

Böden im Klimawandel

Dr. Christoph Haas

Dezernat 62 Boden

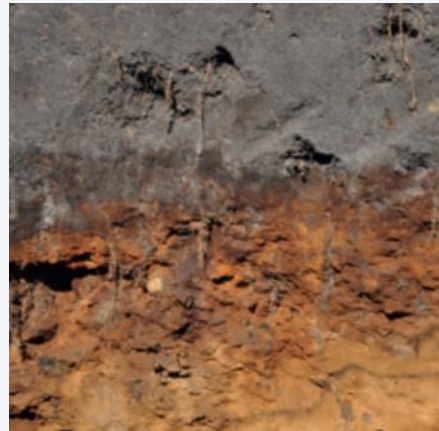
Landesamt für Umwelt des Landes Schleswig-Holstein

Agenda

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

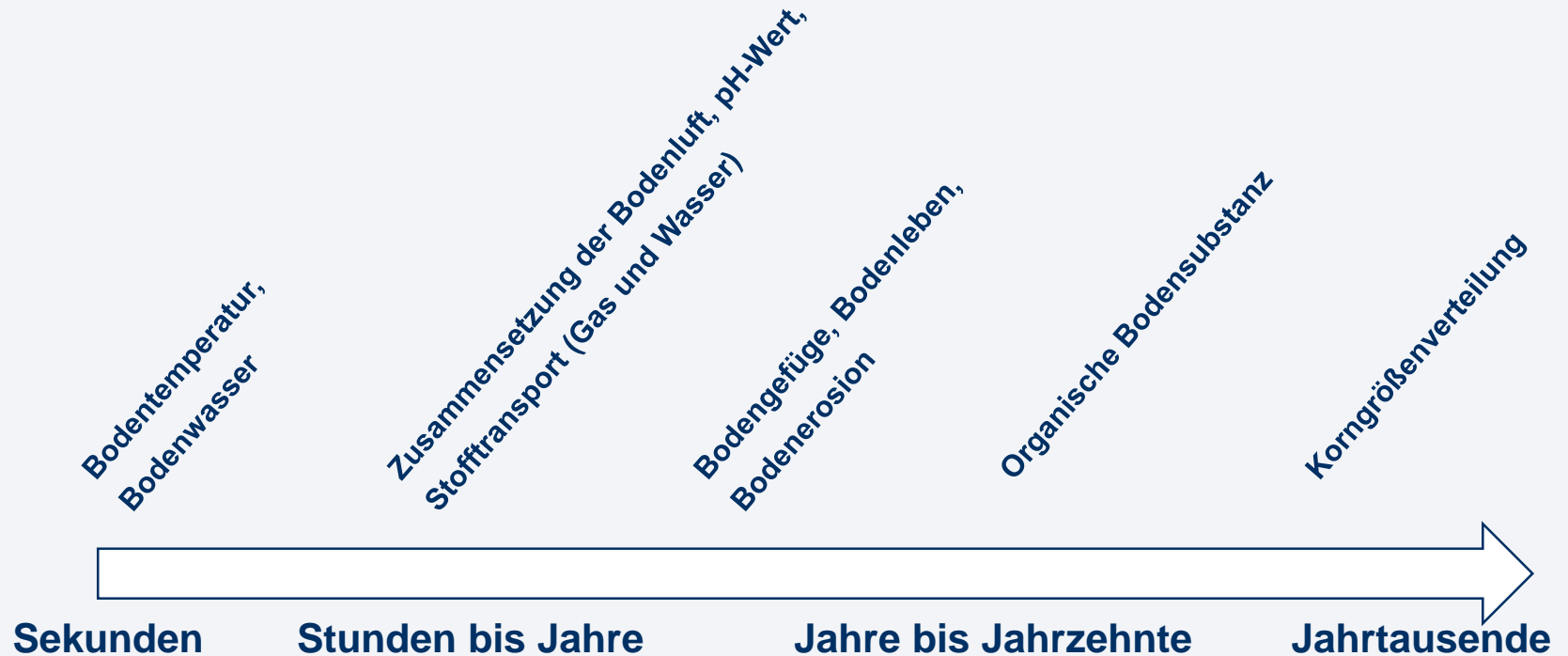
Definition: Boden

- „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
- CO₂-Senke und Quelle
- Bodenbildende Faktoren: Ausgangsgestein, Vegetation, Klima, Bewirtschaftung, Zeit



