



Methansenke Waldboden

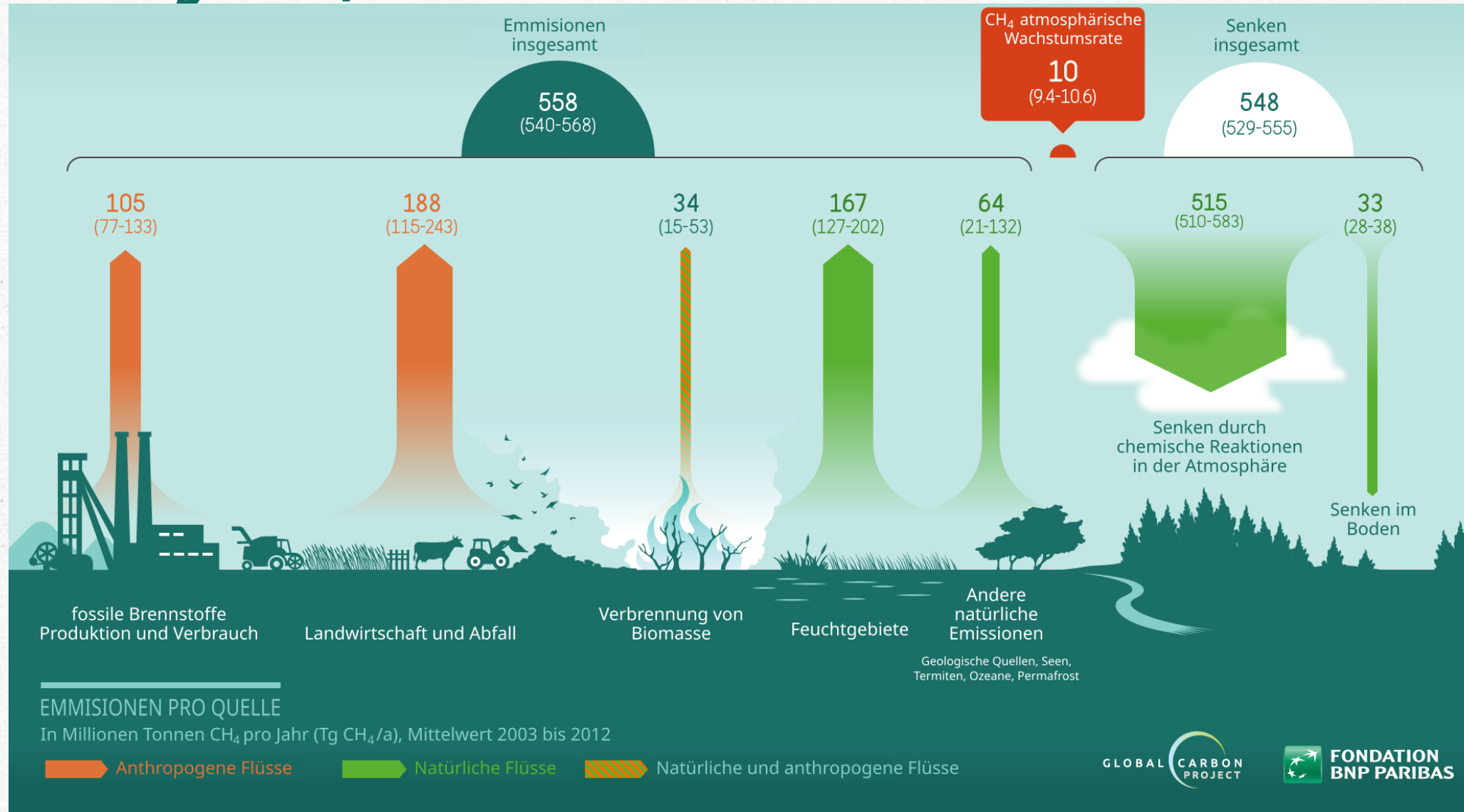
Projektergebnisse aus „SaMS“ – Soils as Methane Sinks
Bakterien als Schlüssel zum Klimaschutz

