

# Moorböden und Klimaschutz

Bärbel Tiemeyer · Sonia Antonazzo · Christian Brümmer · Ullrich Dettmann · Dominik Düvel · Stefan Frank · Wiltrut Koppensteiner · Philipp Köwitsch · Sebastian Heller · Willi Oehmke · Jan Oestmann · Liv Offermanns · Carla Welpelo · Mareille Wittnebel · Arndt Piayda · Moorgruppe am Thünen-Institut für Agrarklimaschutz



07.09.2023

[baerbel.tiemeyer@thuenen.de](mailto:baerbel.tiemeyer@thuenen.de)  
[@ThuenenPeat](https://www.instagram.com/ThuenenPeat)

Thünen Kolloquium

# Themen

- Warum sind Moorböden so wichtig für den Klimaschutz?  
*(und warum sind nicht alle Moorböden gleich)*
- Was kann man tun?  
*(und was trotz allen Schwierigkeiten Hoffnung macht)*
- Was macht das Thünen Institut?  
*(Ergebnisse von und Ausblick auf einige Projekte)*

# Konserviert für die Ewigkeit

*(oder zumindest für mehr als 2000 Jahre)*



*(Foto: Sven Rosborn,  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/  
File:Tollundmanner.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tollundmanner.jpg))*

# Was sind Moore? Und was sind Torfe?



- Torf: über Jahrtausende und wassergesättigten Bedingungen im Ökosystem Moor abgelagertes Pflanzenmaterial
- Wasserversorgung durch Niederschlag (Hochmoore) oder zusätzlich durch Grund- und/oder Oberflächenwasser (Niedermoore)
- häufig sauer und nährstoffarm, aber es gibt auch Kalkmoore!
- Gehalt an organischer Bodensubstanz: 30 bis  $\approx 100$  %

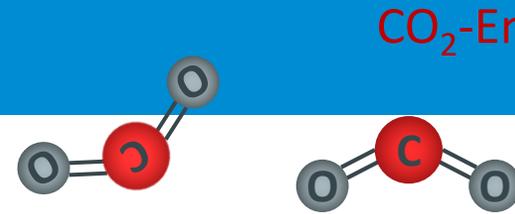
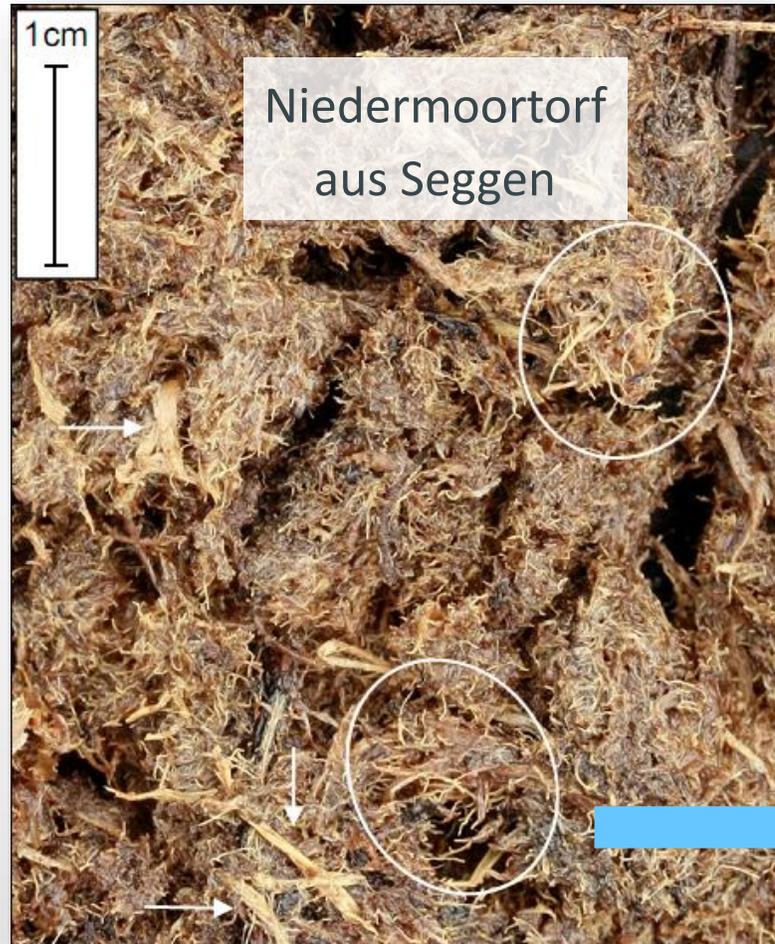
(Fotos: B. Tiemeyer)

# Torfbildung = Kohlenstoffspeicherung



(Fotos: Luthardt et al. (2015): Steckbriefe Moorsubstrate, <https://doi.org/10.23689/fidgeo-3724>)

# Entwässerung = CO<sub>2</sub>-Freisetzung

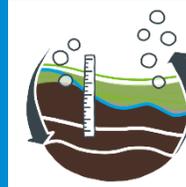


↓ Absenkung der Geländeoberfläche

Veränderung der Bodeneigenschaften

(Fotos: Luthardt et al. (2015): Steckbriefe Moorsubstrate, <https://doi.org/10.23689/fidgeo-3724>)

# Organische Böden in Deutschland



Moorbodenmonitoring  
für den Klimaschutz



## Aktualisierte Kulisse organischer Böden in Deutschland

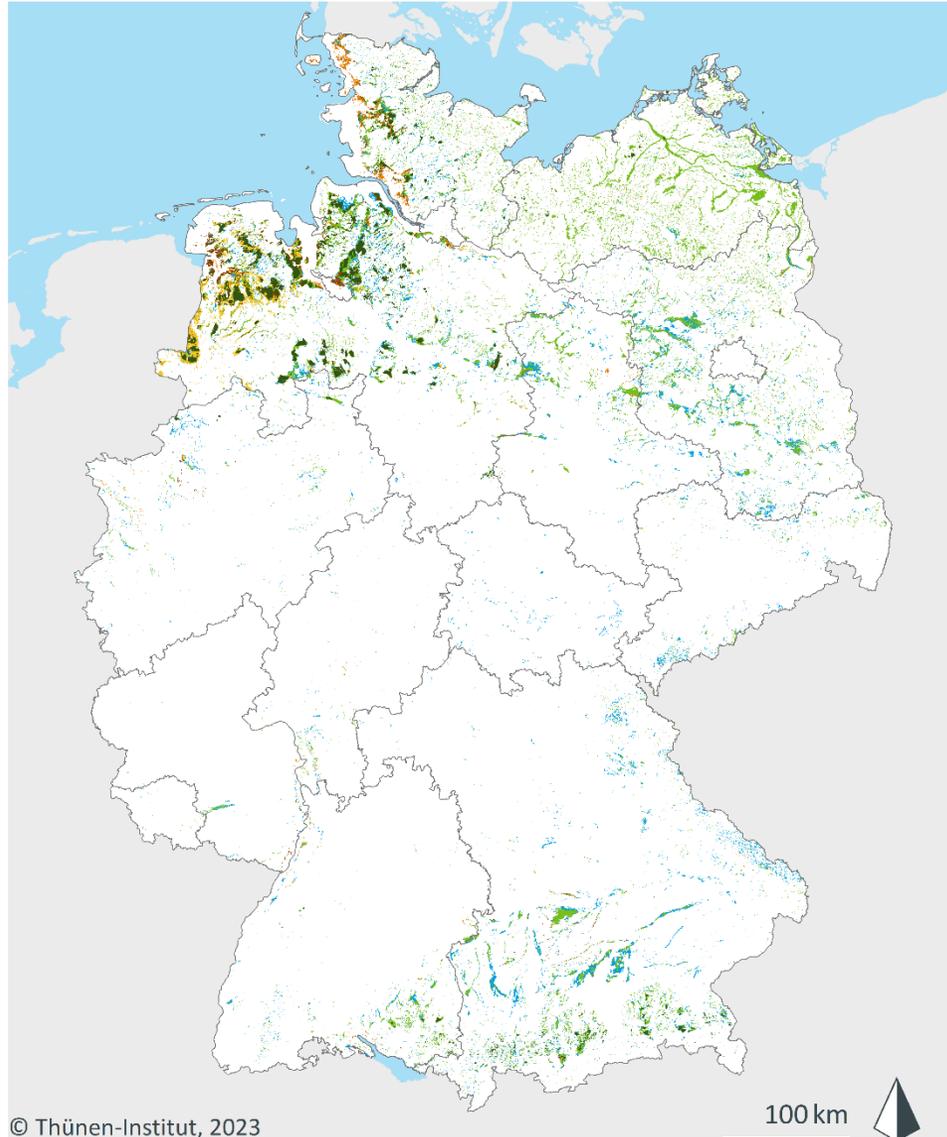
Version 1.0, Stand Datenakquise: 12/2022

### Kategorien organischer Böden

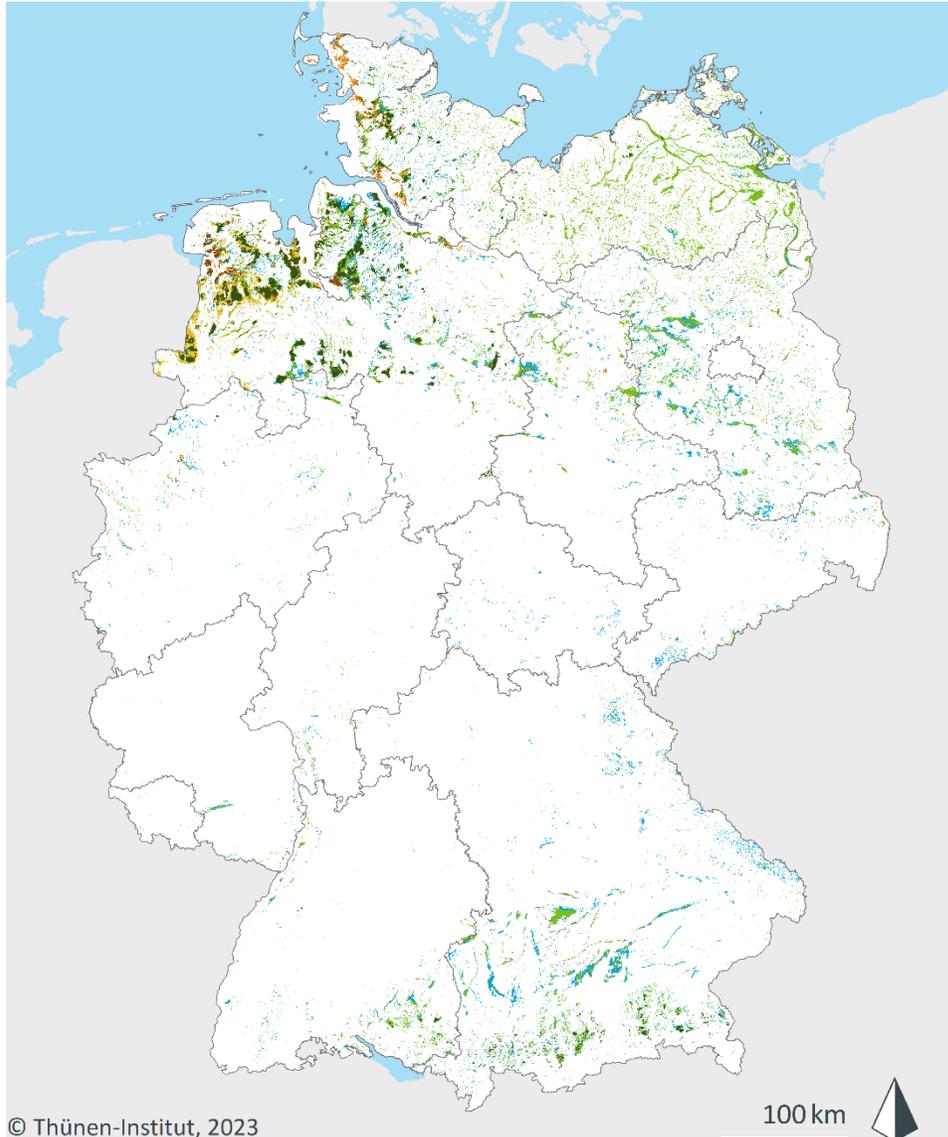
-  Niedermoorboden
-  Hochmoorboden
-  Moorfolgeboden
-  flach überdeckter Moorboden
-  mächtig überdeckter Moorboden
-  Tiefumbruchboden aus Moor