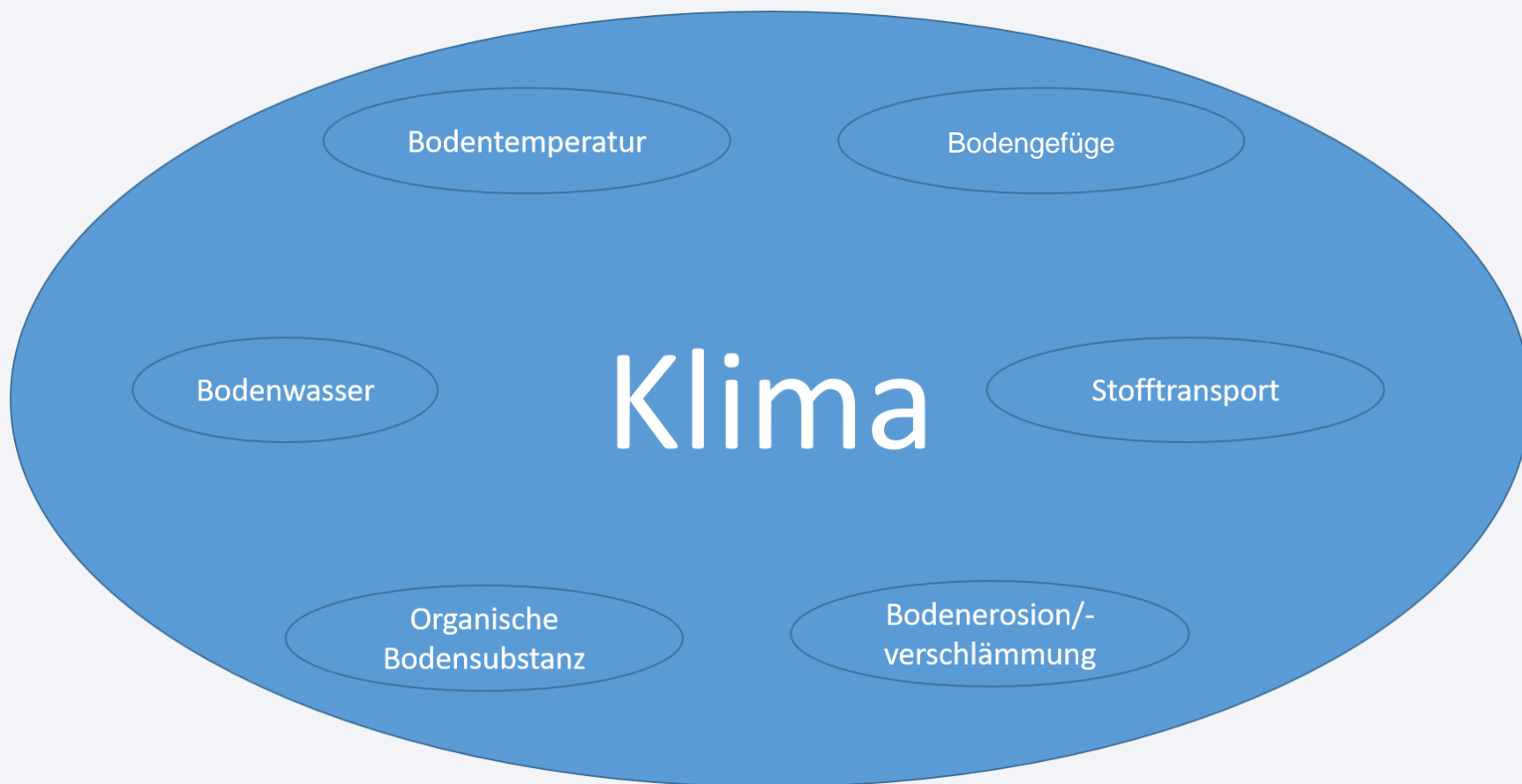
Vielfalt Boden: Rohmarsch, Podsol, Stauwasserboden und Kalkmarsch (Fotos: M. Filipinski)

