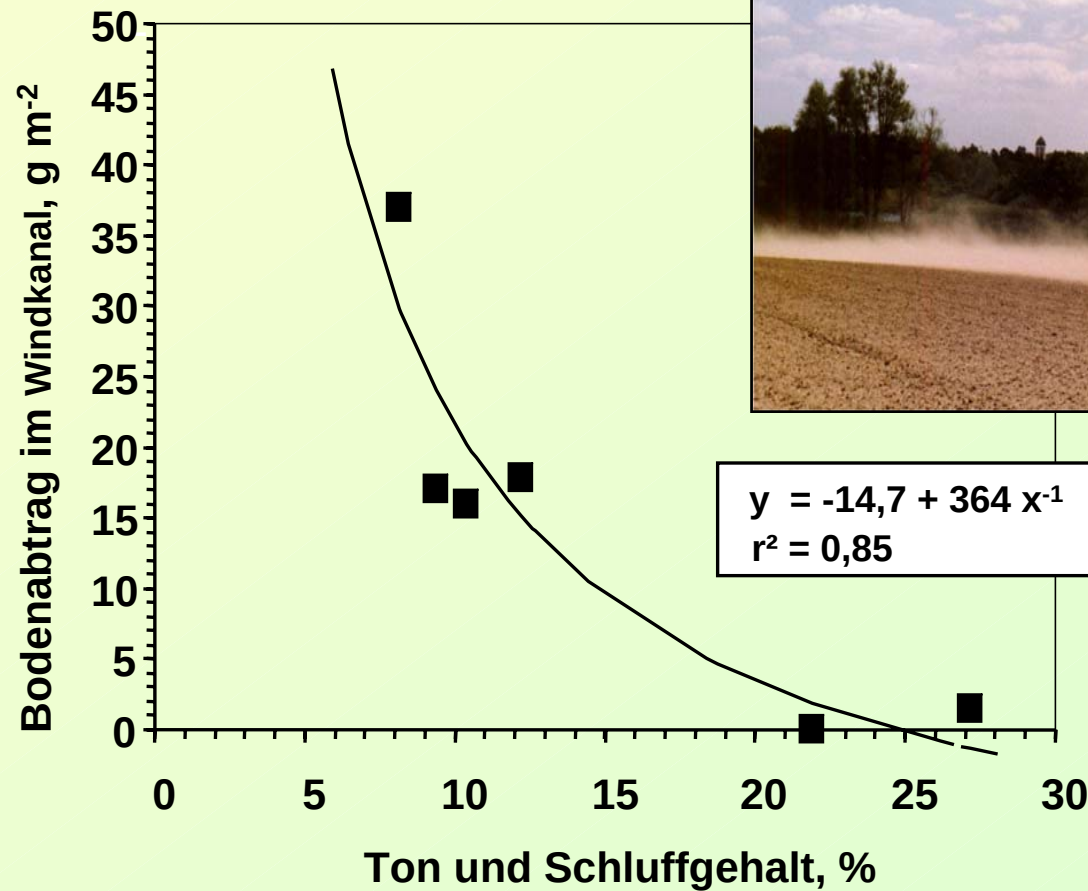
Fahrspuren als Auslöser von  
Wassererosion!