#### Datenquellen:

GeoBasis-DE / BKG (2022)  
Bayerisches Landesamt für Umwelt (2021)  
Bayerische Vermessungsverwaltung (2022)  
Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (2022)  
Umweltatlas Berlin / Moore - Mooregebiete (2015)  
Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (2022)  
Geologischer Dienst für Bremen (2016)  
Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft Hamburg (2016)  
Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2020)  
Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (2022)  
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen (2017)  
Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen (2021)  
Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (2019)  
Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz Saarland (2001)  
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2020, 2011)  
Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (2021)  
Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt (2014)  
Landesamt für Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (2022)  
ThüringerForst AöR, Forstliches Forschungs- und Kompetenzzentrum Gotha (2022)  
Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (1996-1974)



# Organische Böden in Deutschland



## Aktualisierte Kulisse organischer Böden in Deutschland

Version 1.0, Stand Datenakquise: 12/2022

### Kategorien organischer Böden

-  Niedermoorboden
-  Hochmoorboden
-  Moorfolgeboden
-  flach überdeckter Moorboden
-  mächtig überdeckter Moorboden
-  Tiefumbruchboden aus Moor

#### Datenquellen:

GeoBasis-DE / BKG (2022)  
Bayerisches Landesamt für Umwelt (2021)  
Bayerische Vermessungsverwaltung (2022)  
Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (2022)  
Umweltatlas Berlin / Moore - Mooregebiete (2015)  
Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (2022)  
Geologischer Dienst für Bremen (2016)  
Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft Hamburg (2016)  
Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2020)  
Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (2022)  
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen (2017)  
Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen (2021)  
Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (2019)  
Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz Saarland (2001)  
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2020, 2011)  
Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (2021)  
Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt (2014)  
Landesamt für Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (2022)  
ThüringenForst AöR, Forstliches Forschungs- und Kompetenzzentrum Gotha (2022)  
Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (1996-1974)



Wittnebel et al. (2023): TWP 212  
<https://doi.org/10.3220/WP1683180852000>

Fotos: MoMoK-Team

# Weitere Probleme durch Entwässerung

- Verlust an Biodiversität
- Geländehöhenverluste → Infrastrukturschäden, steigende Hochwassergefahr
- Verschlechterte Bodeneigenschaften (z.B. Hydrophobizität) und Erosion
- Probleme Wasserqualität (Stickstoff, gelöster organischer Kohlenstoff)
- Moorbrände



Foto: B. Tiemeyer



Foto: B. Tiemeyer



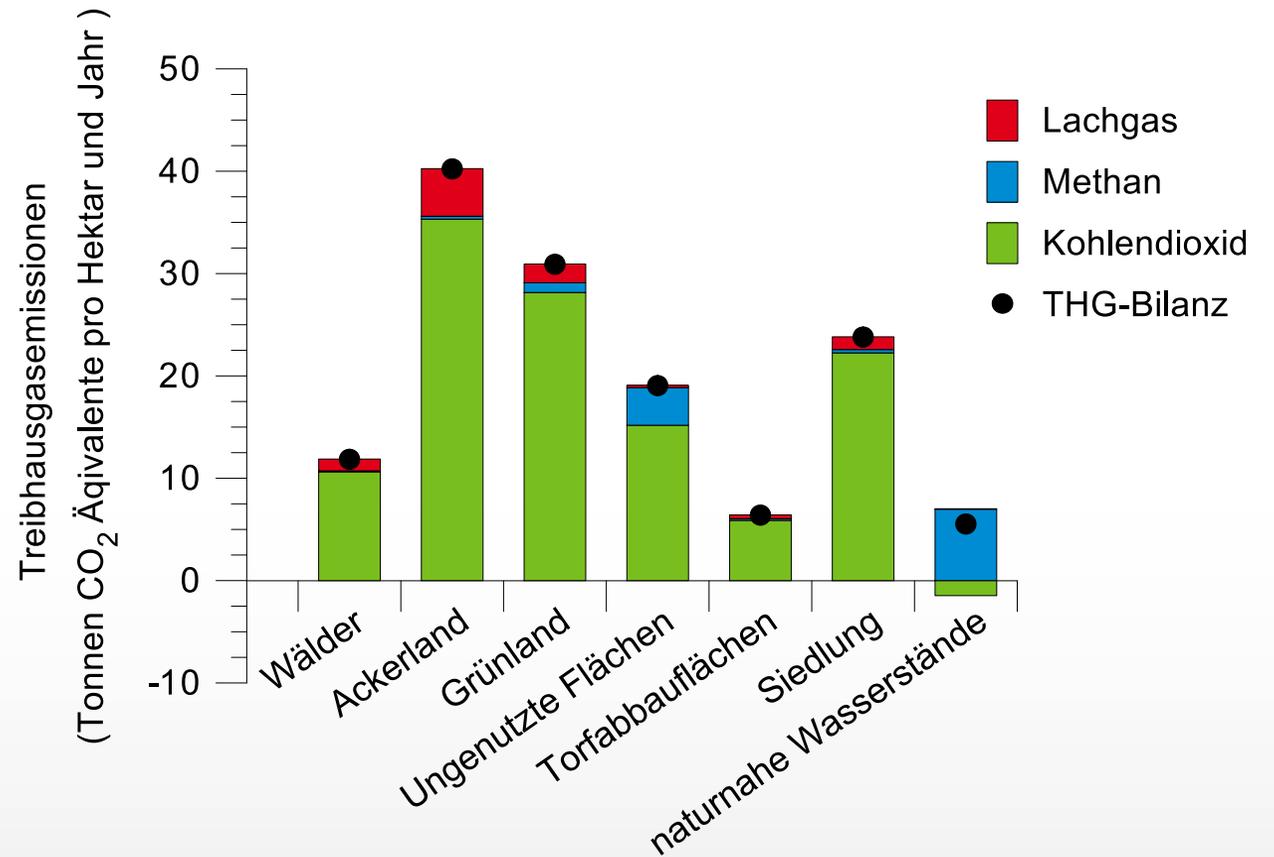
Foto: B. Tiemeyer

Foto Moorbrand: <https://www.shz.de/deutschland-welt/panorama/moorbrand-bei-meppen-laut-bundeswehr-geloescht-id21299062.html>

# Die derzeitige Situation

A wide, flat green field under a blue sky with light clouds. A narrow canal runs along the right side of the field. In the foreground, there is a wooden fence post and some purple flowers. The field is mostly green, with some dry grass along the canal.

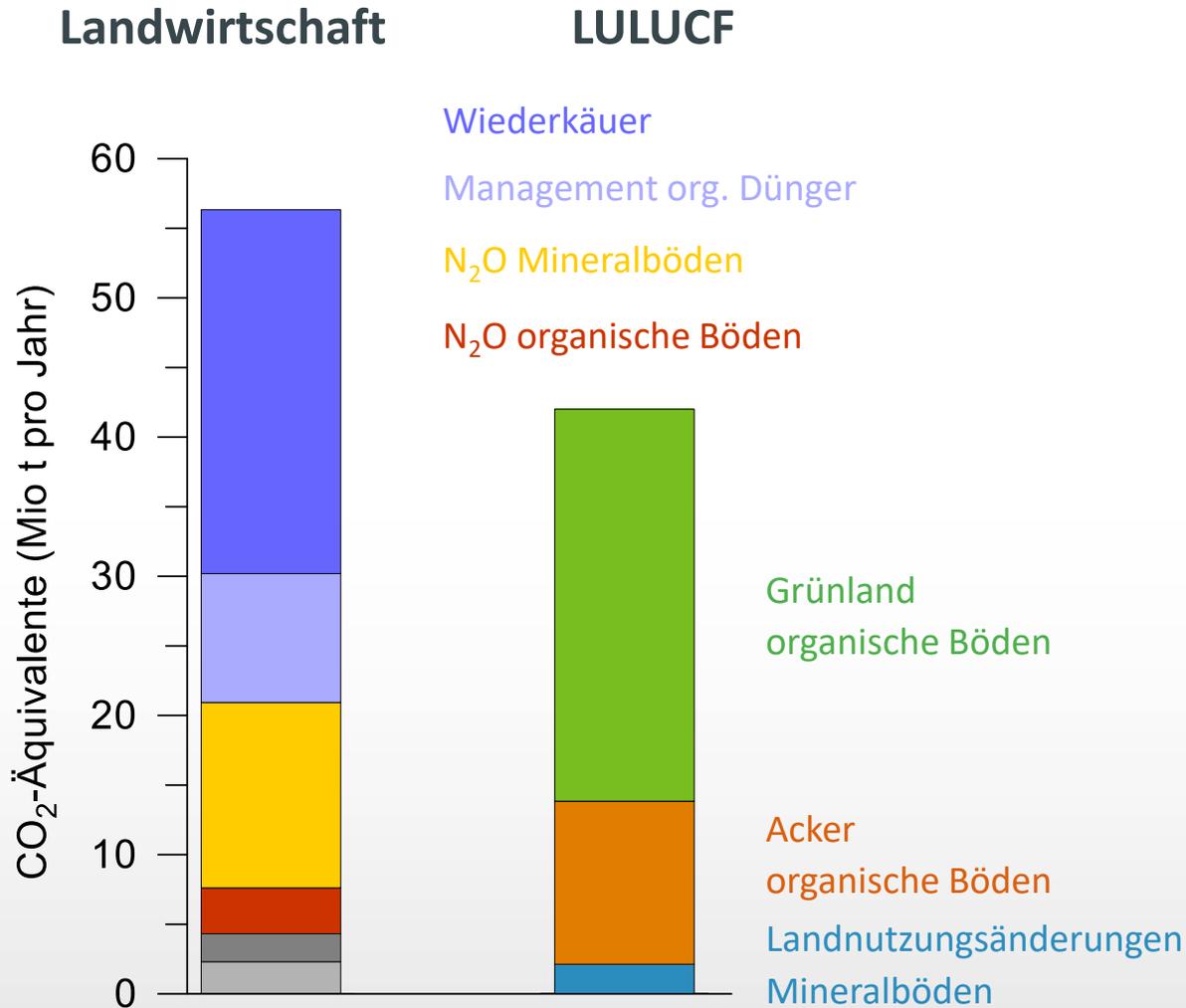
# Status quo Landnutzung und Emissionen entwässerter org. Böden



→ 7% der gesamten deutschen THG-Emissionen

(Landnutzungsverteilung und implizite Emissionsfaktoren aus Deutschem Inventarbericht 2023 (UBA, 2023) nach Tiemeyer et al. (2020), Wald nach IPCC (2014), vernässte Moore bisher nicht in der Berichterstattung enthalten, Fotos: B. Tiemeyer)

# Anteile an LWS und landwirtschaftlicher Bodennutzung



- Entwässerte organischen Böden machen 44 % der Emissionen aus dem Sektor Landwirtschaft sowie landwirtschaftliche genutzten Böden (Sektor LULUCF = Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft) aus.