Einfluss des Klimas auf Böden: Zeitliche Dimension



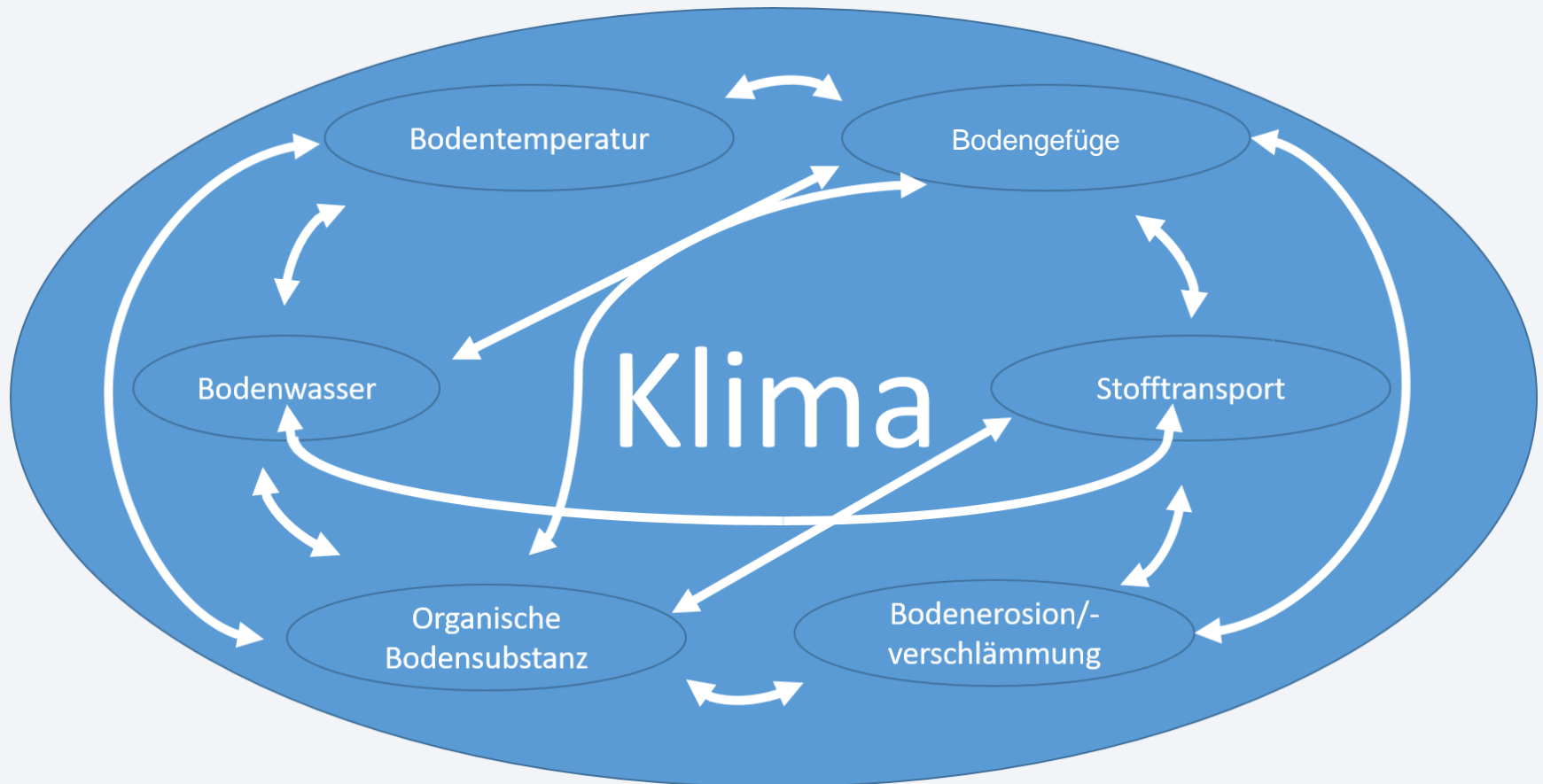
Zeitliche Dimension des Klimas auf ausgewählte Bodenparameter