Bodenschadverdichtungen

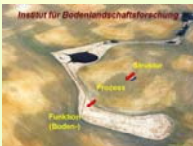




## Bodenabtrag durch Winderosion in Abhängigkeit vom Ton- und Schluffgehalt des Oberbodens

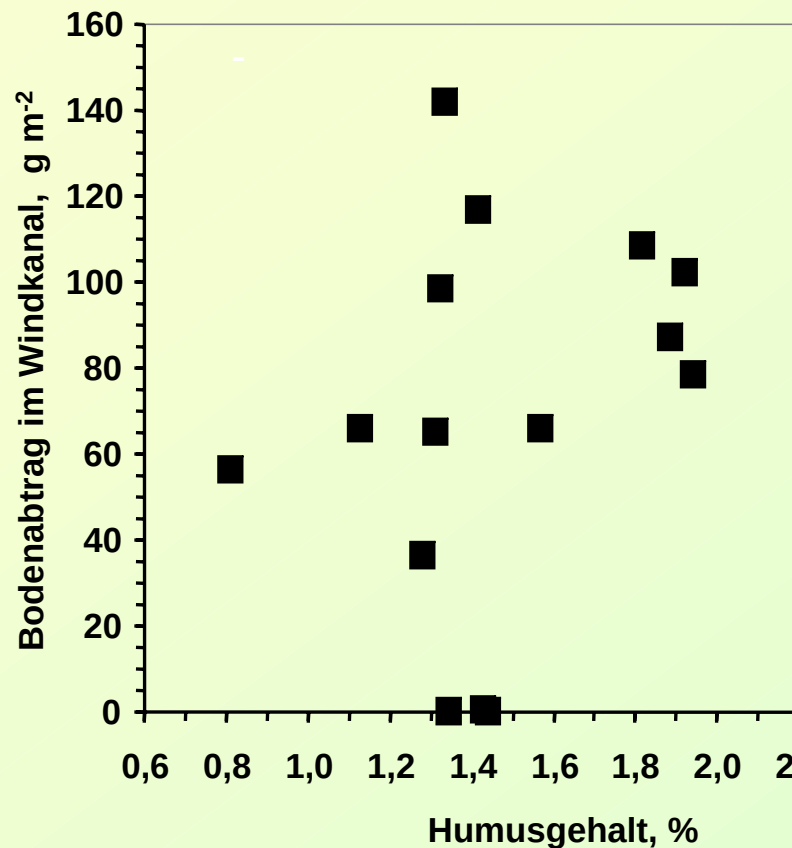


Funk et al. (2003)



## Humusgehalt und Winderosionsgefährdung

Die Abhängigkeit der Winderosionsgefährdung sandiger Substrate (Ss....St2) vom Humusgehalt ist nur gering ausgeprägt.



### Dominierende Faktoren:

- Windgeschwindigkeit
- Bodenbedeckung
- Oberflächenrauigkeit
- Bodenwassergehalt

Funk et al. (2003)

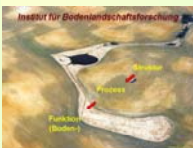




# Einfluss der Bodenbedeckung auf den Abfluß und Bodenabtrag

(Relativwerte 10-jähriger Messungen, Frielinghaus et al., 1999)

| Boden-<br>bedeckung<br>% | Pflanzen-<br>rückstände<br>Trockenmasse<br>t/ha | Oberflächen-<br>abfluss<br>% | Bodenabtrag<br>Wasser-<br>erosion<br>% | Bodenabtrag<br>Wind-<br>erosion<br>% |
|--------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|
| 0                        | 0                                               | 45                           | 100                                    | 100                                  |
| ca. 20 - 30              | 0.5                                             | 40                           | 25                                     | 15                                   |
| ca. 30 - 50              | 2                                               | < 30                         | 8                                      | 3                                    |
| ca. 50 - 70              | 4                                               | < 30                         | 3                                      | <1                                   |
| > 70                     | 6                                               | < 30                         | < 1                                    | <1                                   |





## Humus und Bodenphysik



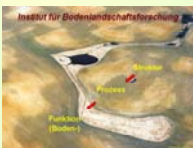
Institut für Bodenlandschaftsforschung (BLF)



1. Minimierung der Zeiten ohne Bodenbedeckung durch Fruchtfolge, Zwischenfrüchte, Untersaaten, Strohmulch
2. Mulchsaat möglichst **ohne** Saatbettbereitung zur Erhaltung der Bodenbedeckung
3. Konservierende Bodenbearbeitung mindestens zu erosionsanfälligen Fruchtarten, möglichst in der gesamten Fruchtfolge, Reduzierung der Befahrung



Frielinghaus et al. (2003)