1

Hintergrund

Methankreislauf, Prozess der Methankonsumption, Stand des Wissens

Hintergrund | Methankreislauf



Hintergrund: Prozess des Methanabbaus

Methankonsumption: mikrobieller Prozess



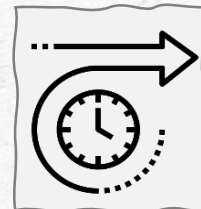
kurzzeitig / jahreszeitliche Zeitskala:

- wichtigste Einflussfaktoren
Bodenfeuchte und -temperatur



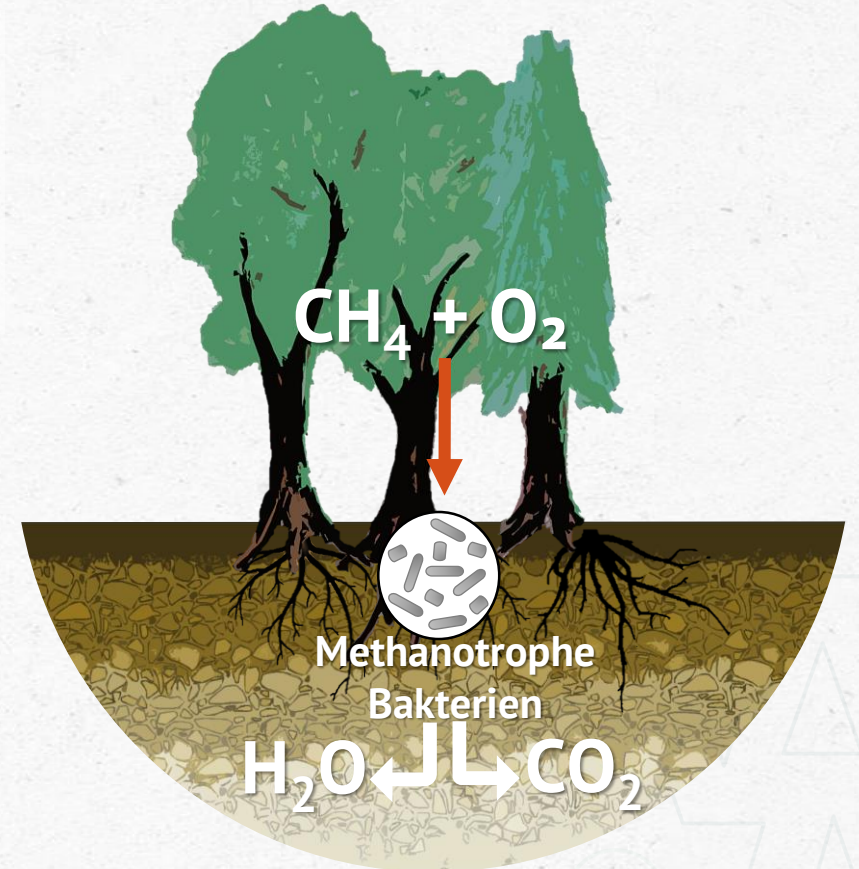
Hinsichtlich Managementeinflüsse:

- **Bodenverdichtung und Stickstoffdüngung**



Langfristige Zeitskala / Perspektive:

- klimawandelbedingte Trends oder Treiber noch weitestgehend unbekannt
- **Grund: Mangel an ausreichend langen und einheitlichen Messreihen**