Einfluss des Klimas auf Böden



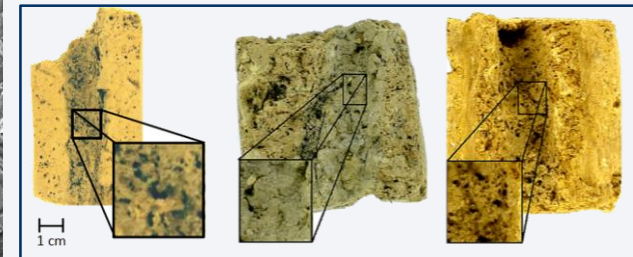
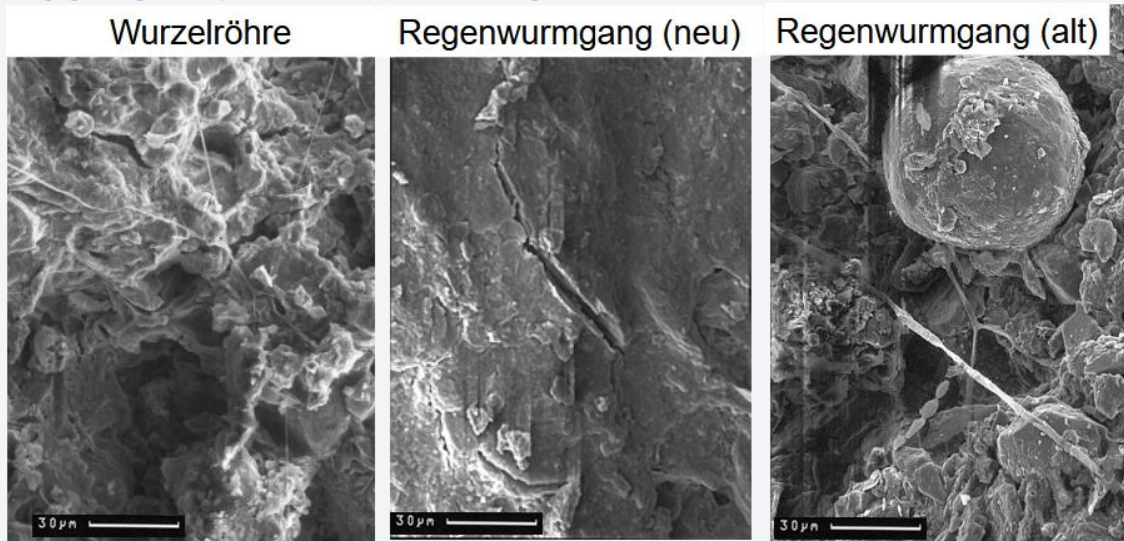
Klimabeeinflusste Bodenparameter und Bodenprozesse

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**

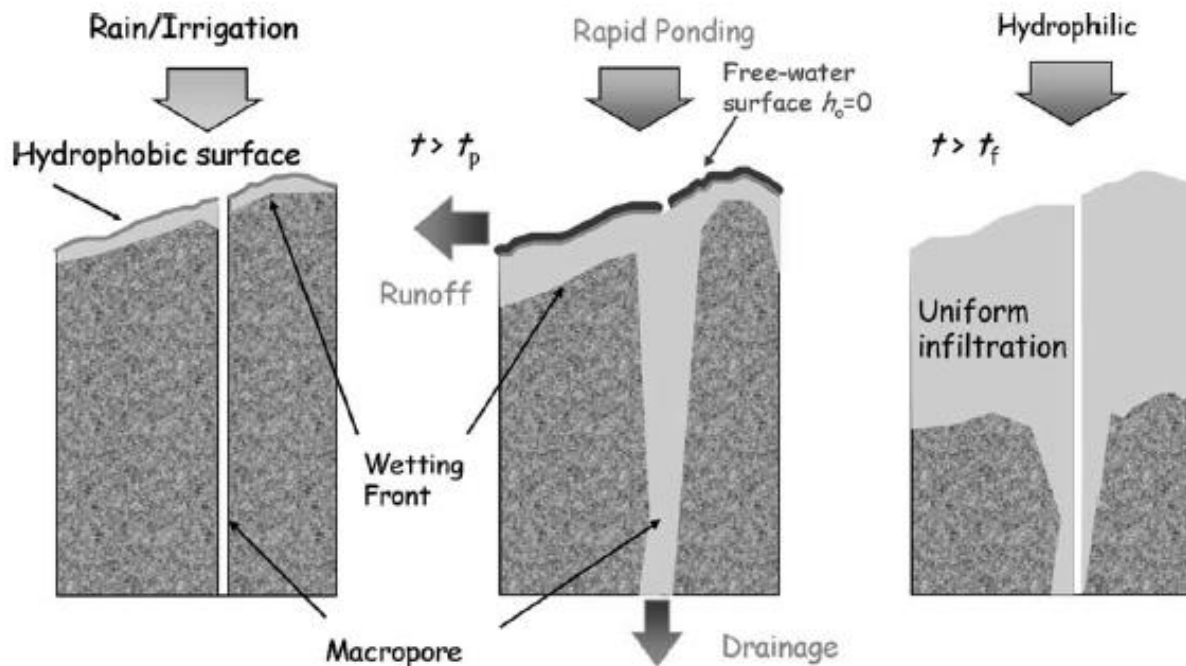


Fotos der Makroporenoberflächen (Haas & Horn, 2018).