# Minderungsziele

- Bund-Länder-Zielvereinbarung zum Klimaschutz durch Moorbodenschutz (2021):  
Minderung um 5 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq. a<sup>-1</sup> bis 2030
- Nationale Moorschutzstrategie (2022): Wie BL-Zielvereinbarung
- Diverse Strategien und Programme der Bundesländer
- Klimaschutzgesetz (2021): THG-Bilanz LULUCF: -25 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq. yr<sup>-1</sup> in 2030  
→ keine Differenzierung zwischen Verringerung der Emissionen aus org. Böden,  
Stärkung der Waldsenke und weiteren Maßnahmen
- EU-LULUCF-Verordnung (2023/839): -30,8 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq. yr<sup>-1</sup> in 2030



**Was kann man tun?**

*Foto: B. Tiemeyer*

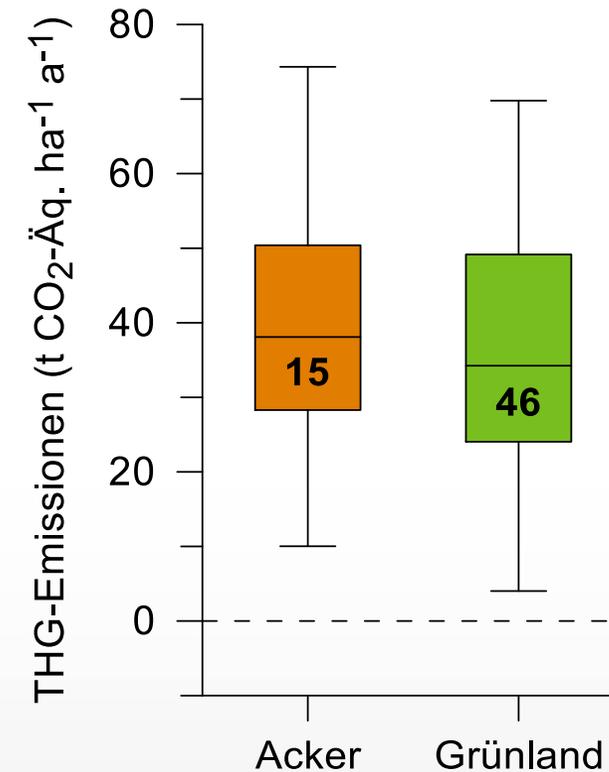
# Vorgeschlagene Minderungsmaßnahmen

## Bewirtschaftungsanpassung

- **Umwandlung von Acker in Grünland**
- Sandüberdeckung
- Grünlanderneuerung vermeiden

## Wasserstandsanhebung

- Wasserstandsanhebung durch Grabenstau
- Unterflurbewässerung
- Restaurierung
- Paludikulturen
- Vollvernässung + Moor-PV



Daten aus Tiemeyer et al. (2020): <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105838>  
Grünlandstandorte mit Wasserständen nasser 20 cm unter Flur nicht berücksichtigt,  
n = Anzahl der Messstandorte, größtenteils Mittelwerte mehrjähriger Messungen

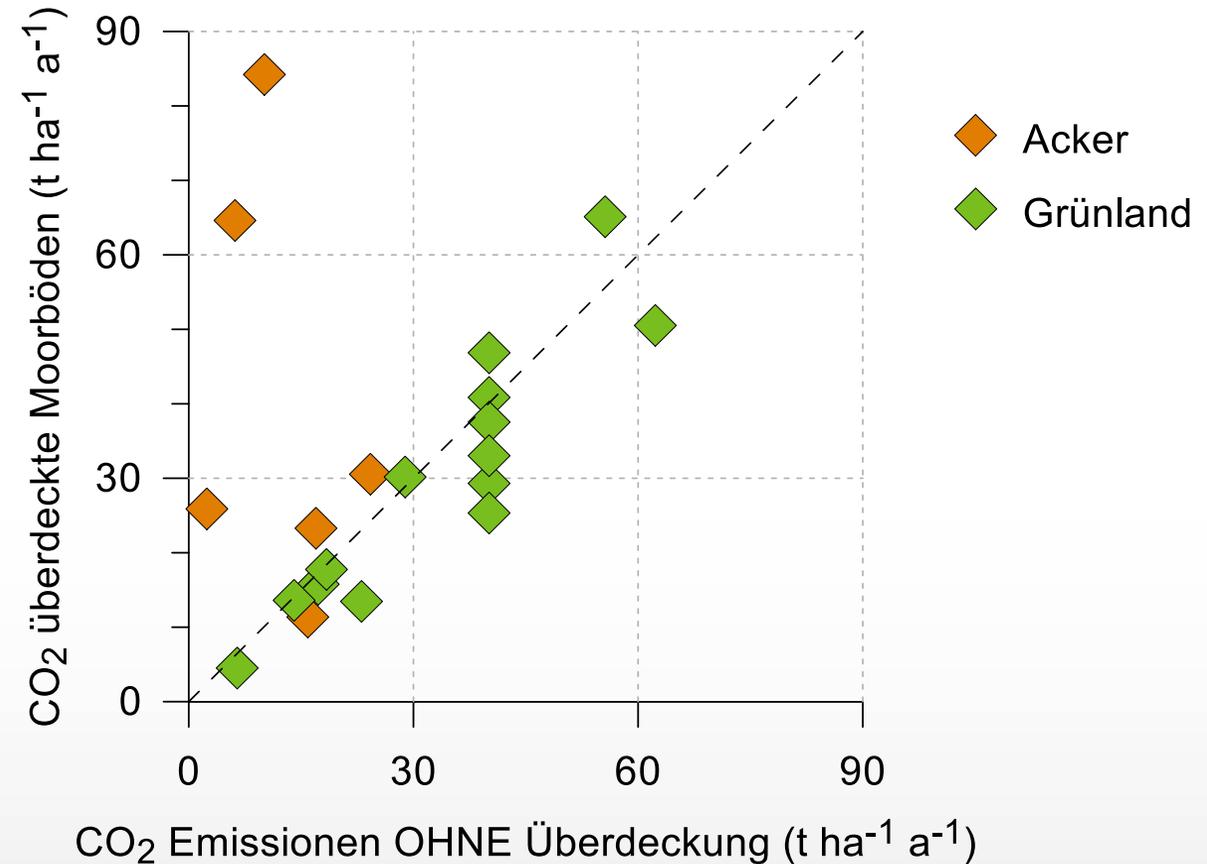
# Vorgeschlagene Minderungsmaßnahmen

## Bewirtschaftungsanpassung

- Umwandlung von Acker in Grünland
- **Sandüberdeckung**
- Grünlanderneuerung vermeiden



Fotos: B. Tiemeyer



Daten aus: Beyer (2014), Beyer et al. (2015), Tiemeyer et al. (2020), Paul et al. (2023), unveröffentlichte & vorläufige Daten Thünen-Institut

# Vorgeschlagene Minderungsmaßnahmen

## Bewirtschaftungsanpassung

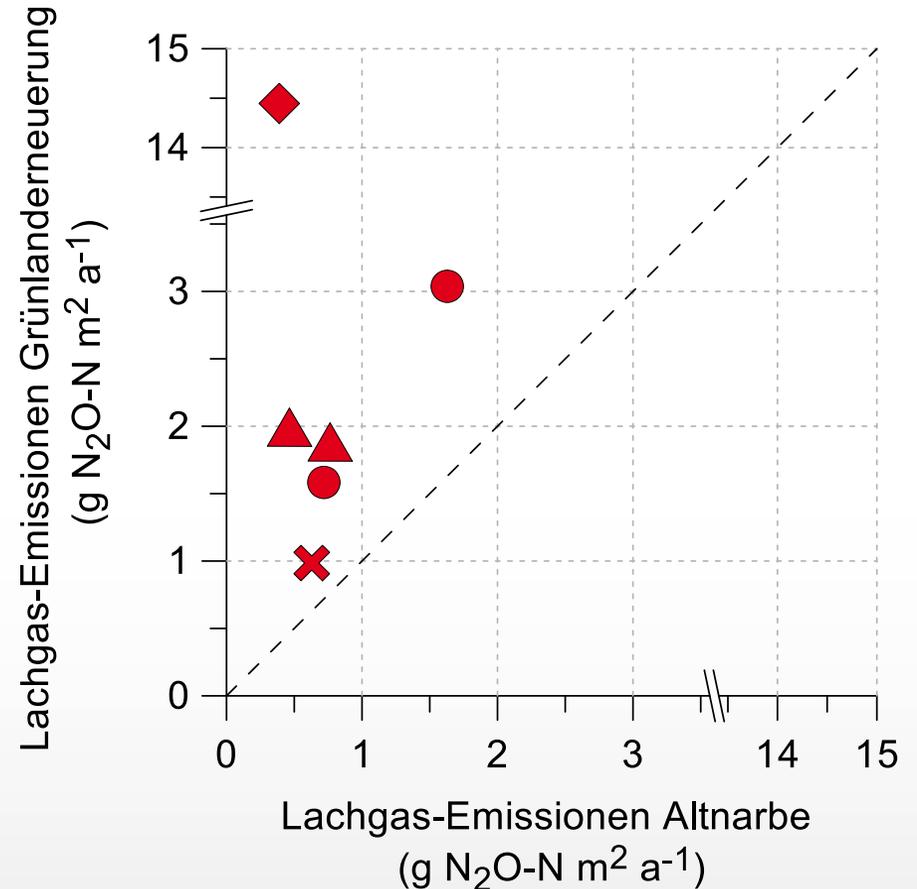
- Umwandlung von Acker in Grünland
- Sandüberdeckung
- **Grünlanderneuerung vermeiden**