## Lagerungsdichteverteilung und Gefügeheterogenität bei konventioneller und konservierender Bodenbearbeitung

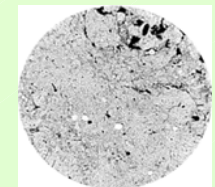
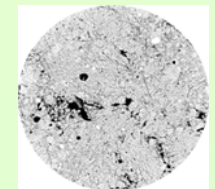
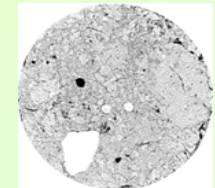
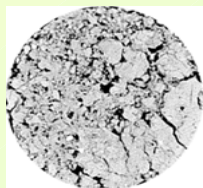
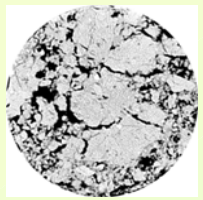
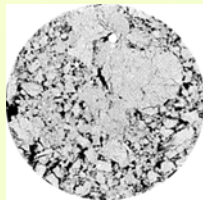
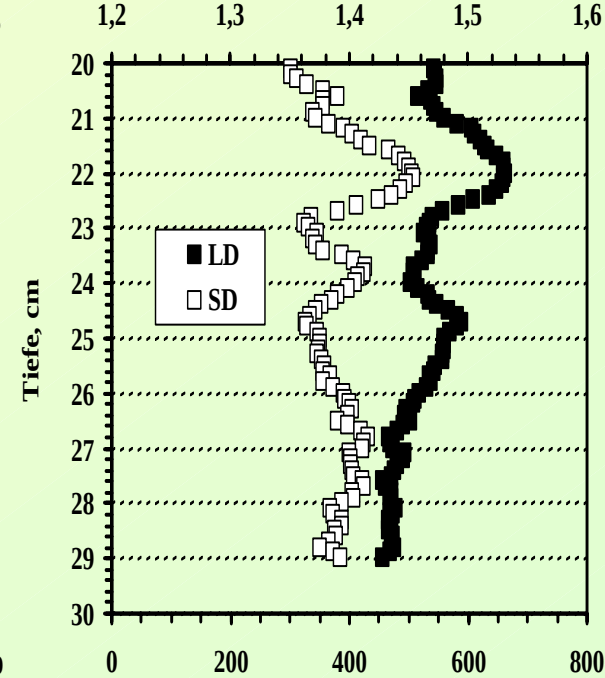
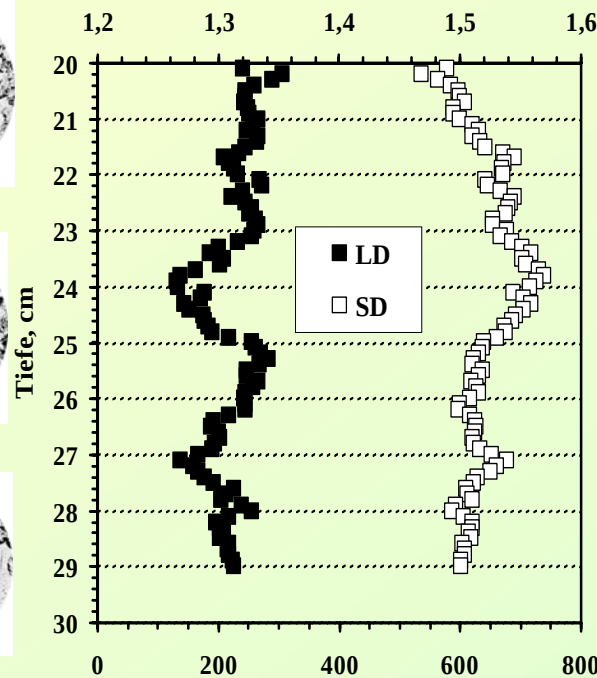
(Unterkrume, Lössboden, Göttingen, 2004)

