

# Böden im Klimawandel

Dr. Christoph Haas

Dezernat 62 Boden

Landesamt für Umwelt des Landes Schleswig-Holstein

# Agenda

- **Definition: Boden**
- **Klimawandeleinfluss auf ausgewählte Bodenparameter und Bodenprozesse**
- **Situation in Schleswig-Holstein**
- **Schlussbetrachtung**

# Definition: Boden

- „Dünne Grenzschicht“ zwischen Atmos- und Lithosphäre
- Komplexes Dreiphasen-System (fest-, flüssig-, gasförmig) + „belebte Phase“
- Mineralische und organische Partikel → Gefügebildung
- Bodenfunktionen: Puffer-, Filter-, Speicher-, Produktions-, Habitat-, Archivfunktion
- CO<sub>2</sub>-Senke und Quelle
- Bodenbildende Faktoren: Ausgangsgestein, Vegetation, Klima, Bewirtschaftung, Zeit



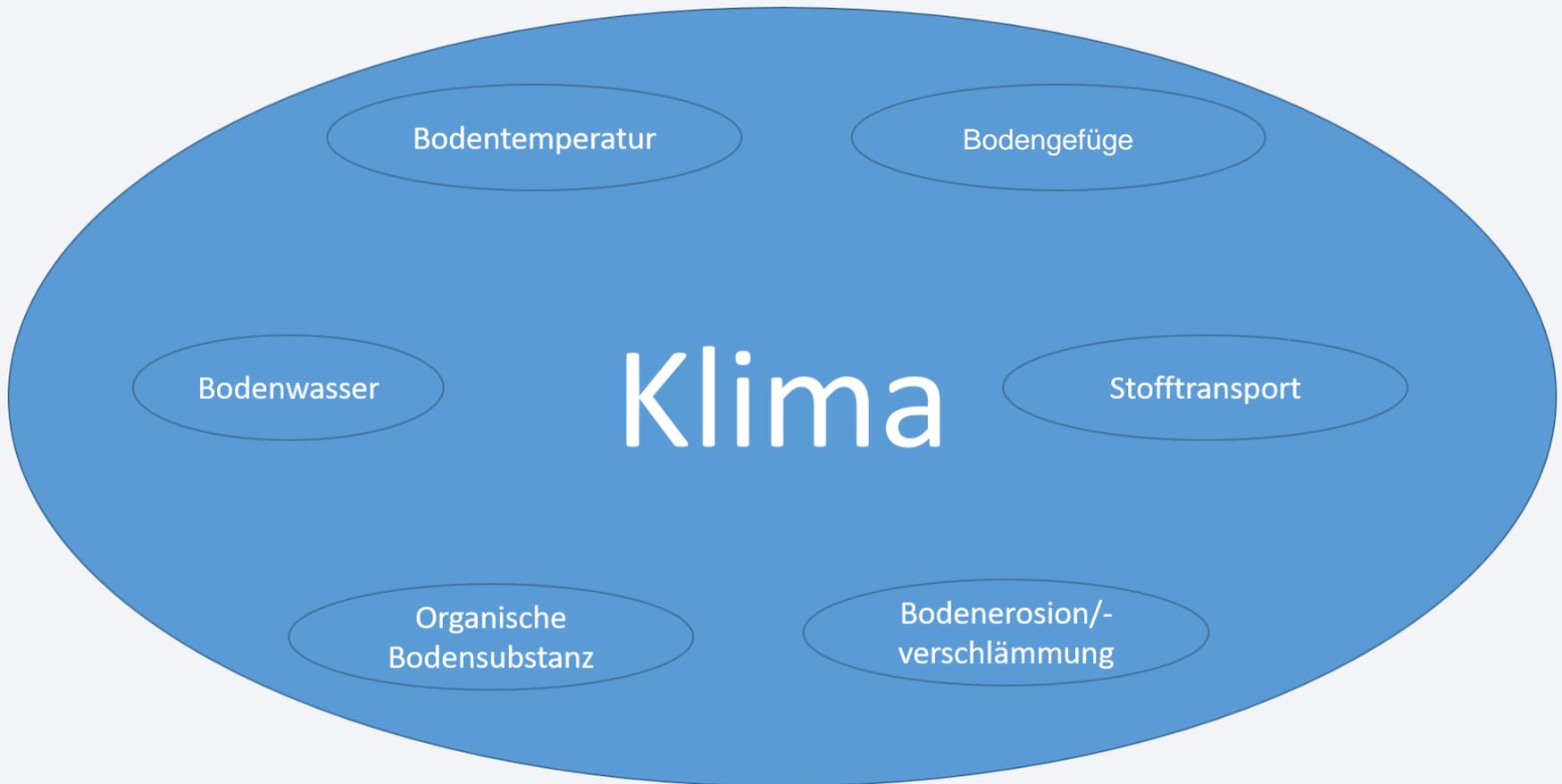
*Vielfalt Boden: Rohmarsch, Podsol, Stauwasserboden und Kalkmarsch (Fotos: M. Filipinski)*