*Jeweils erstes Jahr nach mechanischer Grünlanderneuerung  
(Intensivgrünland,  $\sim 250 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ), Daten aus:*

*Offermanns et al. (2023): <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109309>:  
Sehr hohe Lachgasemissionen durch Kombination aus Grünlanderneuerung,  
zunächst fehlendem Aufwuchs, Düngung und Wasserstandsanhhebung.*

*Buchen et al. (2017): <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.013>*

*Tiemeyer et al. (under review), unveröffentlichte & vorläufige Daten Thünen-  
Institut*



# Umgesetzte und vorgeschlagene Minderungsmaßnahmen

## Bewirtschaftungsanpassung

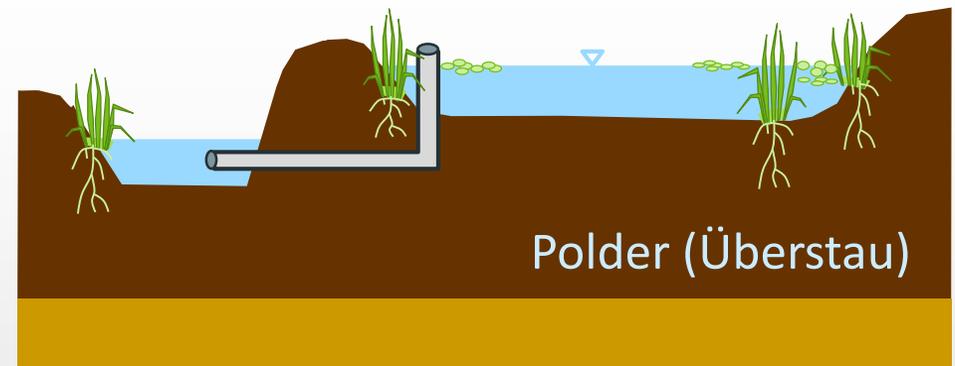
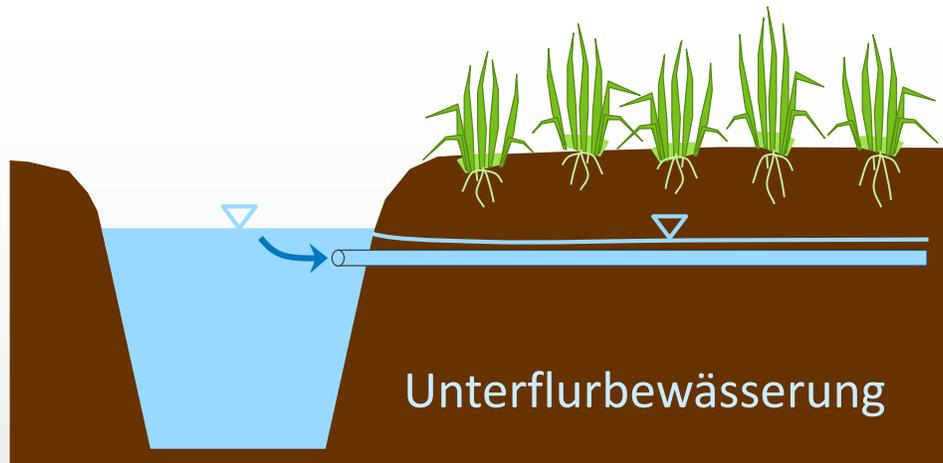
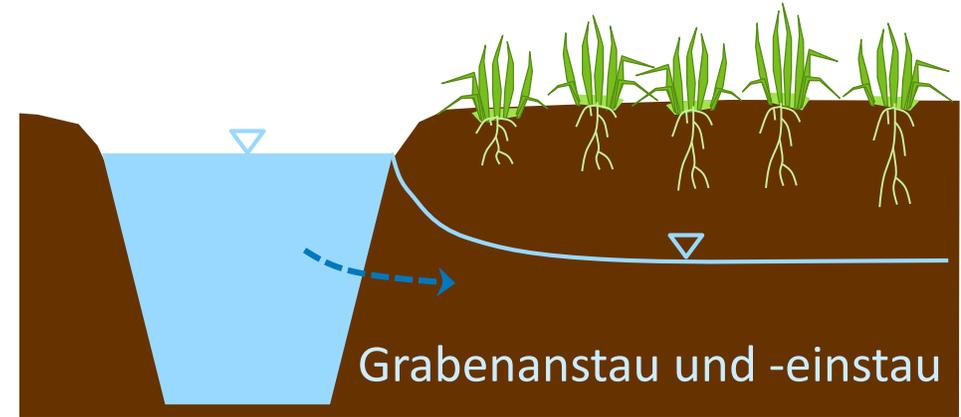
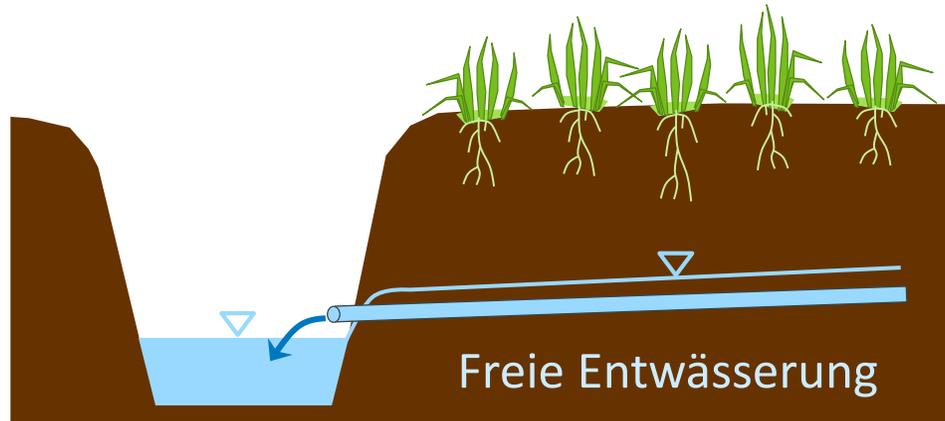
- Acker und Grünland
- Sandüberdeckung
- Grünlanderneuerung vermeiden

## Wasserstandsanhebung

- Wasserstandsanhebung
- Unterflurbewässerung
- Restaurierung
- Paludikulturen
- Vollvernässung + Moor-PV

# Methoden zur Entwässerung und Wasserstandsanhebung

*(Auswahl, schematisch)*



Abbildungen: B. Tiemeyer

# Umgesetzte und vorgeschlagene Minderungsmaßnahmen mit Wasserstandsanhhebung



## • Grabenstau

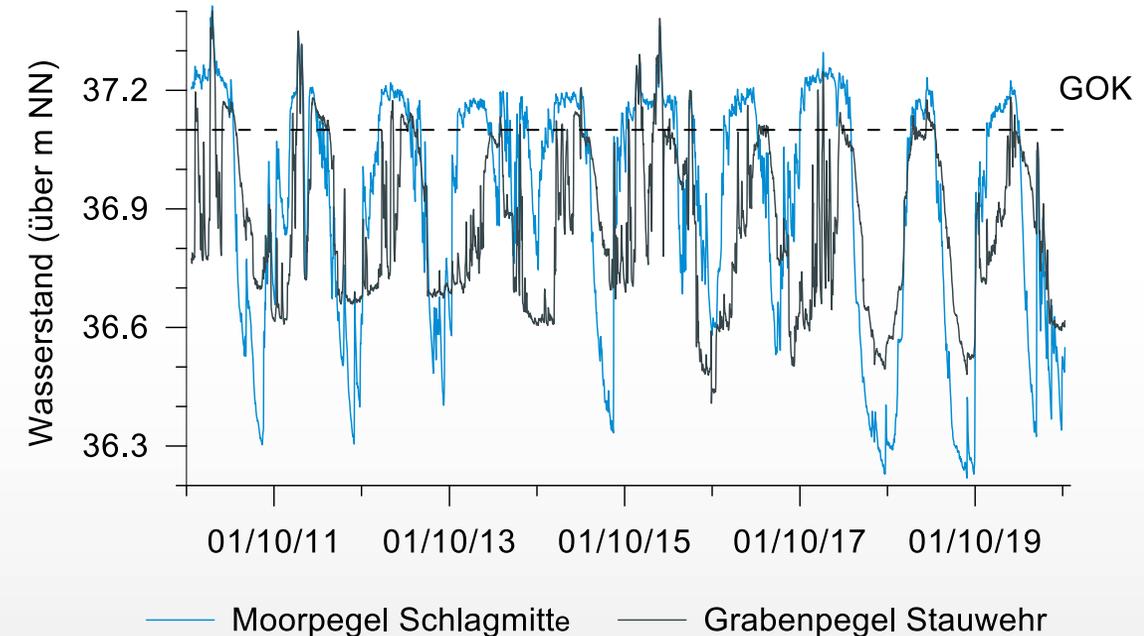
- Verbreitete Maßnahme bei der Wiedervernässung von Moorstandorten
- Wirkung auf Wasserstände im Torfkörper u.a. abhängig von Flächengeometrie und Torfeigenschaften
  - Modellierung im Projekt „RoVer: Roadmap zur Vernässung organischer Böden“ (<https://www.thuenen.de/de/institutsuebergreifende-projekte/roadmap-zur-vernaessung-organischer-boeden-in-deutschland>)
- Wenn Wasserstände deutlich angehoben und Flächen extensiv genutzt werden, Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

## • Unterflurbewässerung

## • Restaurierung

## • Paludikulturen

## • Vollvernässung + Moor-PV

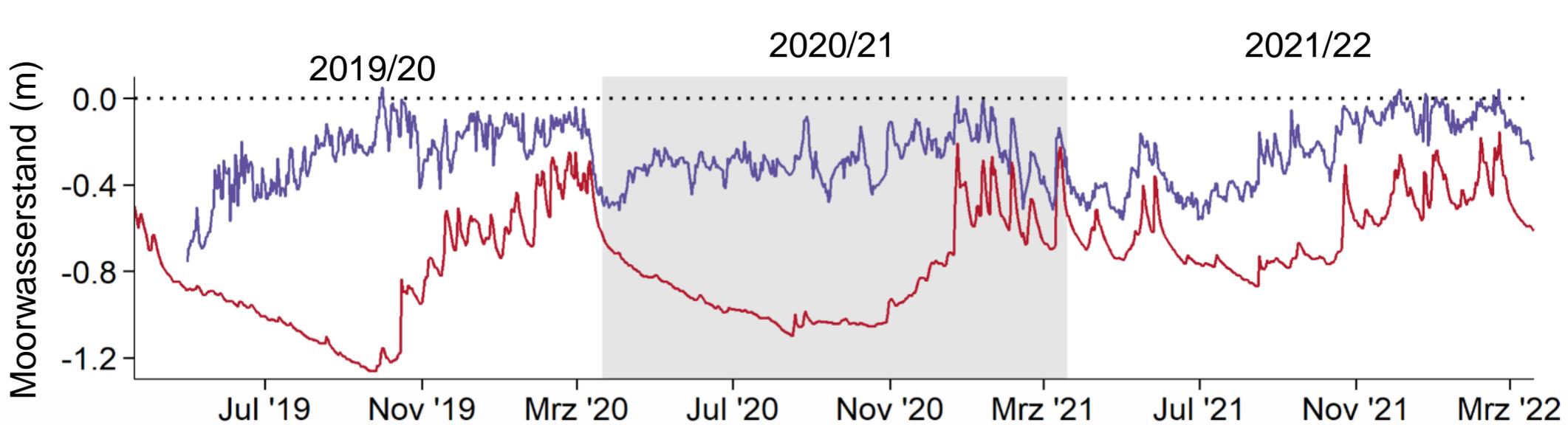


Daten: Dettmann, Tiemeyer, unveröffentlicht, GOK = Geländeoberkante

# Unterflurbewässerung

Foto: Stefan Frank

# Wasserstandsanhhebung: funktioniert!



- Unterflurbewässerung (UFB)
- Referenz (REF)