### Konventionelle BB

### Konservierende BB

Lagerungsdichte,  $\text{g cm}^{-3}$

Lagerungsdichte,  $\text{g cm}^{-3}$





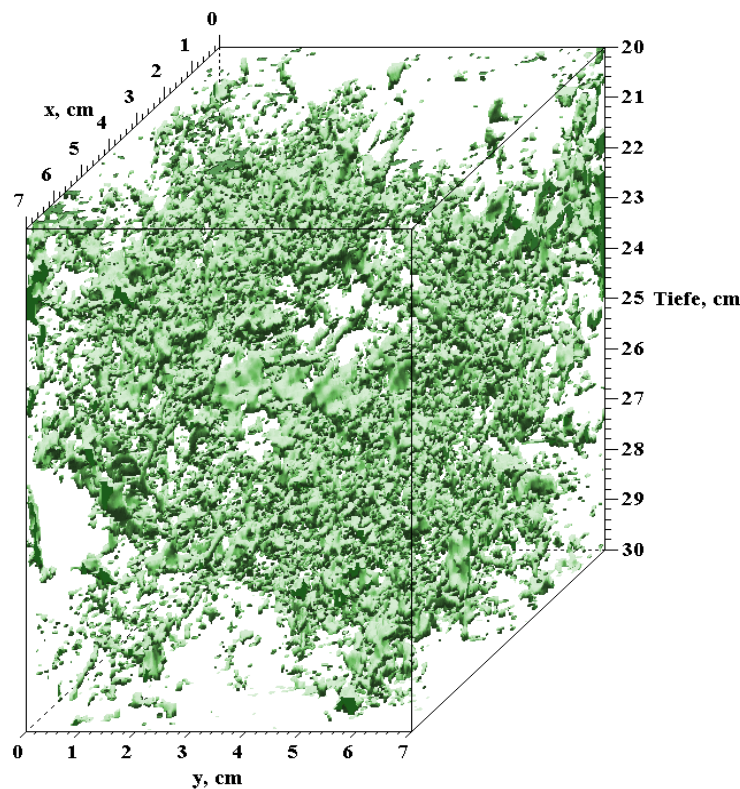
## Humus und Bodenphysik

# 3D-Visualisation des Makroporensystems bei konventioneller und konservierender Bodenbearbeitung

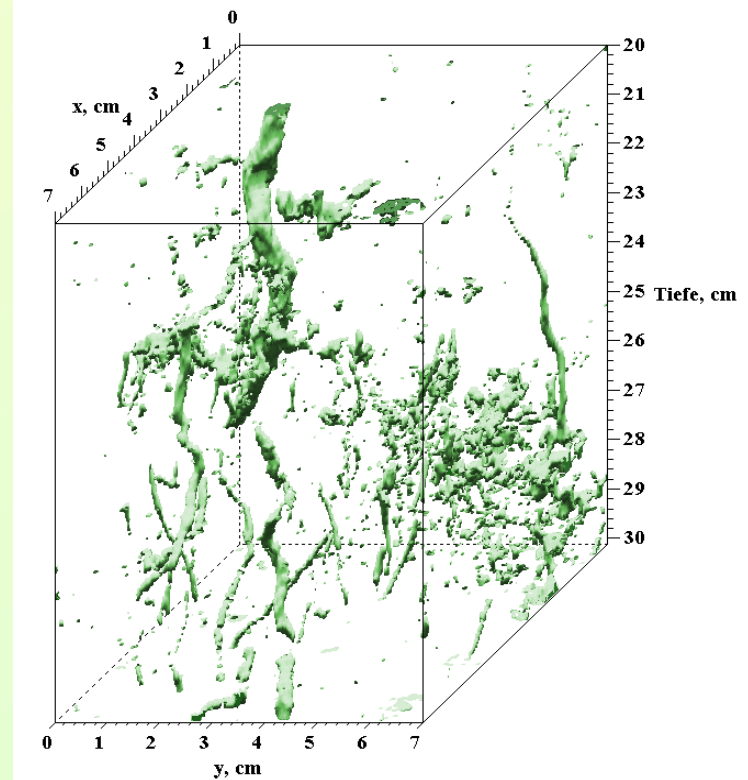
(Unterkrume, Lößboden, Göttingen, 2004)

Institut für Bodenlandschaftsforschung (BLF)

Konventionelle BB



Konservierende BB



**10,9 Vol.-%**

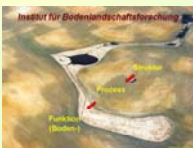
Poren > 300  $\mu\text{m}$

**4,8 Vol.-%**

**13,8 m d<sup>-1</sup>**

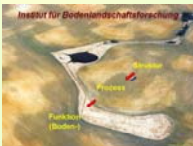
ungesättigte Wasserleitfähigkeit

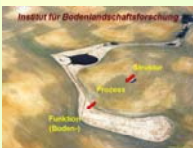
**35,2 m d<sup>-1</sup>**





**Auch ein mit Humus optimal versorgter  
Boden kann hohe mechanische  
Beanspruchungen durch  
Mechanisierungsmittel der  
Landwirtschaft nicht kompensieren!**