# Einfluss des Klimas auf Böden: Zeitliche Dimension



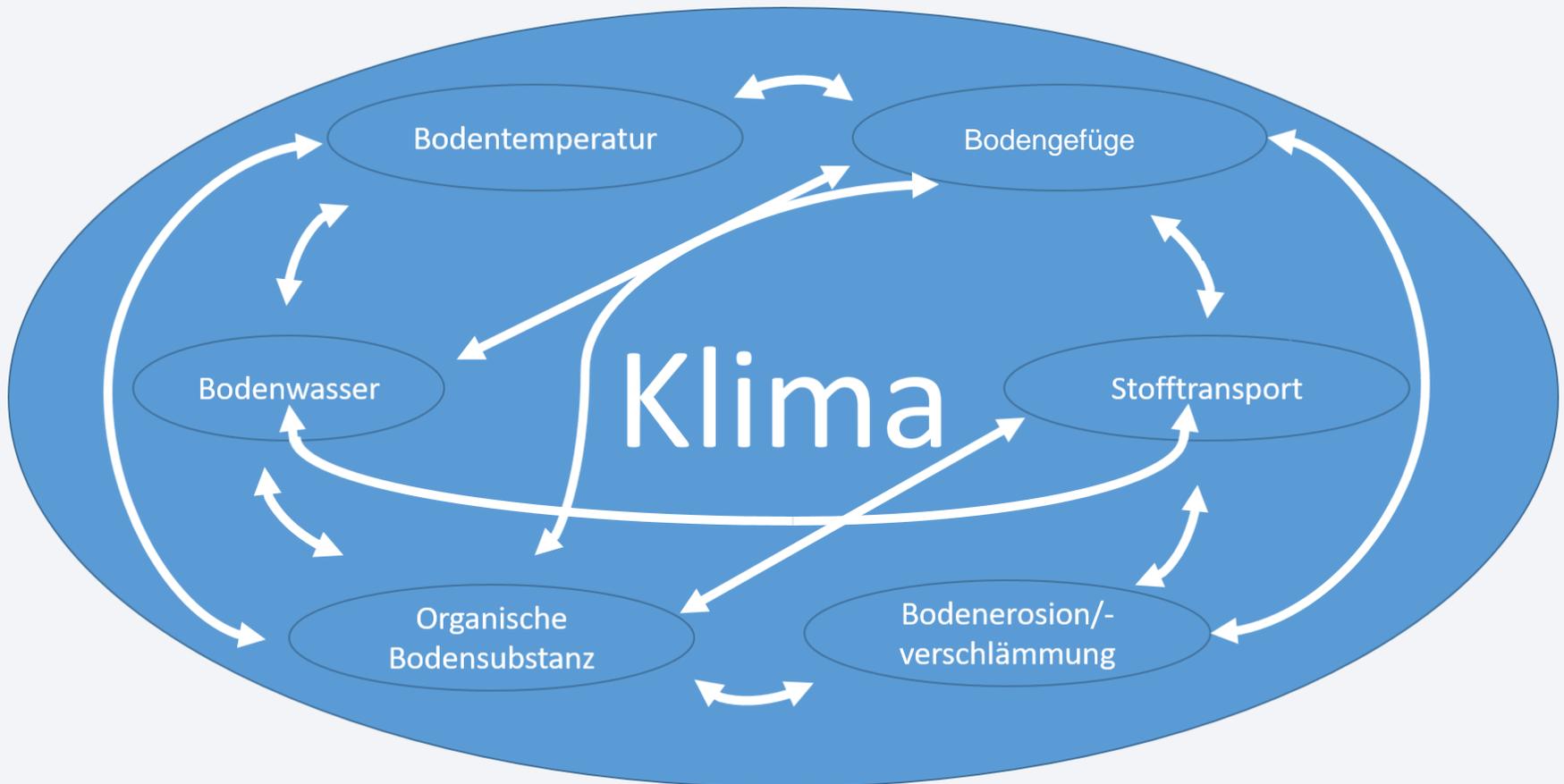
*Zeitliche Dimension des Klimas auf ausgewählte Bodenparameter*