2

Material und Methoden

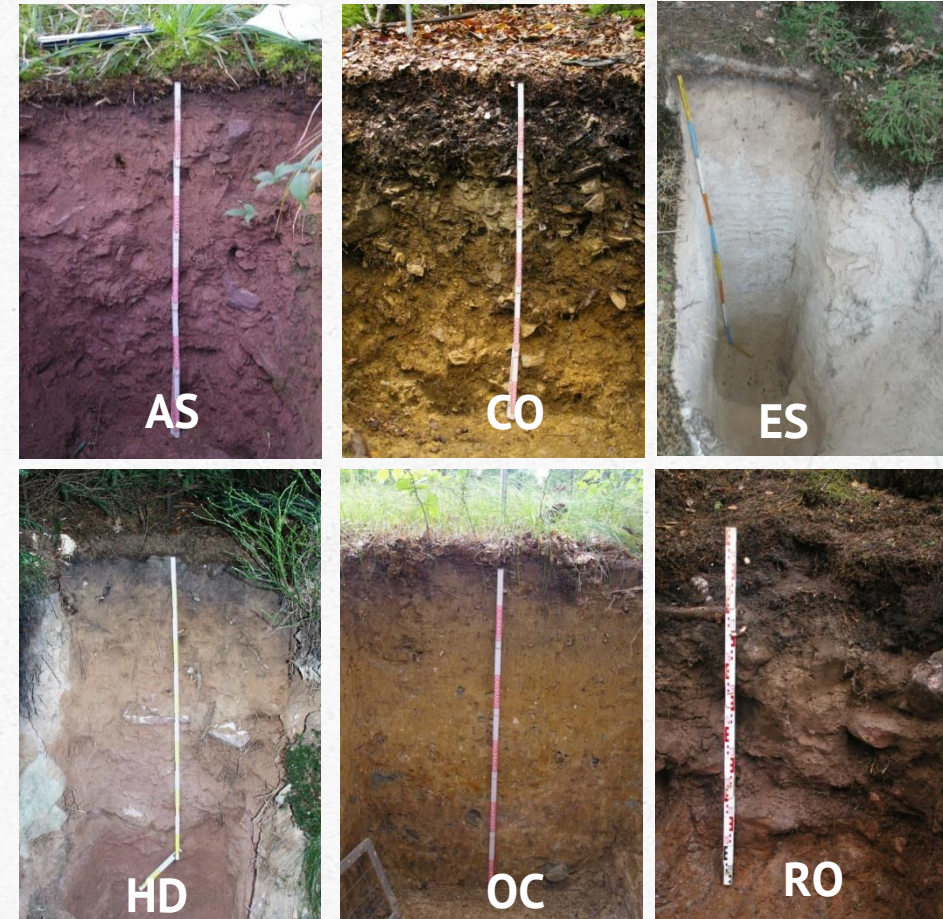
Versuchsflächen, Messmethodik, Modellierung

Material und Methoden

Versuchsflächen



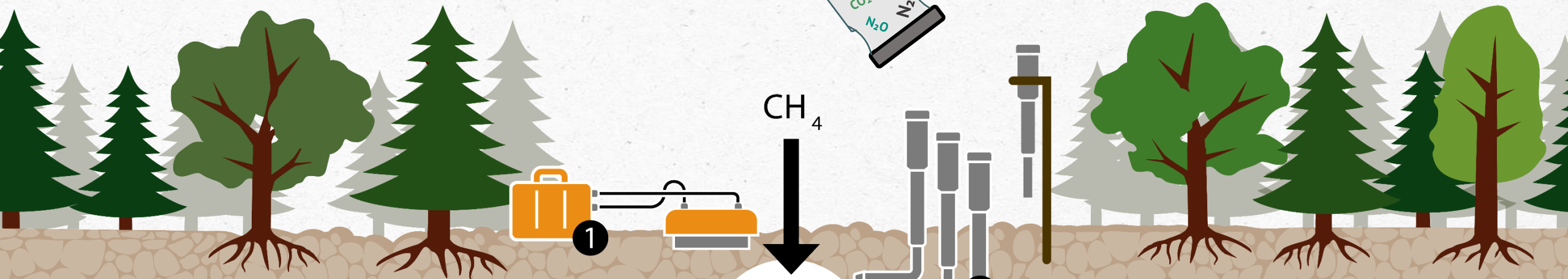
- >20 **Versuchsflächen** in Deutschland & Methanflüsse **bis zu 25 Jahre**
- inklusive **13 Langzeitmessungen** von ICP Level II Umweltmonitoringflächen
- Messungen ab **1998** im Fichtenbestand (*Picea abies*) und ab **2010** auch im Buchenbestand (*Fagus sylvatica*) + langjährige Kalkungsflächen