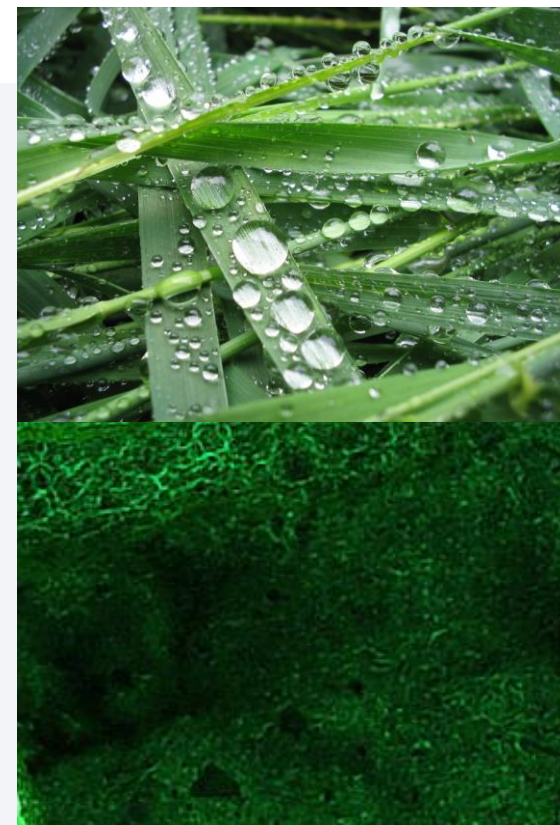
Rasterelektronenmikroskopische (REM) Aufnahmen von Makroporenoberflächen (Haas & Horn, 2018).

!!! 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).

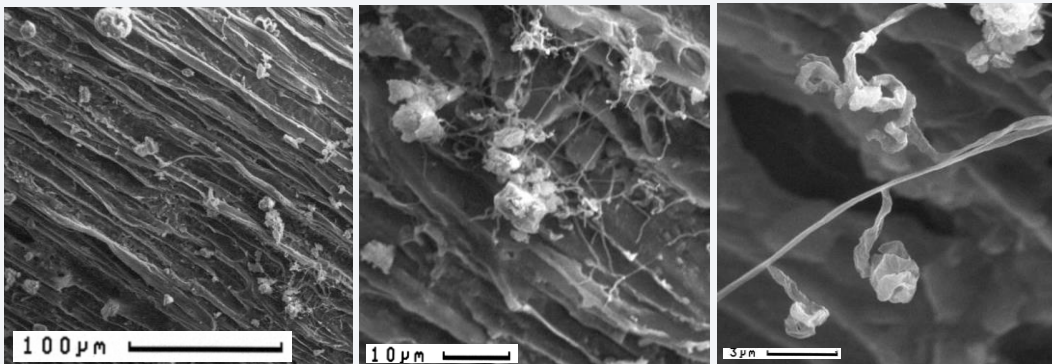


Hydrophobe Blattoberfläche (oben) und Fluorescein-gefärbtes Porensystem (unten). Bildquellen: S. Enbom (oben) und eigene Aufnahme (unten).

!!! 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

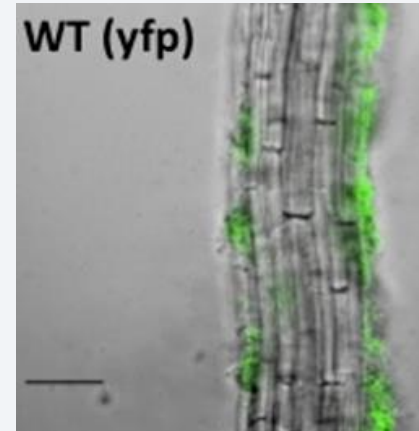


REM-Aufnahmen: Stroh und Pilze im Boden (eigene Aufnahmen)

!!! Kohlenstoffspeicherfunktion an Aggregatdynamik gekoppelt !!!

Mikroorganismen gegen Bodendegradation?