## Strategien zur Vermeidung von Schadverdichtungen

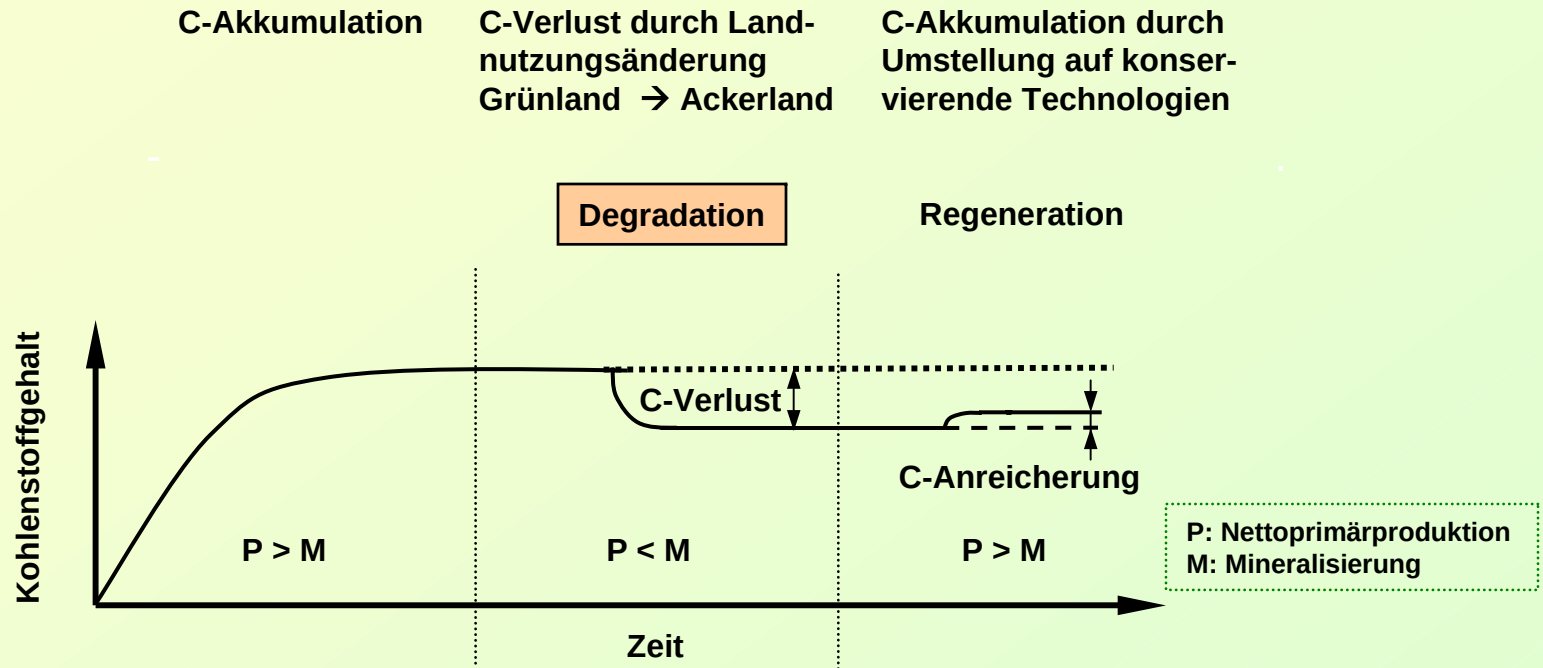
Reduzierung der Radlasten,  
Kontaktflächendrücke sowie  
Überrollhäufigkeiten

Positionspapier „Cross Compliance“ (Auswahl)

- Mähdrescher mit Zwillingsbereifung
- leichtere Rübenroder mit kleineren Bunkern
- vertretbare kontaktflächendruckbezogene Radlasten und entsprechende Reifeninnendrücke
- Onlandpflügen
- schwere Bodenbearbeitungsgeräte aufsatteln oder anhängen, nicht anbauen
- Schlaglängen auf 500 m begrenzen
- Kopplung/Kombination von Geräten
- Tragfähigkeit durch reduzierte BB und gute Humusversorgung erhöhen



# Degradation und Regeneration von Böden

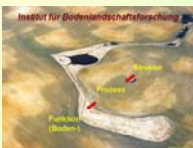
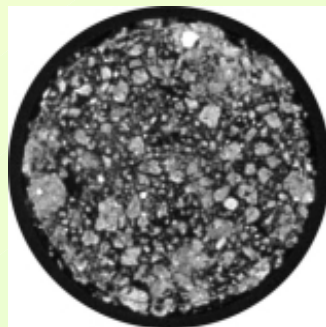
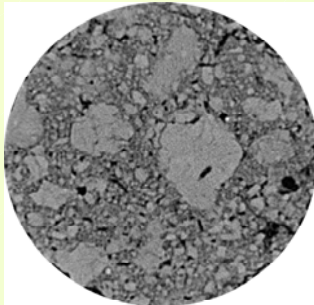
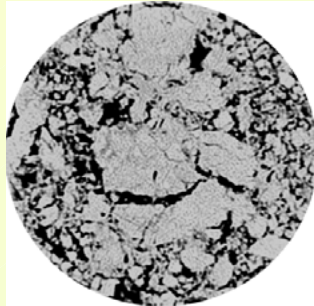


- Dichteanstieg
- Abnahme Aggregatstabilität
- Abnahme Infiltration

modifiziert nach Janzen et al. (1997)

### Fazit

- Das Bodengefüge ist ein empfindliches labiles System.
- Fehler in der Boden- und Bestandesführung führen in sehr kurzen Zeiträumen zur Degradierung des Gefüges.
- Eine Gefügeregeneration ist nur langfristig und mit sehr hohen Aufwendungen möglich (Degradation nicht voll reversibel).
- Für den Nachweis degradativer Gefügeveränderungen stehen Messmethoden zur Verfügung.