Fotos: Hermann Buberl / FVA-BW

Material und Methoden

Messverfahren



1 Kammermessungen:

an 6 Punkten bei unterschiedlichen klimatischen Bedingungen (min. 4x im Jahr). Diese ermöglichen durch eine einfache und eindeutige Messung die Quantifizierung der Methanflüsse.

methanotrophe
Bakterien

2 Passive Gassammler:

Installiert in verschiedenen Bodentiefen. Messintervall alle 4 Wochen. Methode ideal geeignet für Langzeitmonitoring Diese ermöglichen die langen Zeitreihen. Aber: Kalibrierung mit Kammermessungen notwendig!



Grafik: B612

Material & Methoden

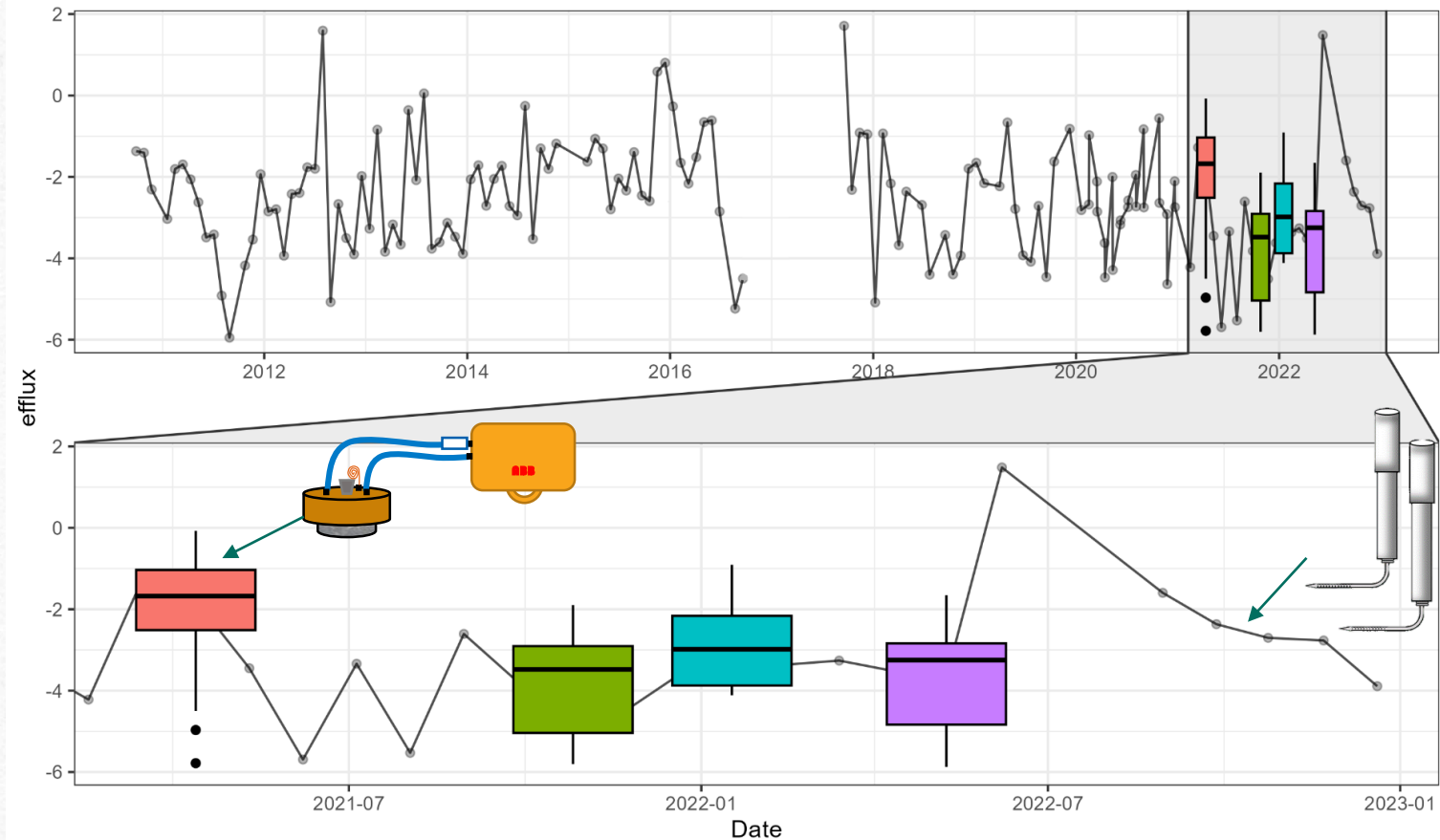
Kalibrierung der Methanflüsse

Valide Mittelwerte der Methankonsumption

- Berechnung des Gasflusses über die Gradientenmethode (*Flux-Gradient-Method*)
- Kalibrierung mit Kammermessung
 - inverse Schätzung effektiver bodenphysikalischer Parameter
 - ✓ Validierung der Zeitreihen