# Einfluss des Klimas auf Böden



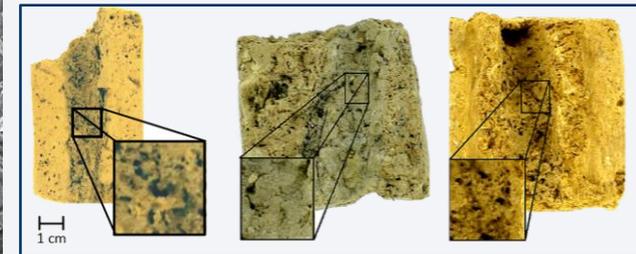
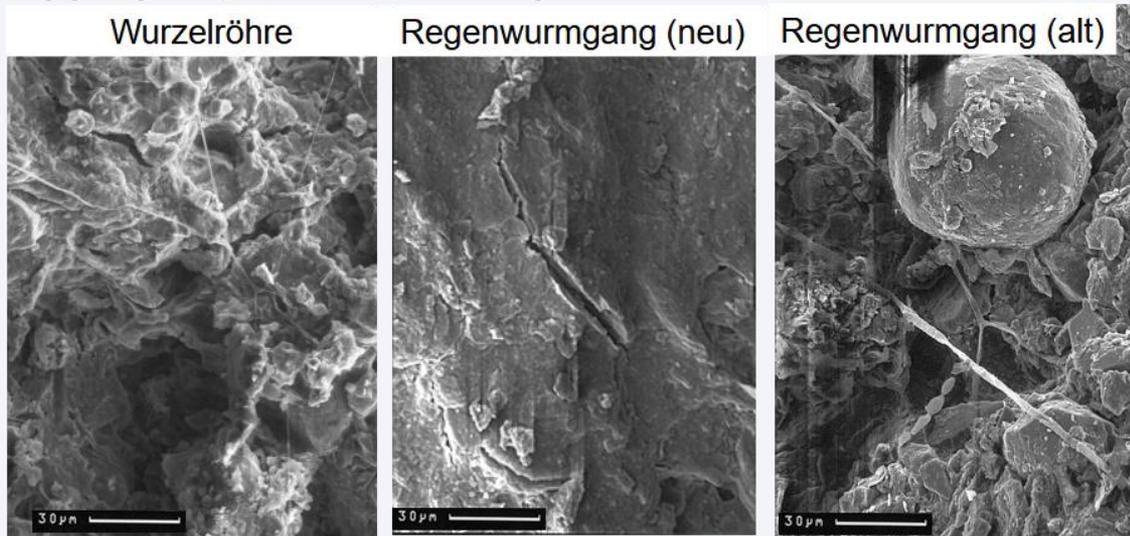
*Klimabeeinflusste Bodenparameter und Bodenprozesse*

# Einfluss des Klimas auf Böden



*Klimabeeinflusste Bodenparameter und Bodenprozesse sowie deren Wechselwirkungen*

- **Aggregat: Räumliche Anordnung der Bodenpartikel**
- **Entstehung: Biologische und physikalische/physiko-chemische Prozesse**
- **Aggregatdynamik: Ständiger Auf- und Abbau/Zerfall von Bodenaggregaten**