Ich bedanke mich für die Zusammenarbeit

ZALF Müncheberg

Monika Frielinghaus

Detlef Deumlich

Roger Funk

FAL Braunschweig-Völkenrode

Ewald Schnug

Jutta Rogasik

Joachim Brunotte

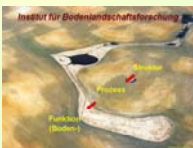
IFZ Göttingen

Olga Tomanova

Heinz-Josef Koch

**und**

**für Ihre Aufmerksamkeit**

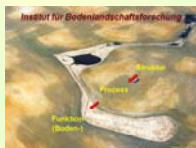


# Humus und Bodenphysik

---

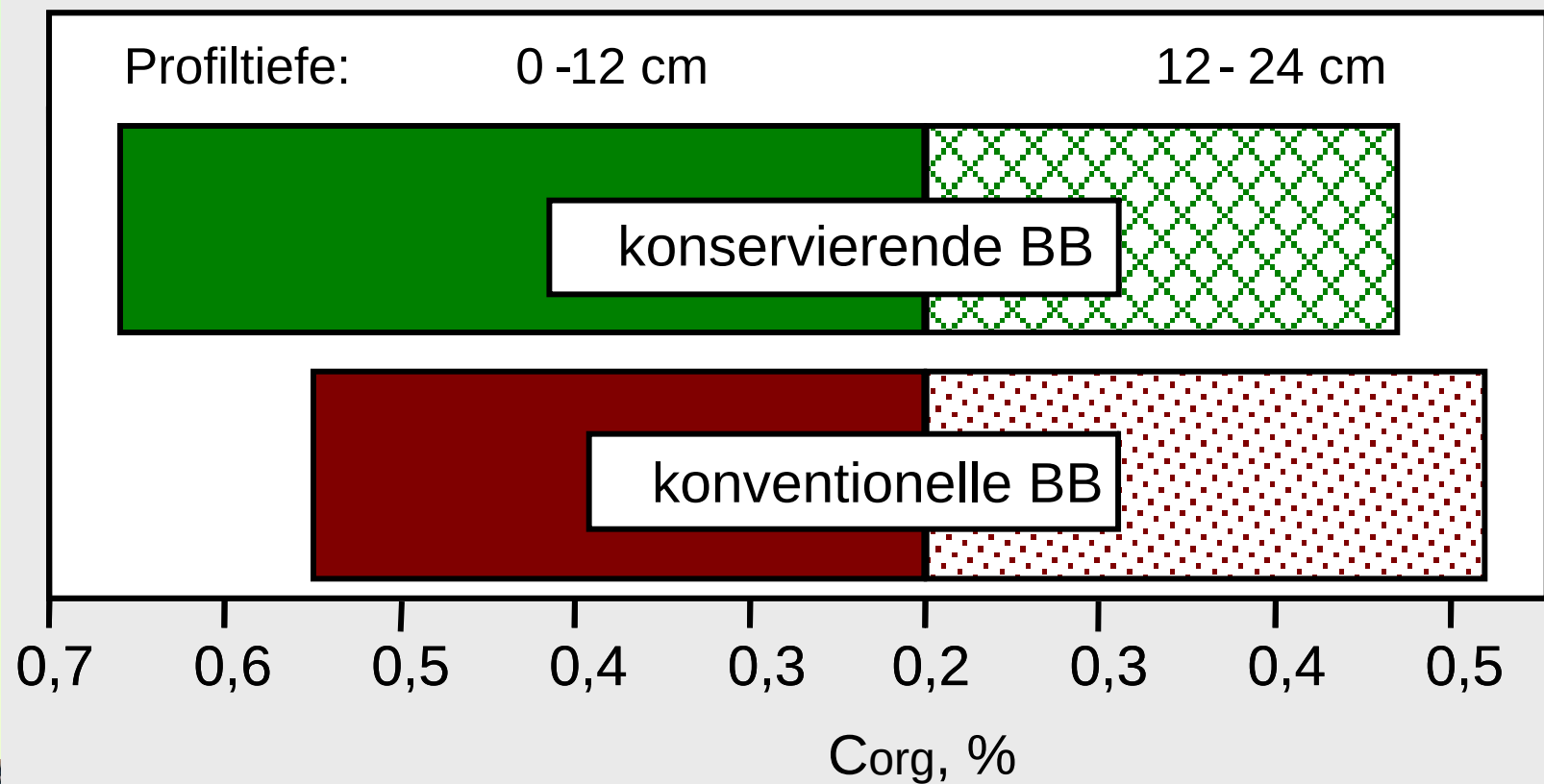


Institut für Bodenlandschaftsforschung (BLF)





## Einfluss der Bodenbearbeitungsintensität auf den Gehalt des Bodens an organischem Kohlenstoff



Rogasik et al. (2004)