github.com/valentingar/ConFluxPro

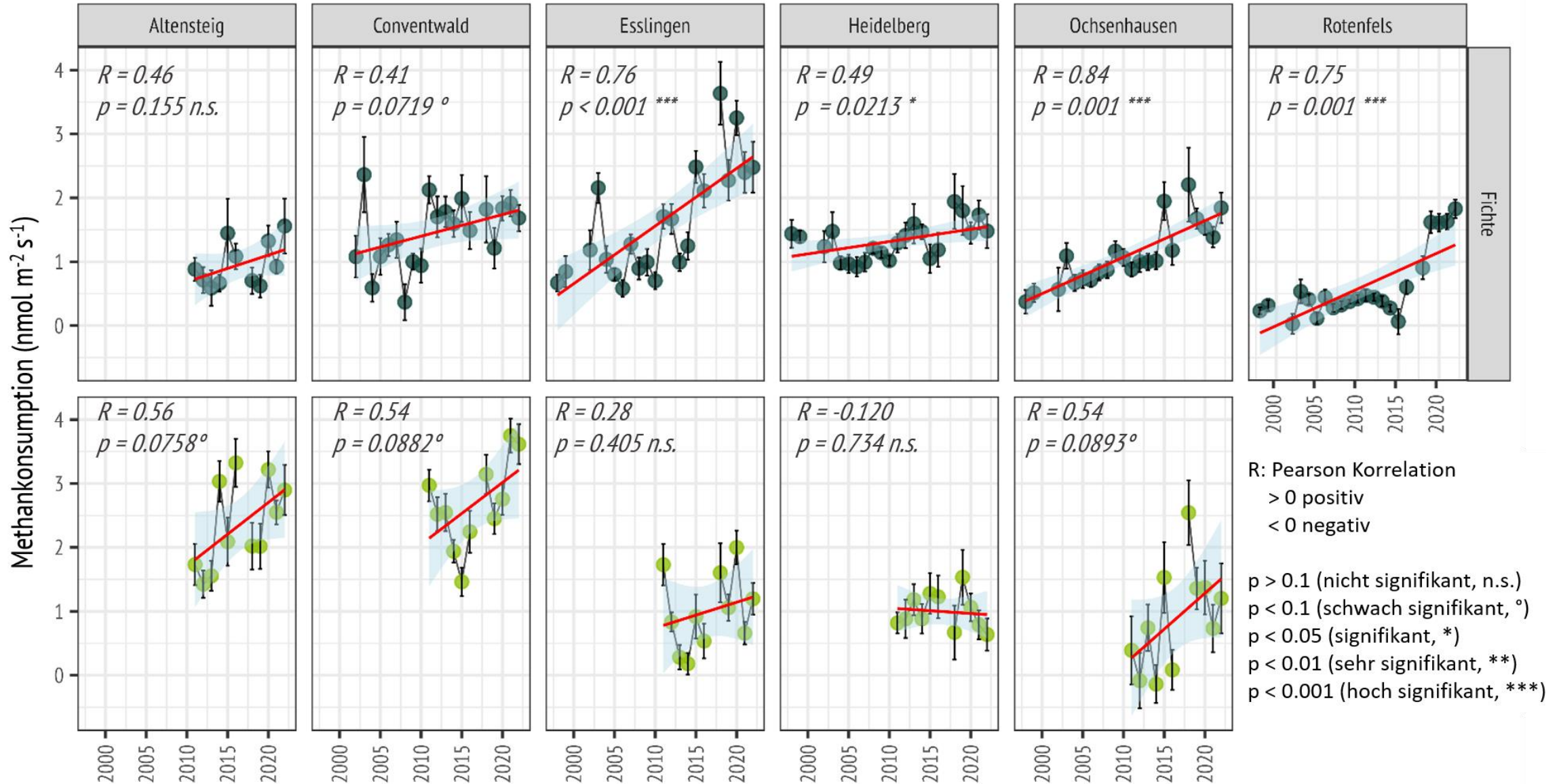


3

Ergebnisse

Trends und langzeitliche Einflussfaktoren

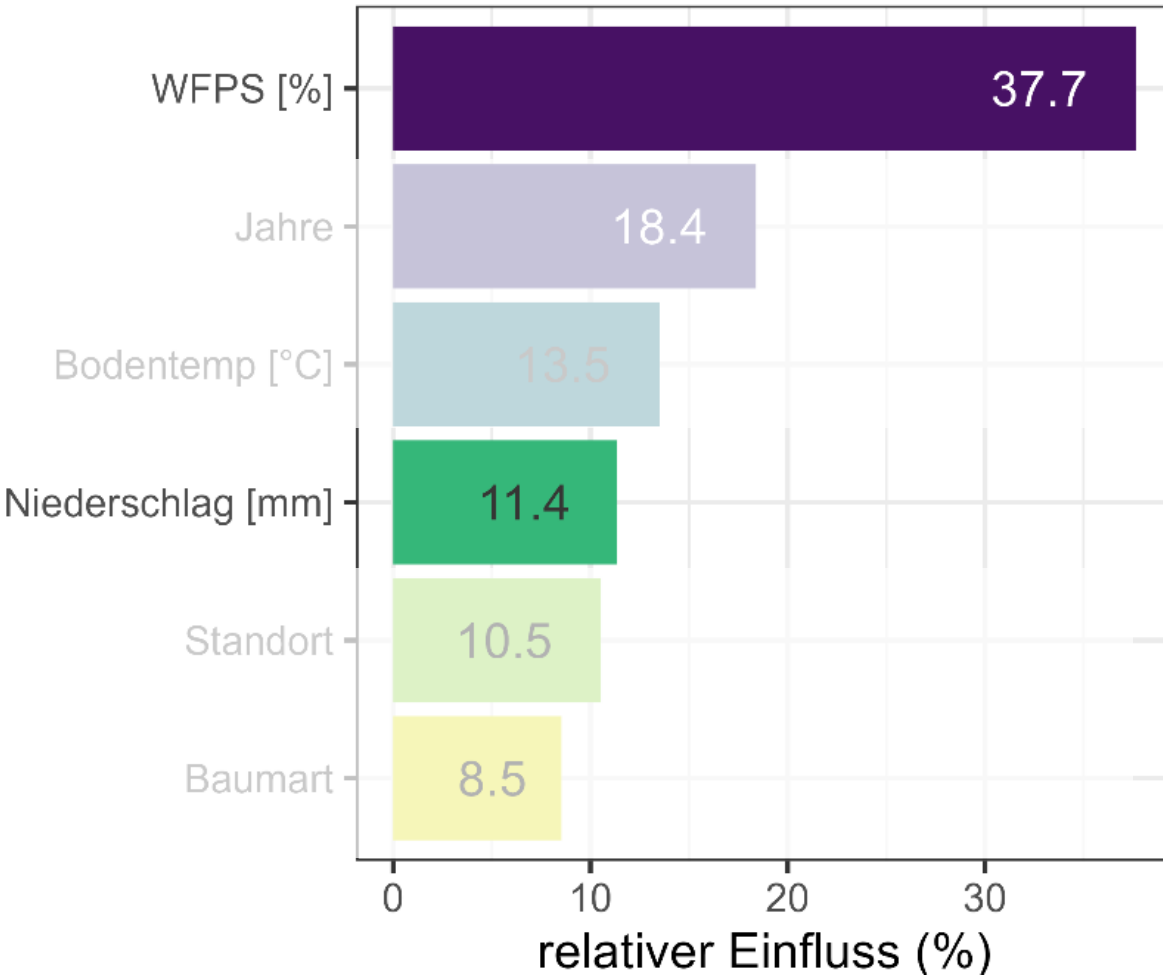