Daten: Offermanns et al. (2023):  
<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109309>,  
unveröffentlichte & vorläufige Daten Thünen-Institut

Bärbel Tiemeyer et al.  
Moorböden und Klimaschutz

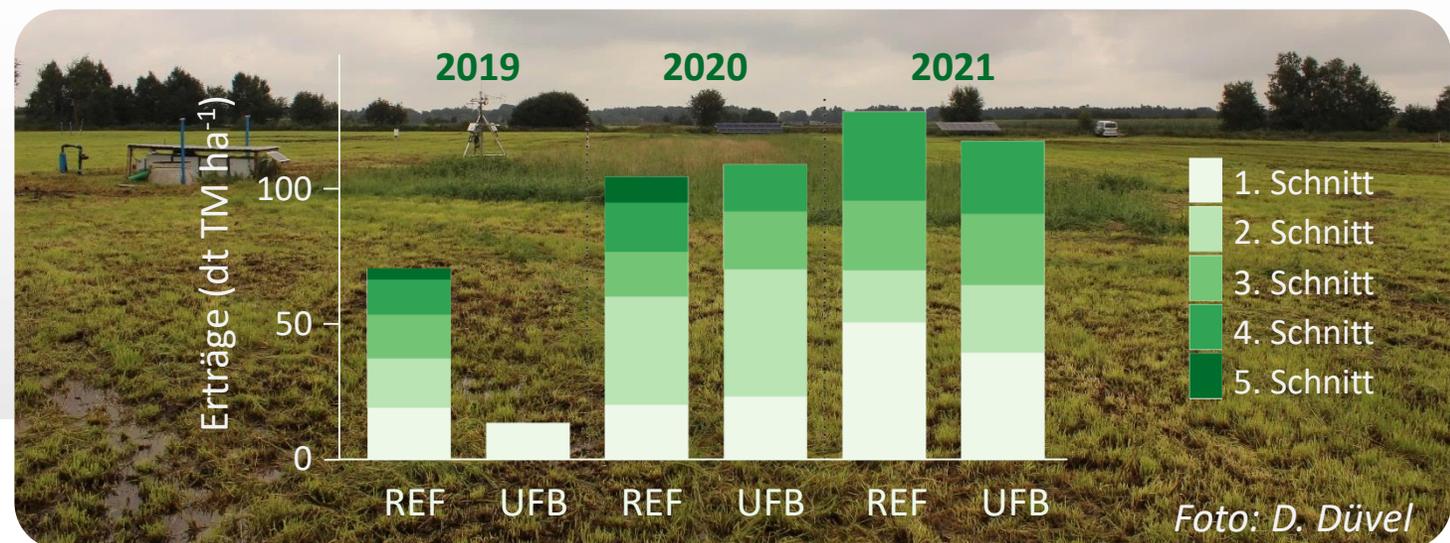
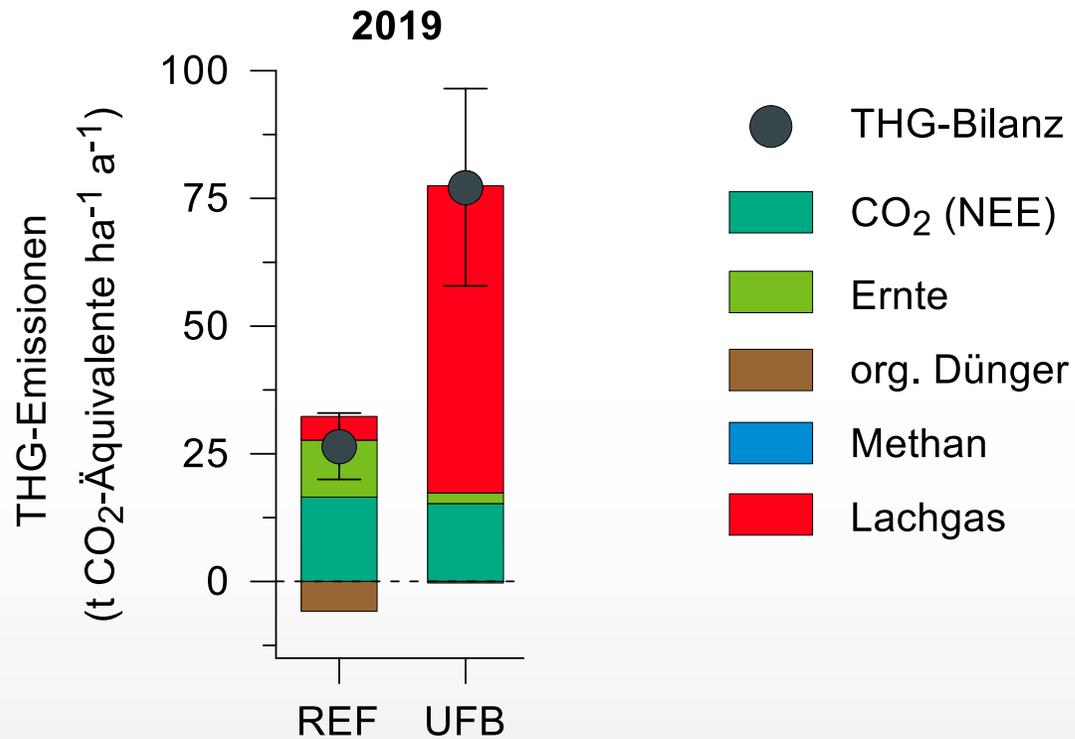


Foto: D. Düvel

# Treibhausgasbilanzen Unterflurbewässerung

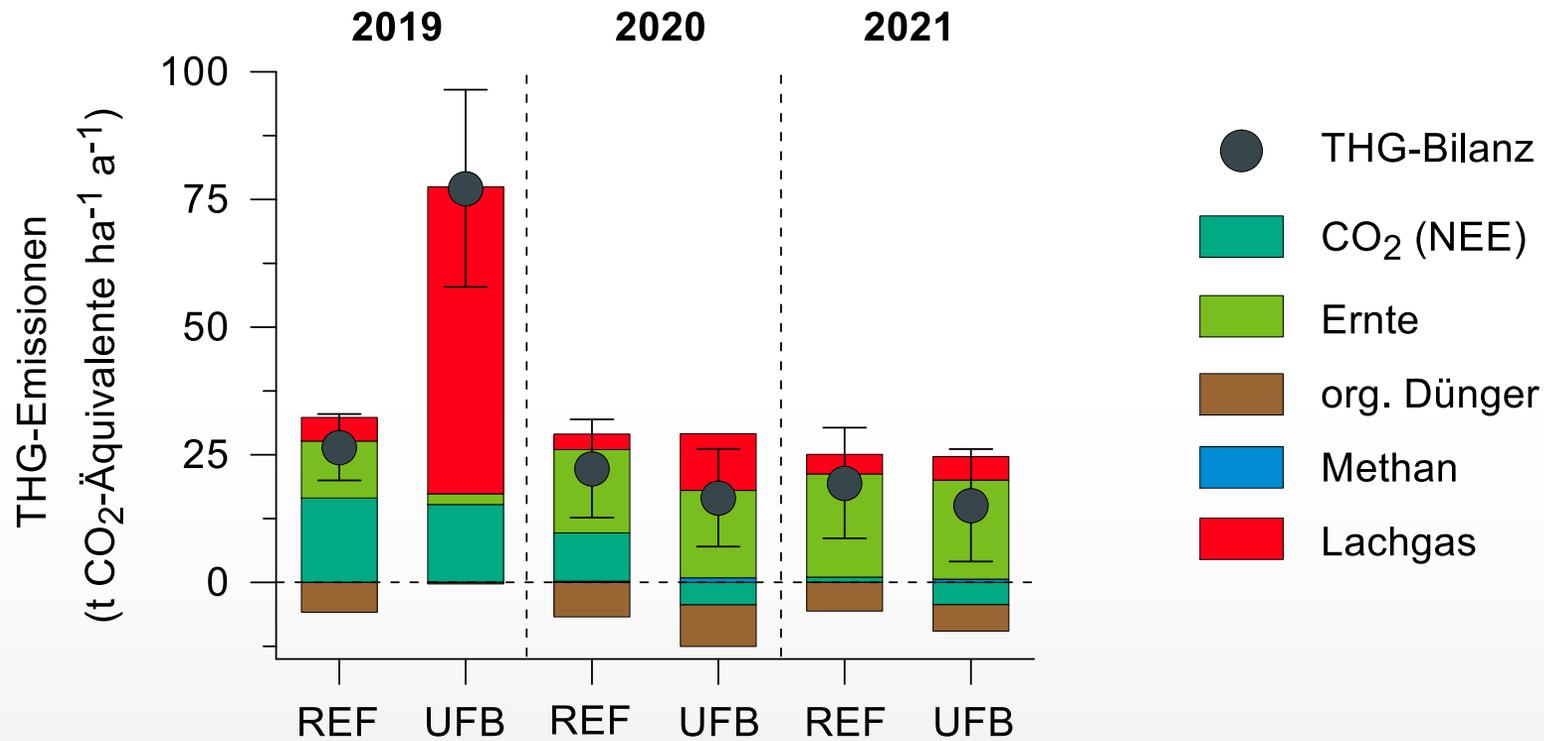
## Gnarrenburger Moor: Jahr 1



Daten aus Offermanns et al. (2023): <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109309>