# Humus und Bodenphysik

Bewertungsmatrix für Bodenbedeckung

|                                                                                                    | Bewertungskriterien                     |                                          |                                             |                                          |                                                       |                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------|
|                                                                                                    | Geschwindigkeit der Pflanzenentwicklung | Grad der Bedeckung (Standraumverteilung) | Bedeckung während des Frühjahrs und Sommers | Bedeckung während des Herbst und Winters | Technologisch bedingte Zeitspanne ohne Bodenbedeckung | Gesamtbeurteilung                     |
|                                                                                                    | Bodenbedeckung                          |                                          |                                             |                                          |                                                       |                                       |
| Fruchtarten                                                                                        |                                         |                                          |                                             |                                          |                                                       |                                       |
| Dauerbegrünung                                                                                     | <div><div></div></div> 1                | <div><div></div></div> 1                 | <div><div></div></div> 1                    | <div><div></div></div> 1                 |                                                       | <div><div></div></div> 1              |
| Wintergerste                                                                                       | <div><div></div></div> 1                | <div><div></div></div> 1                 | <div><div></div><div></div></div> 1,5       | <div><div></div></div> 1                 |                                                       | <div><div></div></div> 1              |
| Winterweizen                                                                                       |                                         |                                          |                                             |                                          |                                                       |                                       |
| Aussaat vor 1. Oktober                                                                             | <div><div></div><div></div></div> 2     | <div><div></div></div> 1                 | <div><div></div><div></div></div> 1,5       | <div><div></div><div></div></div> 1,5    |                                                       | <div><div></div><div></div></div> 1,5 |
| Aussaat nach 1. Oktober                                                                            | <div><div></div></div> 3                | <div><div></div></div> 1                 | <div><div></div></div> 3                    | <div><div></div><div></div></div> 2,5    |                                                       | <div><div></div><div></div></div> 2,5 |
| Sommergerste                                                                                       | <div><div></div><div></div></div> 1,5   | <div><div></div></div> 1                 | <div><div></div><div></div></div> 2         | <div><div></div></div> 3                 |                                                       | <div><div></div></div> 2              |
| Kartoffeln                                                                                         | <div><div></div><div></div></div> 2,5   | <div><div></div><div></div></div> 2,5    | <div><div></div></div> 3                    | <div><div></div></div> 3                 |                                                       | <div><div></div></div> 3              |
| Zuckerrüben                                                                                        | <div><div></div></div> 3                | <div><div></div><div></div></div> 2,5    | <div><div></div><div></div></div> 2,5       | <div><div></div></div> 3                 |                                                       | <div><div></div></div> 3              |
| Mais                                                                                               | <div><div></div></div> 3                | <div><div></div></div> 3                 | <div><div></div><div></div></div> 2,5       | <div><div></div></div> 3                 |                                                       | <div><div></div></div> 3              |
| Sonnenblumen                                                                                       | <div><div></div></div> 3                | <div><div></div></div> 3                 | <div><div></div><div></div></div> 2,5       | <div><div></div></div> 3                 |                                                       | <div><div></div></div> 3              |
| Anbaufolgen                                                                                        |                                         |                                          |                                             |                                          |                                                       |                                       |
| Dauerbegrünung                                                                                     | <div><div></div></div> 1                | <div><div></div></div> 1                 | <div><div></div></div> 1                    | <div><div></div></div> 1                 | <div><div></div></div> 1                              | <div><div></div></div> 1              |
| Mais - Winterweizen - Wintergerste                                                                 | <div><div></div><div></div></div> 2,5   | <div><div></div><div></div></div> 2      | <div><div></div></div> 2                    | <div><div></div><div></div></div> 2,5    | <div><div></div><div></div></div> 2,5                 | <div><div></div><div></div></div> 2,5 |
| Zuckerrüben - Winterweizen - Wintergerste                                                          | <div><div></div><div></div></div> 2,5   | <div><div></div><div></div></div> 2      | <div><div></div></div> 2                    | <div><div></div><div></div></div> 2,5    | <div><div></div><div></div></div> 2,5                 | <div><div></div><div></div></div> 2,5 |
| Spezialanbaufolgen                                                                                 |                                         |                                          |                                             |                                          |                                                       |                                       |
| Wintergerste - Zwischenfruchtmulch (abgefroren) - Mais - Winterweizen - Winterroggen mit Untersaat | <div><div></div><div></div></div> 1,5   | <div><div></div></div> 1                 | <div><div></div><div></div></div> 1,5       | <div><div></div><div></div></div> 1,5    | <div><div></div><div></div></div> 1,5                 | <div><div></div><div></div></div> 1,5 |
| Wintergerste - Zwischenfruchtmulch - Mais - Winterweizen - Wintergerste                            | <div><div></div><div></div></div> 2     | <div><div></div></div> 1                 | <div><div></div><div></div></div> 1,5       | <div><div></div><div></div></div> 1,5    | <div><div></div><div></div></div> 1,5                 | <div><div></div><div></div></div> 1,5 |
| Wintergerste - Zwischenfruchtmulch (abgefroren) - Zuckerrüben - Winterweizen - Wintergerste        | <div><div></div></div> 2                | <div><div></div></div> 1                 | <div><div></div><div></div></div> 1,5       | <div><div></div></div> 2                 | <div><div></div><div></div></div> 1,5                 | <div><div></div></div> 2              |