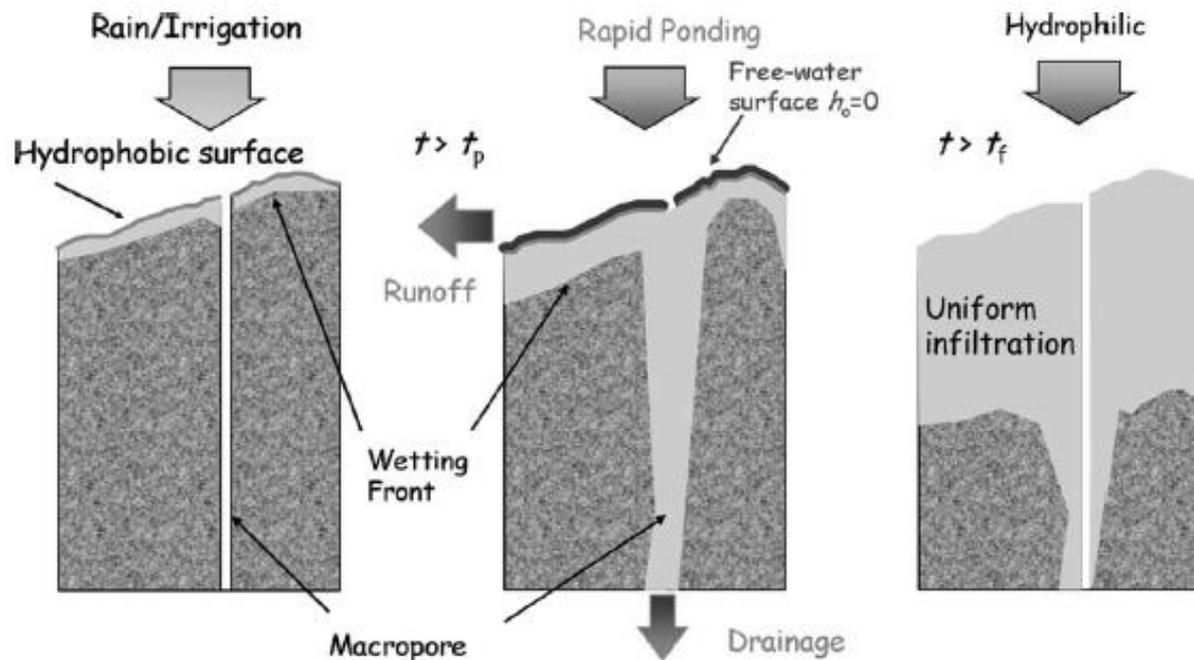


Fotos der Makroporenoberflächen (Haas & Horn, 2018).

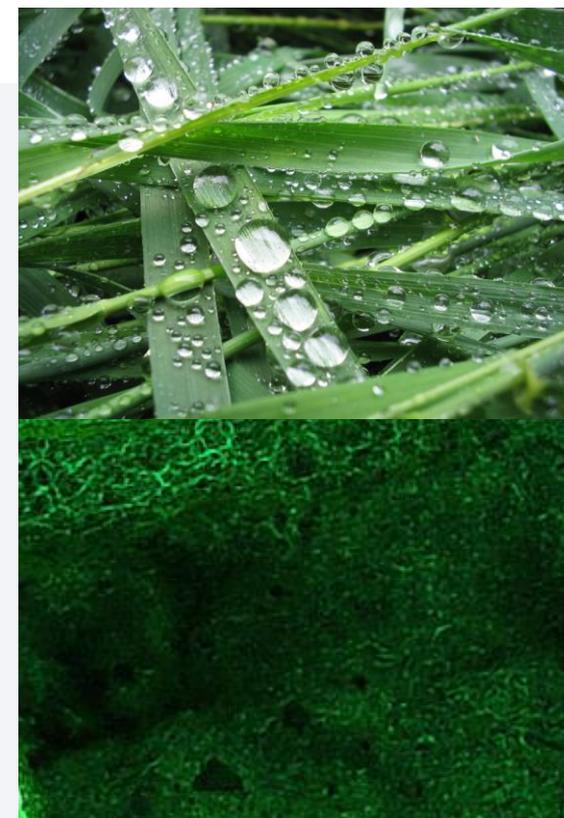
Rasterelektronenmikroskopische (REM) Aufnahmen von Makroporenoberflächen (Haas & Horn, 2018).

**!!! Gefügeeigenschaften bestimmen Gas- und Wasser-Transportprozesse!!!**

# Klimawandel und Wassertransport



*Boden mit Makropore während Niederschlag (links). Hydrophober Boden (Mitte) mit Oberflächenabfluss und präferenziellem Wasserfluss durch Makropore und uniformer Wasser-Infiltration im hydrophilen Boden (rechts). Abbildung: Clothier et al. (2007).*

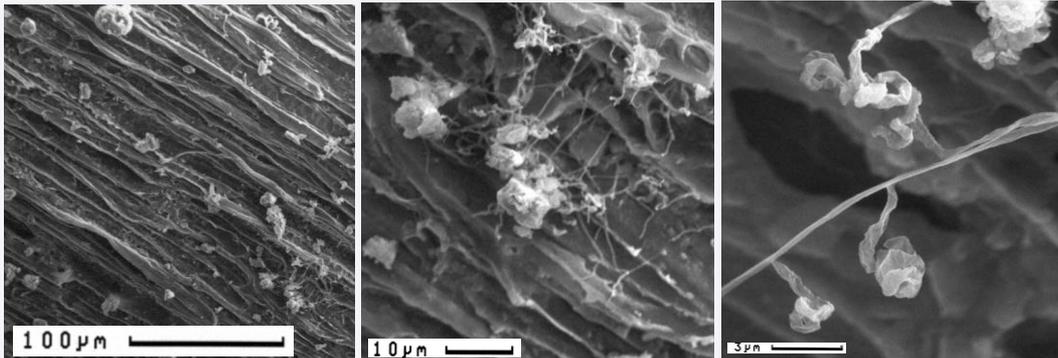


*Hydrophobe Blattoberfläche (oben) und Fluorescein-gefärbtes Porensystem (unten). Bildquellen: S. Enbom (oben) und eigene Aufnahme (unten).*

**!!! Rissbildung und Hydrophobisierung verändern den Wassertransport massiv !!!**

# Organische Bodensubstanz

- Lebende und tote organische Substanz
- Sehr heterogen
- Beeinflusst viele weitere Bodeneigenschaften
- Bodenbewirtschaftungsmaßnahmen verändern Aggregate und Aggregatdynamik