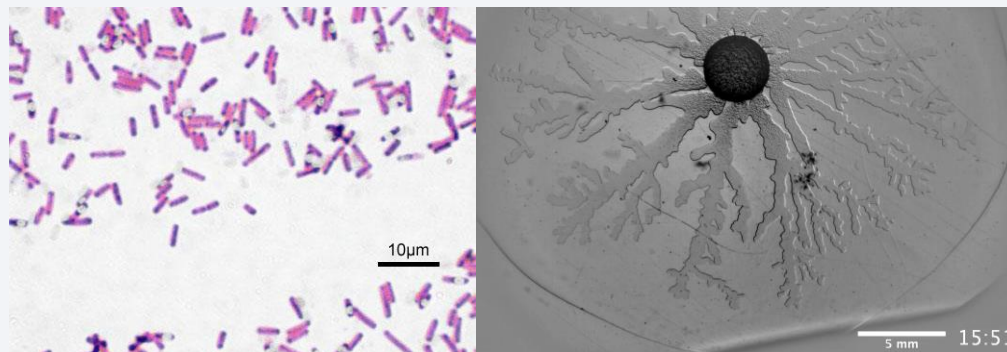
- lat. bacillus, Stäbchen; subtilis, fein, schlicht
- Länge 2 - 3 μm , Dicke ca. 0,6 μm
- Rhizobakterium
- Auxinbildner
- Tensidbildner
- „Biological Agent“



Bacillus subtilis an Pflanzenwurzel (Beauregard et al. 2013)



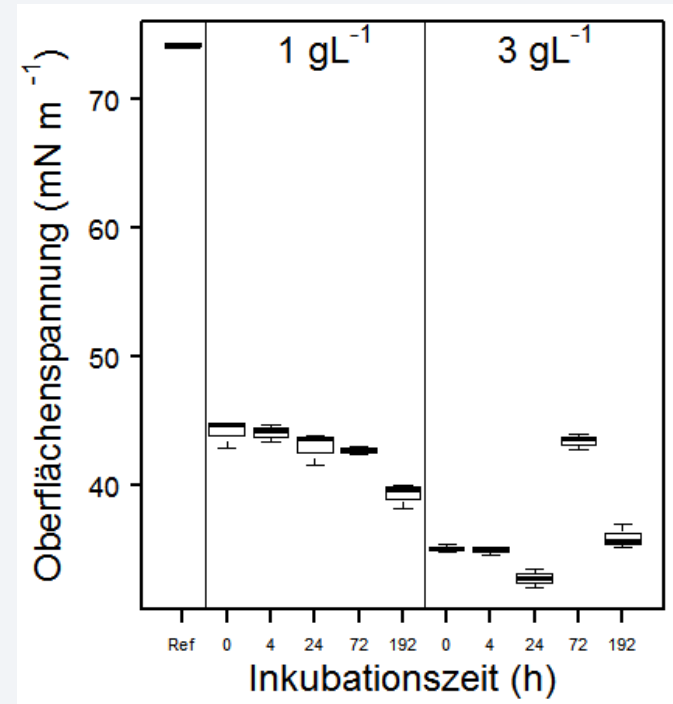
„Biologisches Pflanzenstärkungsmittel „Rhizo Plus“ (eigene Aufnahme).



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

Mikroorganismen gegen Bodendegradation?

- Destilliertes Wasser mit 1 oder 3 gL⁻¹ Rhizo Plus (≥ 10¹⁰ Sporen g⁻¹ von *Bacillus subtilis*)
- 0,5 gL⁻¹ 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 !!!

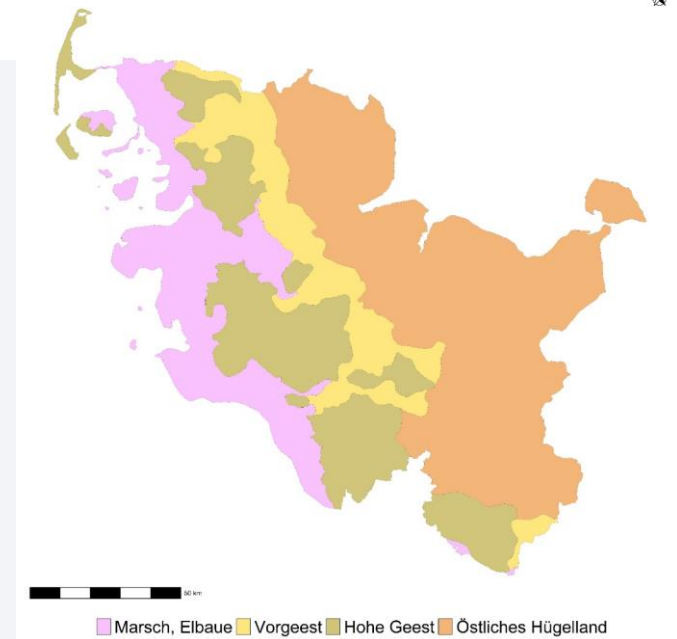
Fazit: Klimawandel und Böden weltweit

- **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 !!!