# Treibhausgasbilanzen Unterflurbewässerung

## Gnarrenburger Moor

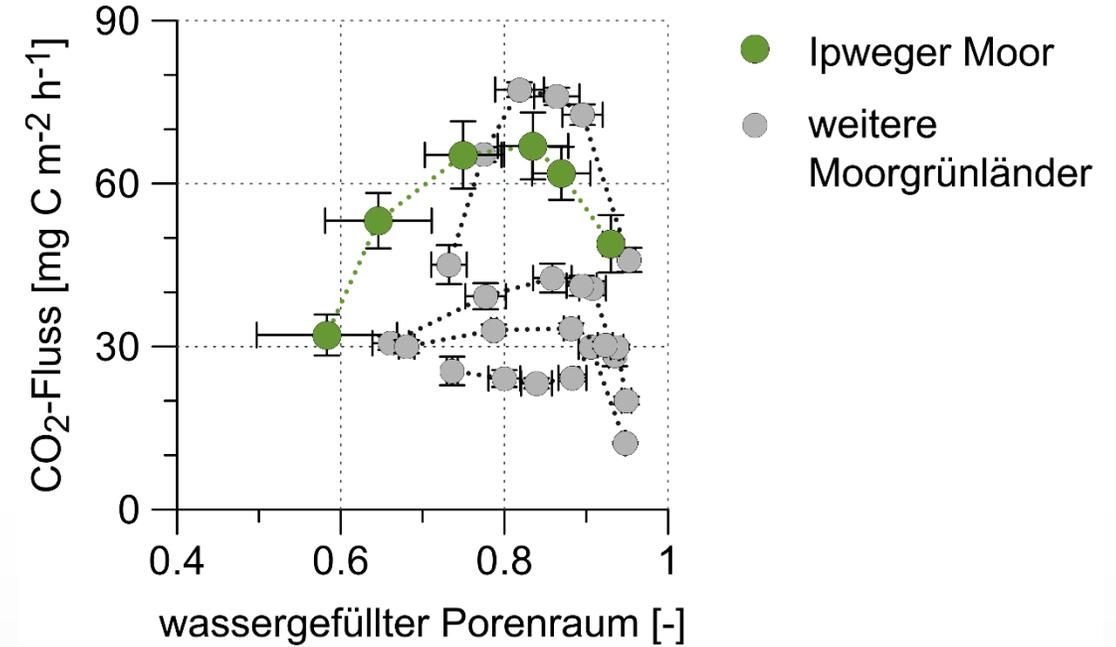
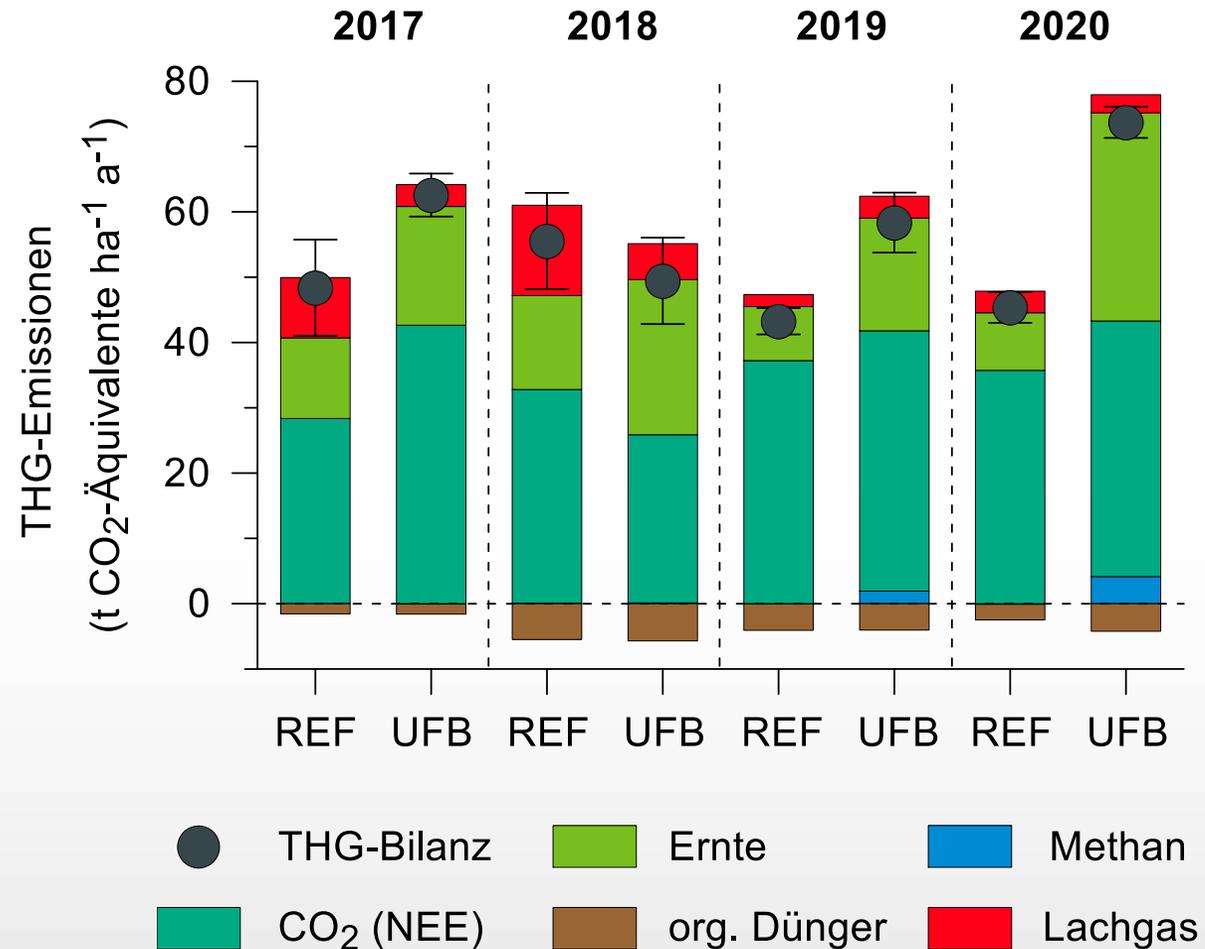


→ über drei Jahre Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 45 %, aber Erhöhung der THG-Emissionen um 59 %, weitere Entwicklung wird derzeit untersucht.

Daten aus Offermanns et al. (2023): <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109309>, unveröffentlichte & vorläufige Daten Thünen-Institut

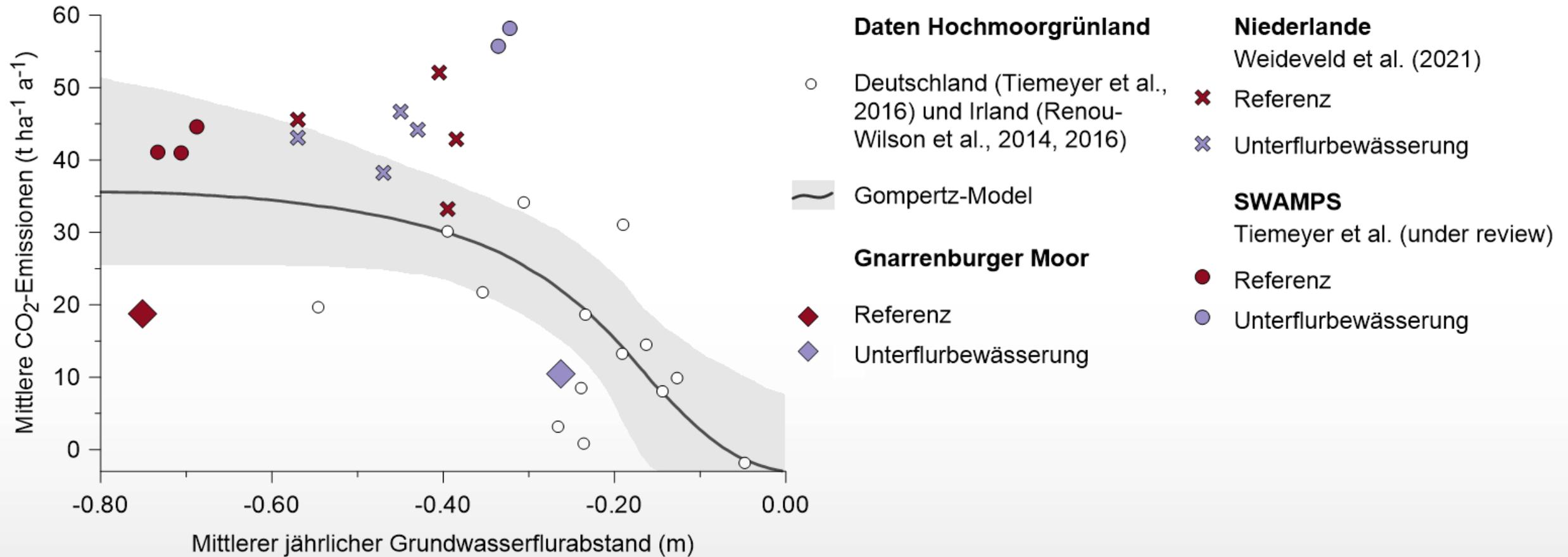
# Treibhausgasbilanzen Unterflurbewässerung

## Ipweger Moor



→ Erhöhte CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Unterflurbewässerung vermutlich aufgrund Kombination optimaler Wassergehalte im Oberboden und Nährstoffrückhalt