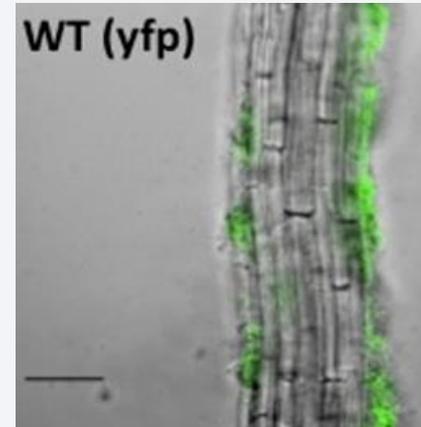


REM-Aufnahmen: Stroh und Pilze im Boden (eigene Aufnahmen)

**!!! Kohlenstoffspeicherfunktion an Aggregatdynamik gekoppelt !!!**

# Mikroorganismen gegen Bodendegradation?

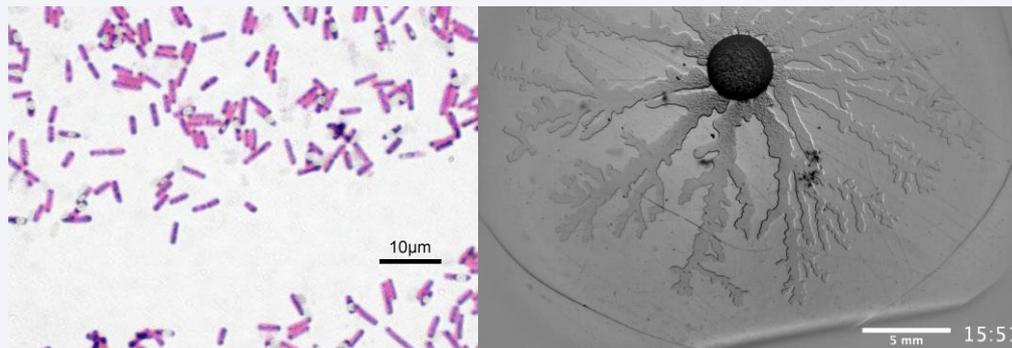
- lat. bacillus, Stäbchen; subtilis, fein, schlicht
- Länge 2 - 3  $\mu\text{m}$ , Dicke ca. 0,6  $\mu\text{m}$
- Rhizobakterium
- Auxinbildner
- Tensidbildner
- „Biological Agent“



*Bacillus subtilis* an Pflanzenwurzel (Beauregard et al. 2013)



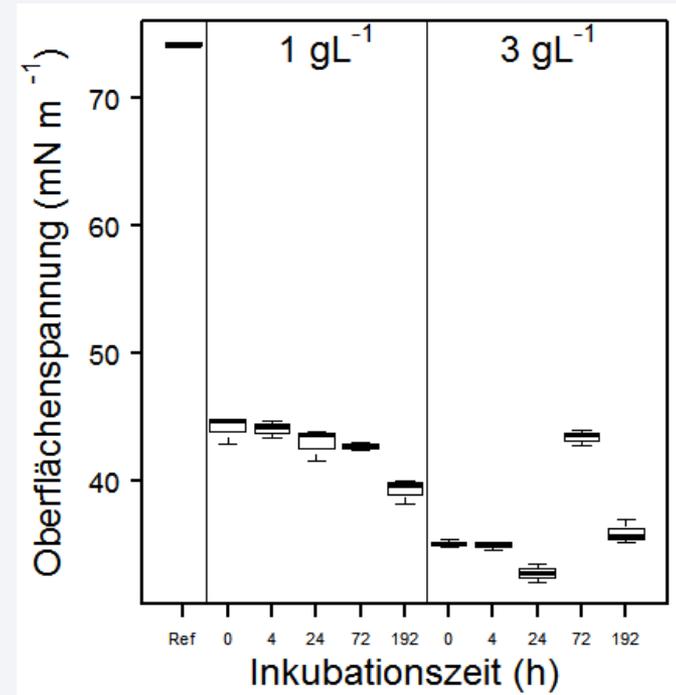
„Biologisches Pflanzenstärkungsmittel „Rhizo Plus“ (eigene Aufnahme).



Größe (links), Ausschwärmen und Tensidbildung (rechts) von *Bacillus subtilis* (Bildquelle: [Bacillus subtilis – Wikipedia](#)).