Bewertung:

1)

schnell

hoch

hoch

hoch

ohne

ausreichender Schutz

2)

mäßig

mäßig

mäßig

mäßig

mäßig lang

geringer Schutz

3)

langsam

niedrig

gering

gering

lang

kein / geringer Schutz

<50 % / <30 %

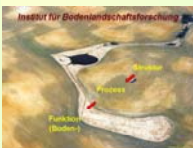
## Pro und Kontra der Konservierenden Bodenbearbeitung in der Praxis

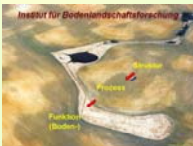
### • PRO

- Schutz vor Wassererosion
- Schutz vor Winderosion
- Reduzierung der Lasteinträge
- Kosteneinsparung
- Zeiteinsparung
- Wassersparung
- Erhöhung der Mikro- und Mesofauna
- Aufbau eines stabilen Bodengefüges

### • CONTRA

- Zunahme der Schnecken
- Zunahme der Mäuse
- Gefahr der Zunahme von Trespen
- Gefahr der Zunahme von Ährenfusarien
- Risiko in den Anfangsjahren
- Hoher Ausbildungsstand
- Längere Einführungszeit





## Humus und Bodenphysik

### Aggregatbildung in Abhängigkeit von

- Nährstoffpool bzw. Nährstoffzufuhr,
- **Einfluss der Zufuhr organischer Substanz,**
- Einfluß von Austrocknungs- und Wiederbefeuchtungszyklen
- Aktives Wurzelwachstum (Ausscheidung von Wurzelexudaten) sowie
- Einfluß der Tonmineralzusammensetzung (Denef et al. 2002)

Ausgangsmaterial der Bodenbildung, Klima, Vegetation und Management Praxis

Materechera et al. 1992; Materechera et al. 1994

Bodenbearbeitung beeinflusst die Humusspeicherung, die Bodengare und Bodenqualität,

Die Bodenzerstörung durch Bodenbearbeitung bringt große Mengen Sauerstoff in den Boden, was den Verbrauch organischer Substanz durch aerobe Mikroorganismen stimuliert

(Doran and Smith)

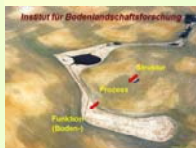


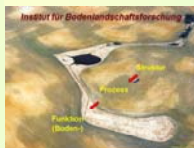
# Humus und Bodenphysik

---



Institut für Bodenlandschaftsforschung (BLF)





## Humus und Bodenphysik

Mit der Landnutzung und dem Management verbundene Prozesse, die zur Verschlechterung die Bodenqualität führen (modifiziert n. Carter et al., 1997)

| Prozess                | Einfluss auf die Bodenqualität                                                                               | Effekte auf die Umwelt                                                                                                            |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Humusabbau             | Minderung der Bodenfruchtbarkeit, Degradation des Bodengefüges, Verminderung der Infiltration                | Erhöhte Bodenerosion und Bodendegradation wegen Verminderung der Infiltrationsfähigkeit                                           |
| Gefügedegradation      | Erhöhung der Lagerungsdichte, Reduzierung der Fähigkeit Wasser aufzunehmen, zu speichern bzw. weiterzuleiten | Verminderung der Infiltrationsrate, Erhöhung von Oberflächenabfluß und Wassererosion                                              |
| Reduzier. Infiltration | Verschlämmung der Bodenoberfläche, temporäre Staunässe                                                       | Erhöhung des Oberflächenabflusses, vernässte Senken, Wassererosion                                                                |
| Erosion                | Wasser- und Nährstoffverluste durch Bodenverlagerung, Schädigung des Gefüges im Akkumulationsbereich         | Eintrag von erodiertem Bodenmaterial in Senkenpositionen bzw. Oberflächengewässern (Eutrophierung), Bewirtschaftungserschwernisse |