# CO<sub>2</sub>-Emissionen Unterflurbewässerung im Vergleich



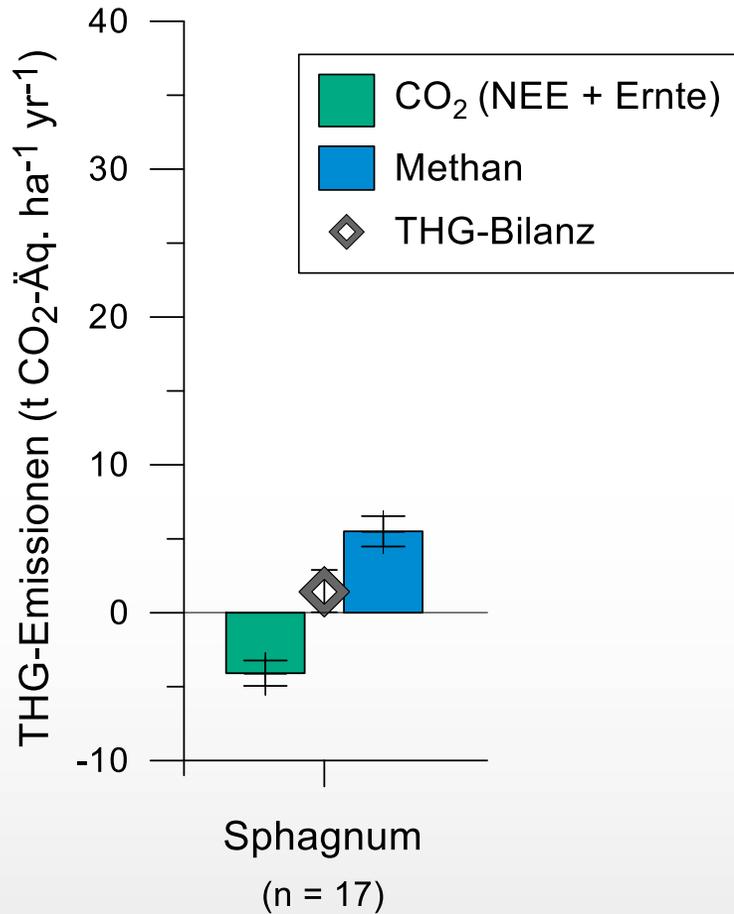


**Restaurierung**

*Foto: B. Tiemeyer*

# Beispiele Wiedervernässung und Restaurierung Hochmoor

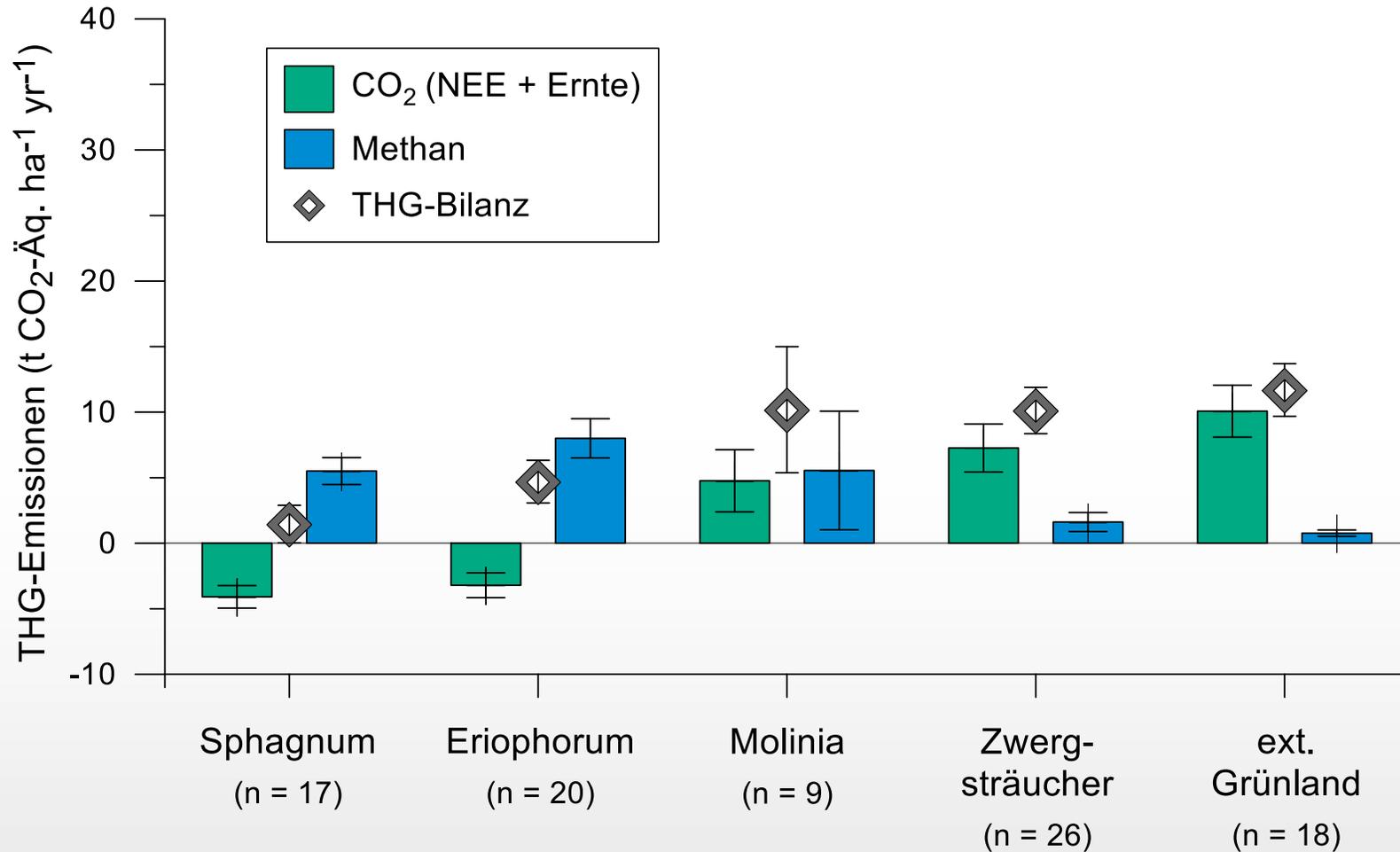
*(Daten aus Deutschland, incl. vorläufiger Ergebnisse)*



*Nach ungefähr 25 Jahren nach Wiedervernässung neu aufgewachsener Torf = Kohlenstoffsequestrierung*

# Beispiele Wiedervernässung und Restaurierung Hochmoor

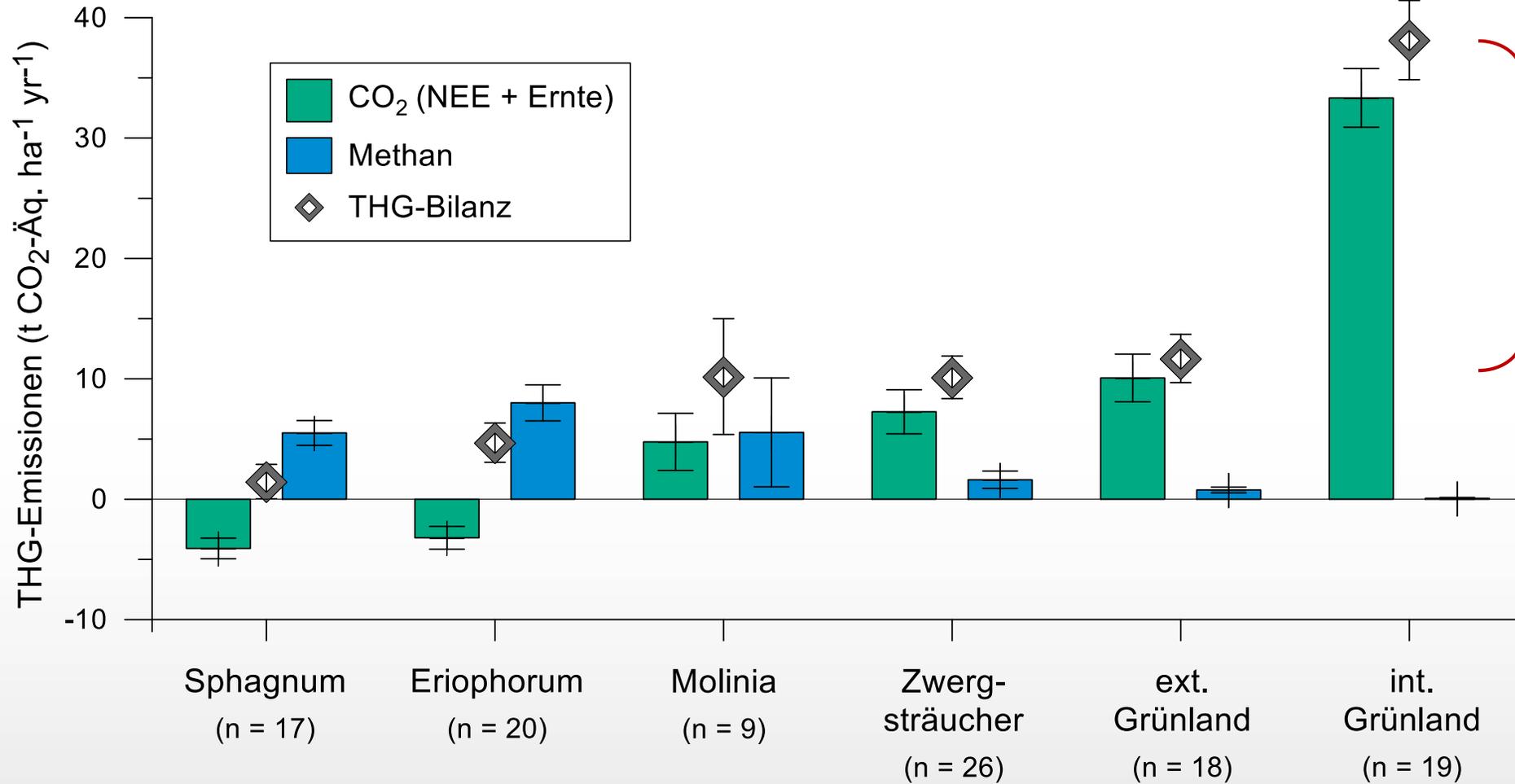
(Daten aus Deutschland, incl. vorläufiger Ergebnisse)



Daten: Beetz et al. (2014), Beyer & Höper (2014), Drösler (2005), Förster (2016), Hommeltenberg et al. (2014), Oestmann et al. (2022), Leiber-Sauheitl et al. (2014), Tiemeyer et al. (2016, 2020), Vanselow-Algan et al. (2015) + unveröffentlichte Daten Thünen-Institut. Biotoptypen in Anlehnung an BfN-Klassifikation (Riecken et al., 2006)

# Beispiele Wiedervernässung und Restaurierung Hochmoor

(Daten aus Deutschland, incl. vorläufiger Ergebnisse)



Selbst unter suboptimalen Bedingungen sichere Einsparung von THG-Emissionen!

Daten: Beetz et al. (2014), Beyer & Höper (2014), Drösler (2005), Förster (2016), Hommeltenberg et al. (2014), Offermanns et al. (2023), Oestmann et al. (2022), Leiber-Sauheitl et al. (2014), Tiemeyer et al. (2016, 2020), Vanselow-Algan et al. (2015) + unveröffentlichte Daten Thünen-Institut. Biotoptypen in Anlehnung an BfN-Klassifikation (Riecken et al., 2006)

# Paludikulturen

A wide-angle photograph of a lush green reed bed or marsh. The foreground and middle ground are filled with tall, dense stalks of reeds or grasses growing out of dark water. In the background, a line of green trees stretches across the horizon under a clear blue sky. Several high-voltage power line towers are visible in the distance, with power lines extending across the top of the frame. A few small red and white markers are visible in the field.