## Mikroorganismen gegen Bodendegradation?

- Destilliertes Wasser mit 1 oder 3 gL<sup>-1</sup> Rhizo Plus (≥ 10<sup>10</sup> Sporen g<sup>-1</sup> von *Bacillus subtilis*)
- 0,5 gL<sup>-1</sup> Hefeextrakt
- Unsterile Bedingungen → Keine Reinkultur
- Inkubation bei 20°C
- Messung der Oberflächenspannung zu definierten Zeitpunkten



*Oberflächenspannung wässriger Lösungen mit *Bacillus subtilis* nach definierten Zeiten (eigene Abbildung).*

**!!! Bessere Oberflächen-Benetzung durch Tensidbildung !!!**

# Humusmehrung: 4‰ Initiative und Biokohle

- **Ziel: „Konkrete Lösung für Klimawandel- und Ernährungssicherheits-Herausforderungen“ durch**
  - **Steigerung des Humusgehalts landwirtschaftlich-genutzter Böden um 4 ‰ pro Jahr**
  - **Realität: Weltweit sinkende oder konstante Gehalte trotz intensiver Bemühungen/Einträge**
  - **Biokohle: Kein Allheilmittel (Möller & Höper, 2014)**

**!!! Die Initiativen werden den Klimawandel nicht stoppen, können aber einen Beitrag leisten !!!**

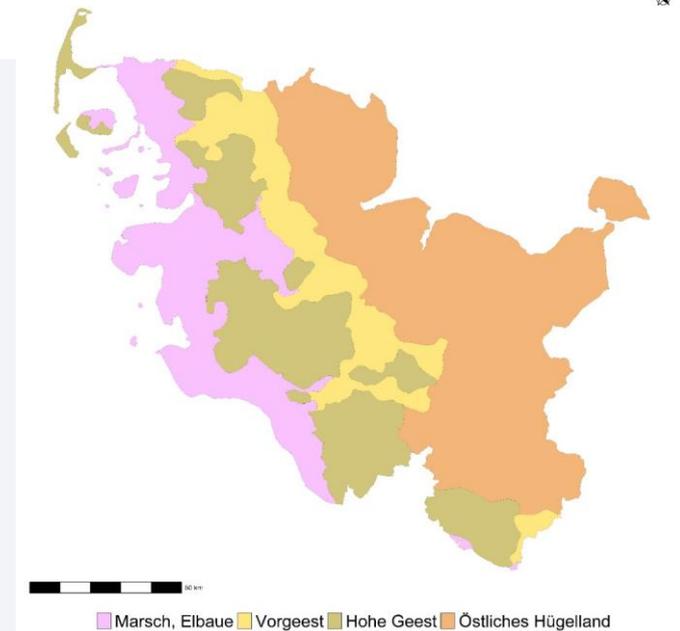
# Fazit: Klimawandel und Böden weltweit

- Klimawandel beeinflusst Bodenfunktionen massiv
- Intensität und Ausprägung dieser Beeinflussung nicht generalisierbar
  - Verbesserungen von Bodenfunktionen möglich
  - Verschlechterung von Bodenfunktionen wird voraussichtlich überwiegen
- Humusmehrung als möglicher Weg um den Klimawandel abzumildern
- Aber: Bewirtschaftungsbedingte Kohlenstoffverluste

**!!! Aktuell laufende Anstrengungen/Initiativen nicht ausreichend um die weltweit stattfindende (klimawandelbedingte) Bodendegeneration zu stoppen !!!**