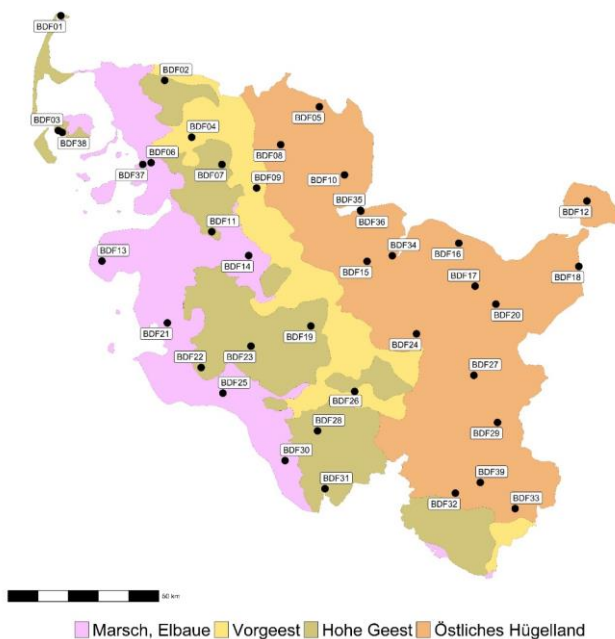
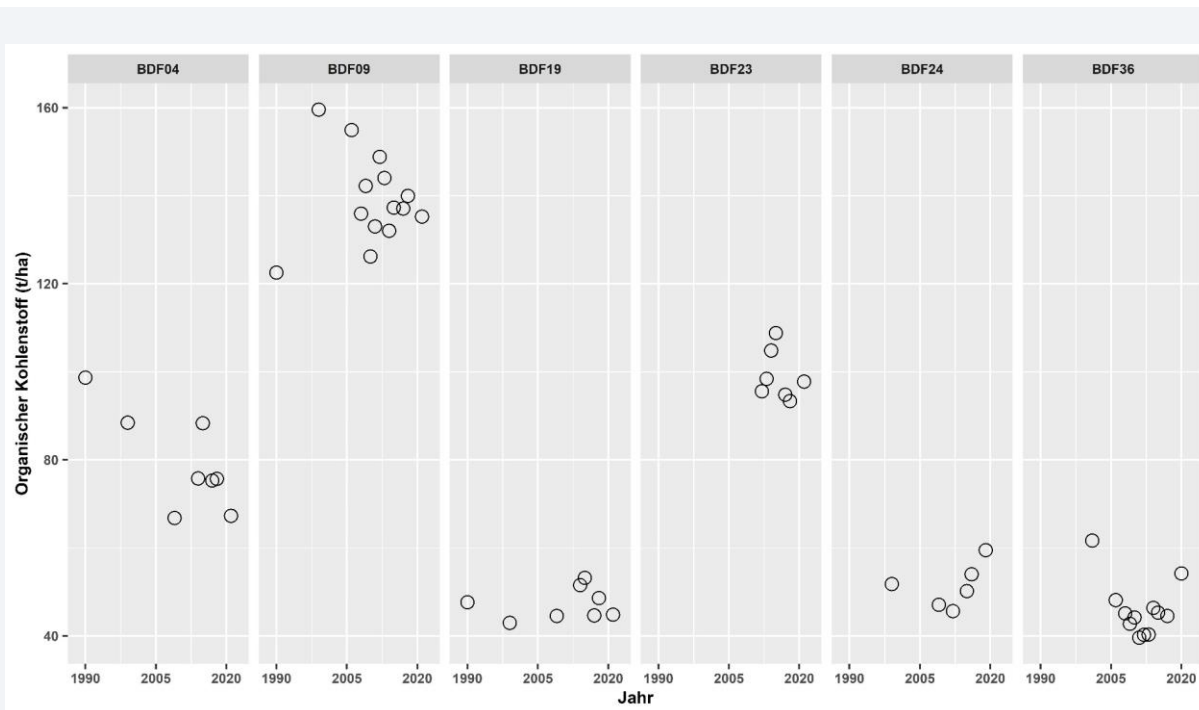
Klimawandel und Böden in Schleswig-Holstein