# Was sind Paludikulturen? (und was kann man damit machen?)

= Bewirtschaftung von wiedervernässten Mooren unter naturnahen hydrologischen Verhältnissen



Torfmoose  
*Gartenbausubstrat*

Heterogene  
Nasswiesenbiomasse  
*Bau- und Möbelplatten,  
Verpackungsmaterial*



Rohrglanzgras  
*Bioenergie*

Rohrkolben  
*Dämmmaterial*



Schilf  
*Reetdächer*

# Torfmooskultivierung

Vergleichsweise einfach: mächtige gering zersetzte Torfe, effektives Wassermanagement



Foto: T. Dahms in Gaudig (2021)

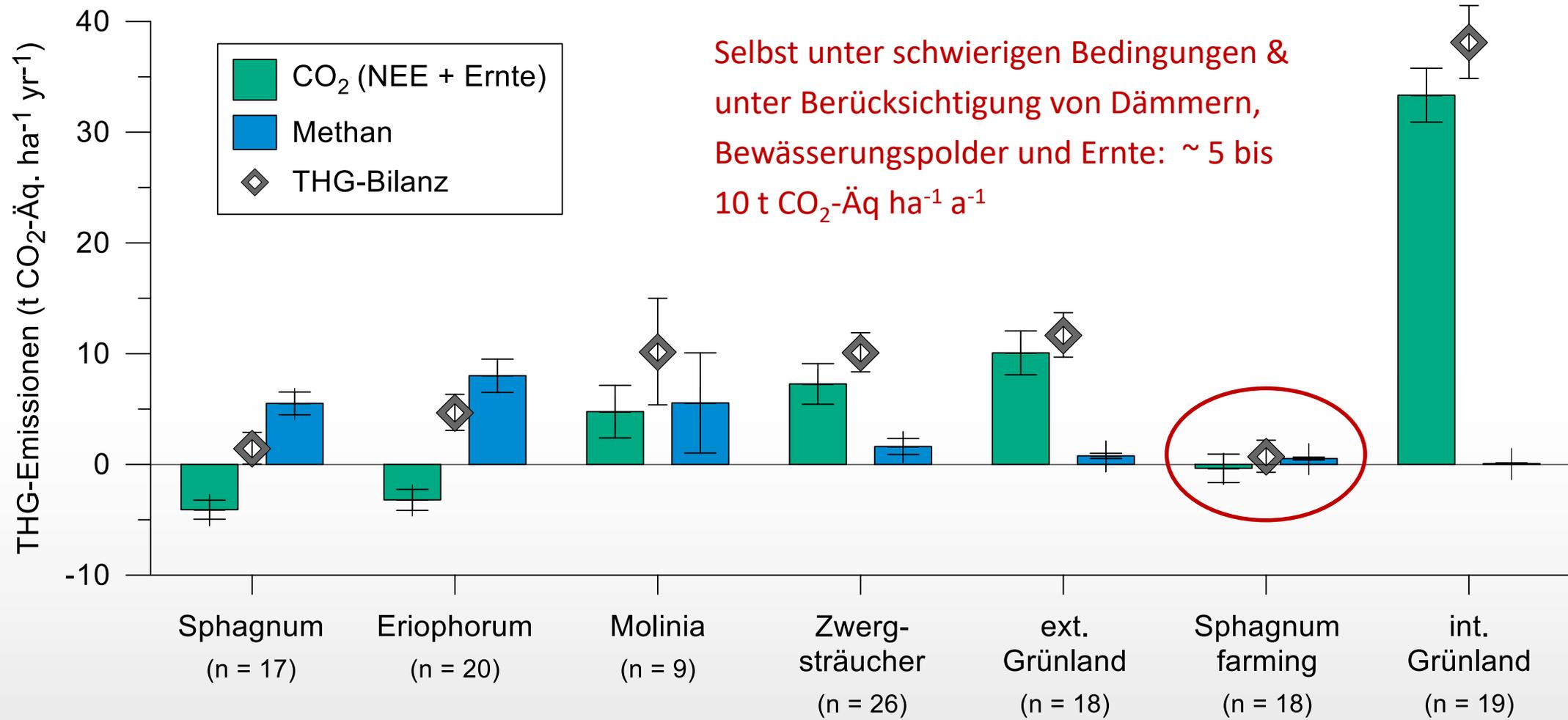


Foto: B. Tiemeyer



Fotos untere Reihe: B. Tiemeyer

# THG-Austausch Torfmooskultivierung im Vergleich

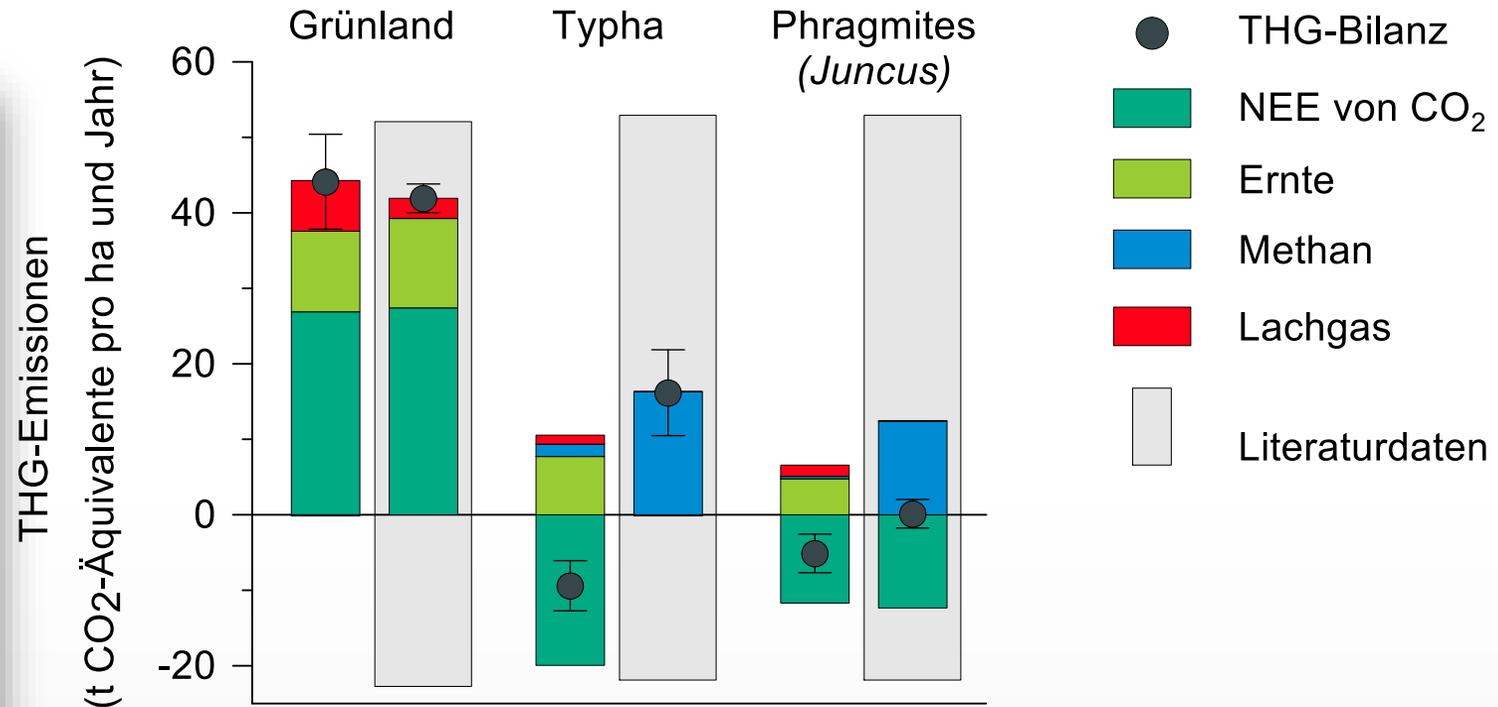


Daten: Beetz et al. (2014), Beyer & Höper (2014), Drösler (2005), Förster (2016), Günther et al. (2017), Hommeltenberg et al. (2014), Offermanns et al. (2023), Oestmann et al. (2022), Leiber-Sauheitl et al. (2014), Tiemeyer et al. (2016, 2020), Vanselow-Algan et al. (2015) + unveröffentlichte Daten Thünen-Institut.  
Biotoptypen in Anlehnung an BfN-Klassifikation (Riecken et al., 2006)

# Und Niedermoorpaludikulturen?



Bild: Flemke (NLWKN)

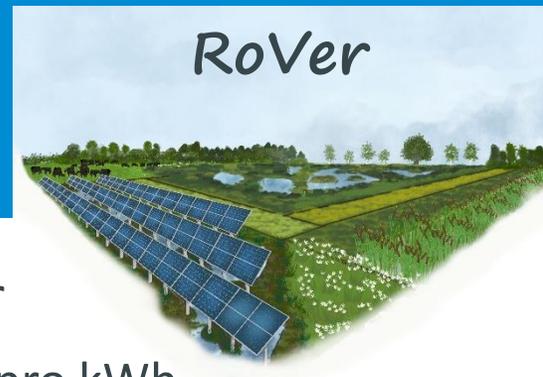


→ Herausforderungen: Etablierung der Zielkulturen und langfristige Nährstoffversorgung

Unveröffentlichte & vorläufige Daten Thünen-Institut: Mittelwert aus zwei Jahren Messungen nach Anlage der Versuchsfläche. (Sehr) hohe Deckung von Binsen (*Juncus effusus*) in den Paludikulturen.

Vergleichsdaten Grünland: trockene (< -0,30 m) Niedermoorstandorte aus Tiemeyer et al. (2016), *Typha latifolia*: Günther et al. (2014), Minke et al (2016), Tiemeyer et al. (2022), *Phragmites australis*: Günther et al. (2014), Minke et al (2016), Tiemeyer et al. (2022), van den Berg et al. (2016)

# Moor-PV



- Nach EEG (2023) Freiflächen-PV auf organischen Böden nur bei „dauerhafter Wiedervernässung“ („besondere Solaranlagen“): Mehrvergütung von 0,5 Cent pro kWh
  - Zahlreiche offene Fragen:
    - Reicht die Mehrvergütung als Anreiz?
    - Betreibermodelle und Hebelwirkung zu Vernässung weiterer Flächen?
    - Technische Umsetzung?
    - Auswirkungen auf Hydrologie und Biodiversität?
    - Was ist mit Flächen außerhalb des EEG?
- RoVer, siehe auch Stellungnahme von z. B. Piayda *et al.* (2023) oder GMC (2023) für die BNA zu EEG-Novelle



# Warum geht es nicht schneller voran?

## Charakteristika von Moorlandschaften

- Moore sind ungleichmäßig verteilt, und die Nutzungsintensität ebenfalls
- Wassermanagement besser auf Gebietsebene: bei ungünstiger Situation können Einzelne wenig tun

## Förderung

- Hohes Investment → nicht geeignet für kurzfristige Maßnahmen oder gar Eco Schemes
- Große Skepsis gegenüber freiwilligem Markt
- Rechtsrahmen für Paludikulturen suboptimal

## (noch) fehlende Marktreife von Paludikulturen

- Agronomische Verfahren und Produktketten müssen (weiter) entwickelt werden

## Komplexe Genehmigungsverfahren

- Querschnittsthema: alle und niemand sind zuständig, lange Verfahren
- Mangelnde Kapazitäten auf vielen Ebenen

# Gibt es Gründe für Optimismus?

- Öffentliches und politische Bewusstsein ist vorhanden
- Grundsätzlich Geld vorhanden (z.B. Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz (ANK), große Forschungsprogramme)
- Viele veränderungsbereite Landwirt\*innen

# Danke!

... allen Geldgebern, Projektpartnern und Kolleg\*innen der Projekte “Organische Böden in der Emissionsberichterstattung”, MoMoK, KlimDivMoos, VESBO, SWAMPS, Gnarrenburger Moor und Produktketten aus Niedermoorbiomasse!

... “Moorleute” in den anderen Thünen-Instituten und bei der Stabsstelle Klima und Boden

... Landwirt\*innen, Genehmigungsbehörden und allen helfenden Händen im Gelände, Labor und am PC



Federal Ministry  
of Food  
and Agriculture



Niedersächsisches Ministerium  
für Ernährung, Landwirtschaft  
und Verbraucherschutz



Niedersächsisches Ministerium  
für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz



EUROPÄISCHE UNION  
Europäischer Fonds für  
regionale Entwicklung



**DFG** Deutsche  
Forschungsgemeinschaft