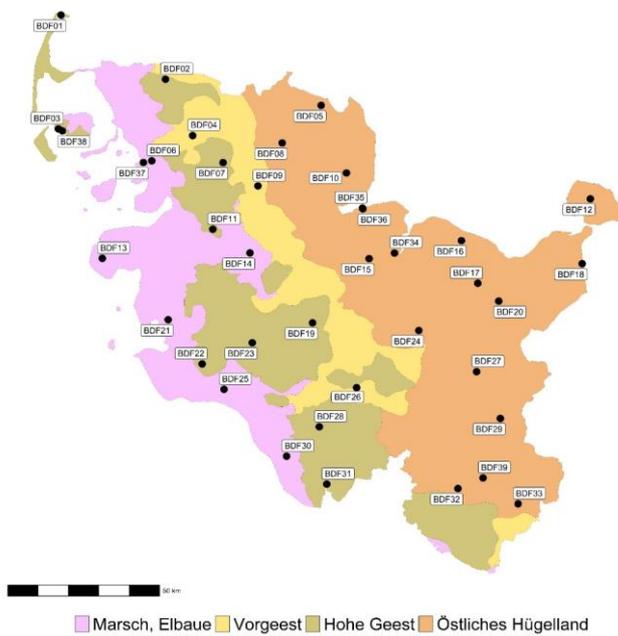
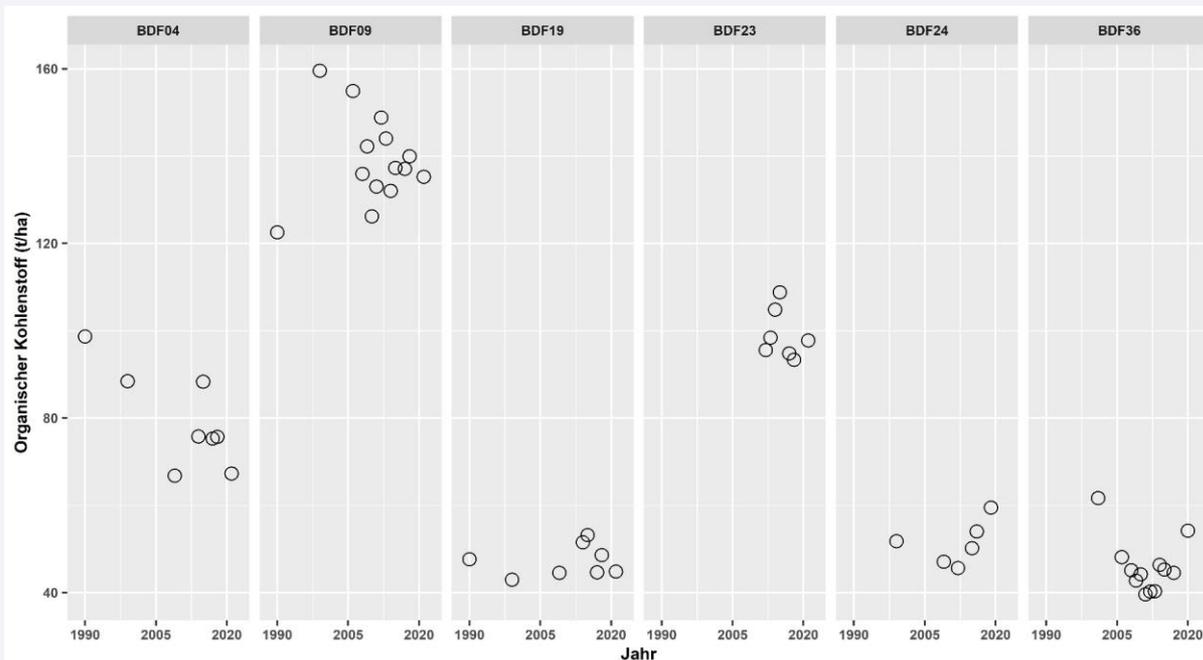
# Klimawandel und Böden in Schleswig-Holstein

- Einfluss der letzten Eiszeiten in S.-H.
- Eiszeiten:
  - 130.000 – 250.000 Jahre vor heute (Saale-Kaltzeit)
  - 12.000 – 120.000 Jahre vor heute (Weichsel-Kaltzeit)
- 12.000 Jahre bis heute: Meeresspiegelanstieg (38 m)
- Torfbildung
- Setzung, Sackung und Torfschwund durch Eindeichung, Entwässerung und sonstige Bewirtschaftungsmaßnahmen



*Hauptnaturräume in Schleswig-Holstein.  
Datenquelle: LLUR (2016).*

# Boden-Dauerbeobachtung in Schleswig-Holstein



*Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Schleswig-Holstein. Datenquelle: LLUR (2016).*

*Kohlenstoffvorräte der sandigen Ackerböden (0 – 0.3 m) der Boden-Dauerbeobachtung Schleswig-Holstein.*

**!!! Keine relevanten Kohlenstoffvorratsänderungen !!!**

**!!! Potenziale organischer Böden nutzen (Wiermann und Fey (2023))!!!**

# (An-)Moorkulisse in Schleswig-Holstein: Kein Moor



*Totaler Moorverlust nach mehrjähriger Ackernutzung. Foto: M. Filipinski.*

# (An-)Moorkulisse in Schleswig-Holstein: Impressionen



*Jährliche Situation nach der Maisernte in Moorböden. Foto: M. Filipinski.*

# (An-)Moorkulisse in Schleswig-Holstein: Gefügebildung - Trockenrisse



*Trockenrisse und vertrocknete Pflanzen im Moor. Foto: M. Filipinski.*

# (An-)Moorkulisse in Schleswig-Holstein: Moordegradation: Hydrophobie und Trockenrisse



*Hydrophober Oberboden und Schrumpfrisse im degradierten Niedermoor. Foto: M. Filipinski.*

# (An-)Moorkulisse in Schleswig-Holstein: Trockenschäden



*Trockenschäden beim Maisanbau im Moor. Foto: M. Filipinski.*

# (An-)Moorkulisse in Schleswig-Holstein: Hintergrund

- **Schutz von Dauergrünland und humosen Böden**
- **Schicht von  $\geq 10$  cm und  $\geq 15$  % Humus**
- **Umbruchverbot**
- **Räumliche Verteilung: Bis zu 100 Jahre alte Kartierung. Annahme: 1 m Torfschwund**
- **Gründe für die Begutachtung**
  - Umwandlung von Grünland zu Ackerland
  - Narbenerneuerung
  - Ordnungswidrigkeit