- 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



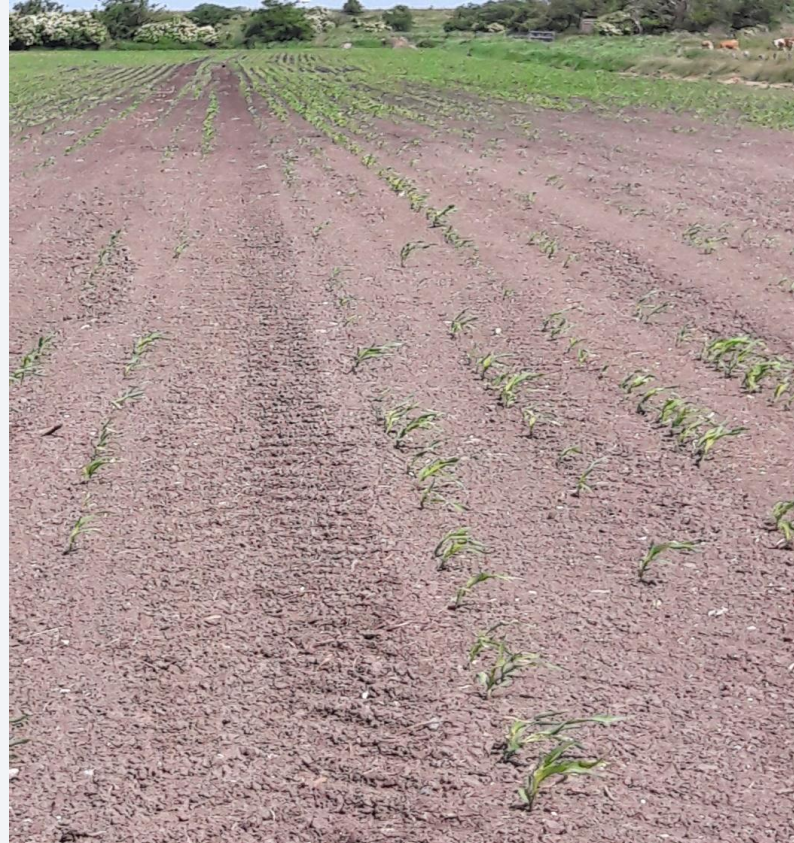
Trockenrisse und vertrocknete Pflanzen im Moor. Foto: M. Filipinski.

(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 ≥ 10 cm und ≥ 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

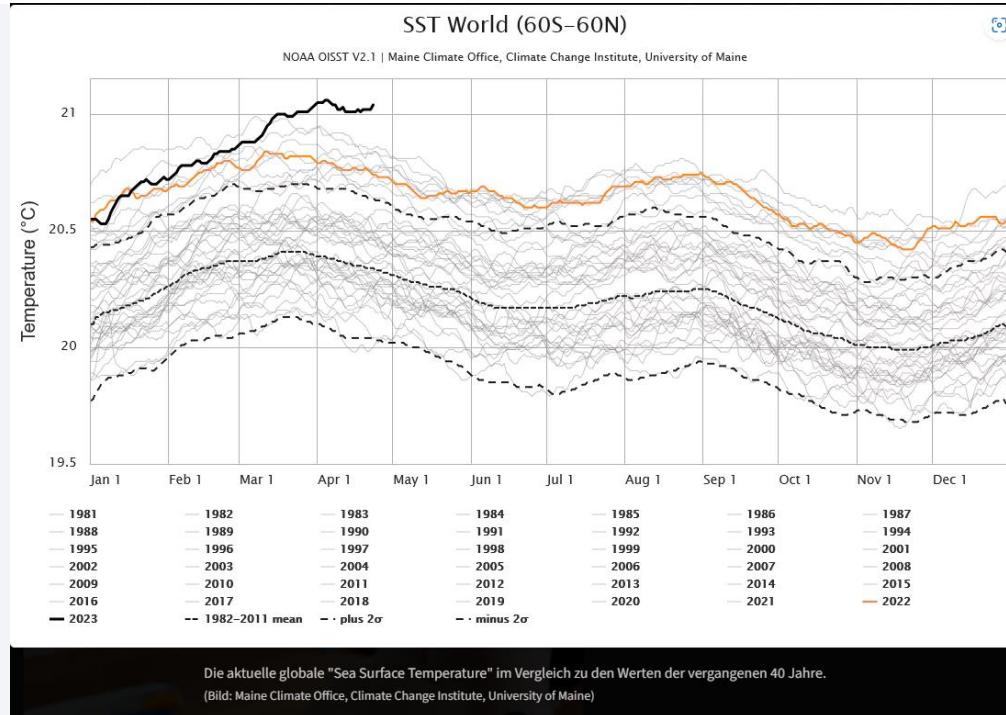


Kleimarsch über Niedermoor (links) vs. Anmoorgley (rechts). Foto: M. Filipinski.

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>