## Diskussion Moorkulisse

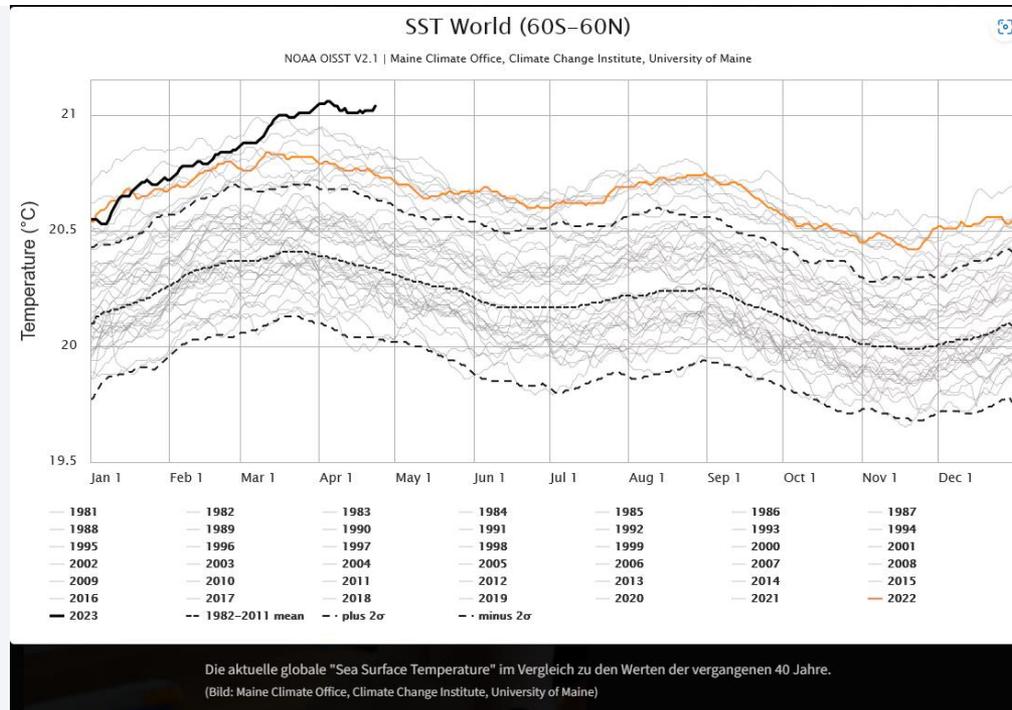


*Kleimarsch über Niedermoor (links) vs. Anmoorgley (rechts). Foto: M. Filipinski.*

# Fazit: Klimawandel in Schleswig-Holstein

- Einfluss des Klimawandels spürbar in den Hauptnaturräumen in S.-H.
- Massiver Torfschwund auch in S.-H.
- Auswirkung oft Bewirtschaftungsbedingt, aber durch Klimawandel verstärkt
- Natürliche Bodenfunktionen erhalten, organische Böden im besonders schutzbedürftig!

# Schleswig-Holstein: „Das Land zwischen den Meeren“



Mittlere Meeres-Oberflächentemperatur. Quelle: <https://www.heise.de/news/Klimawandel-Aktueller-Anstieg-der-Meerestemperatur-macht-Sorgen-8978217.html>

**!!! Es bleibt spannend !!!**

**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!**

## Literatur

Beauregard, P.B., Chai, Y., Vlamakis, H., Losick, R. und R. Kolter (2013): *Bacillus subtilis* biofilm induction by plant polysaccharides. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2013 Apr 23;110(17):E1621-30. doi: 10.1073/pnas.1218984110. Epub 2013 Apr 8. PMID: 23569226; PMCID: PMC3637697.

Clothier, B.E., Green, S.R. und M. Deurer (2007): Preferential flow and transport in soil: progress and prognosis. *European Journal of Soil Science*, February 2008, 59, 2–13. DOI: 10.1111/j.1365-2389.2007.00991.x

Haas, C. und R. Horn (2018): Impact of Small-Scaled Differences in Micro-Aggregation on Physico-Chemical Parameters of Macroscopic Biopore Walls. *Frontiers in Environmental Science* 6, 90. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00090>

Möller, A. und H. Höper (2014): Bewertung des Einsatzes von Biokohle in der Landwirtschaft aus Sicht des Bodenschutzes. *Geobericht* 29. DOI: 10.48476/geober\_29\_2014.

Wiermann, C. und R.-M. Fey (2023): Humusgehalt landwirtschaftlich genutzter Böden in Schleswig Holstein und deren zukünftiges Kohlenstoffspeicherpotenzial.

Enbom, Staffan, from Finland - Flickr.com - image description page, CC BY 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=344747>