Ergebnisse: Trends



Ergebnisse: langfristige Einflussfaktoren

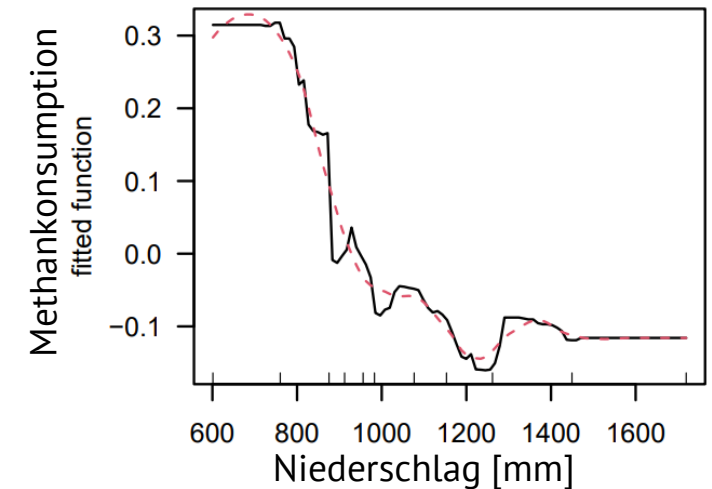
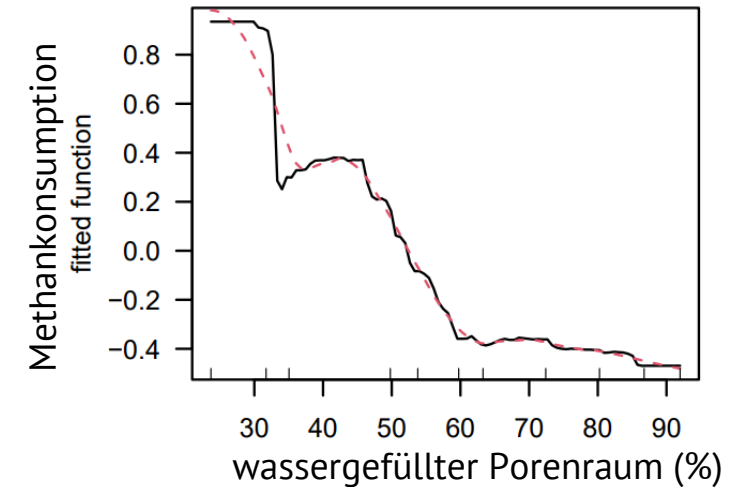
Haupteinflussfaktoren auf Jahresmittelwerte der Methankonsumption

Boosted Regression Tree mit Jahresmittelwerten: Korrelation Trainingsdaten 0.95, $R^2=0.92$, 1500 Trees



Einflussfaktor Wasser

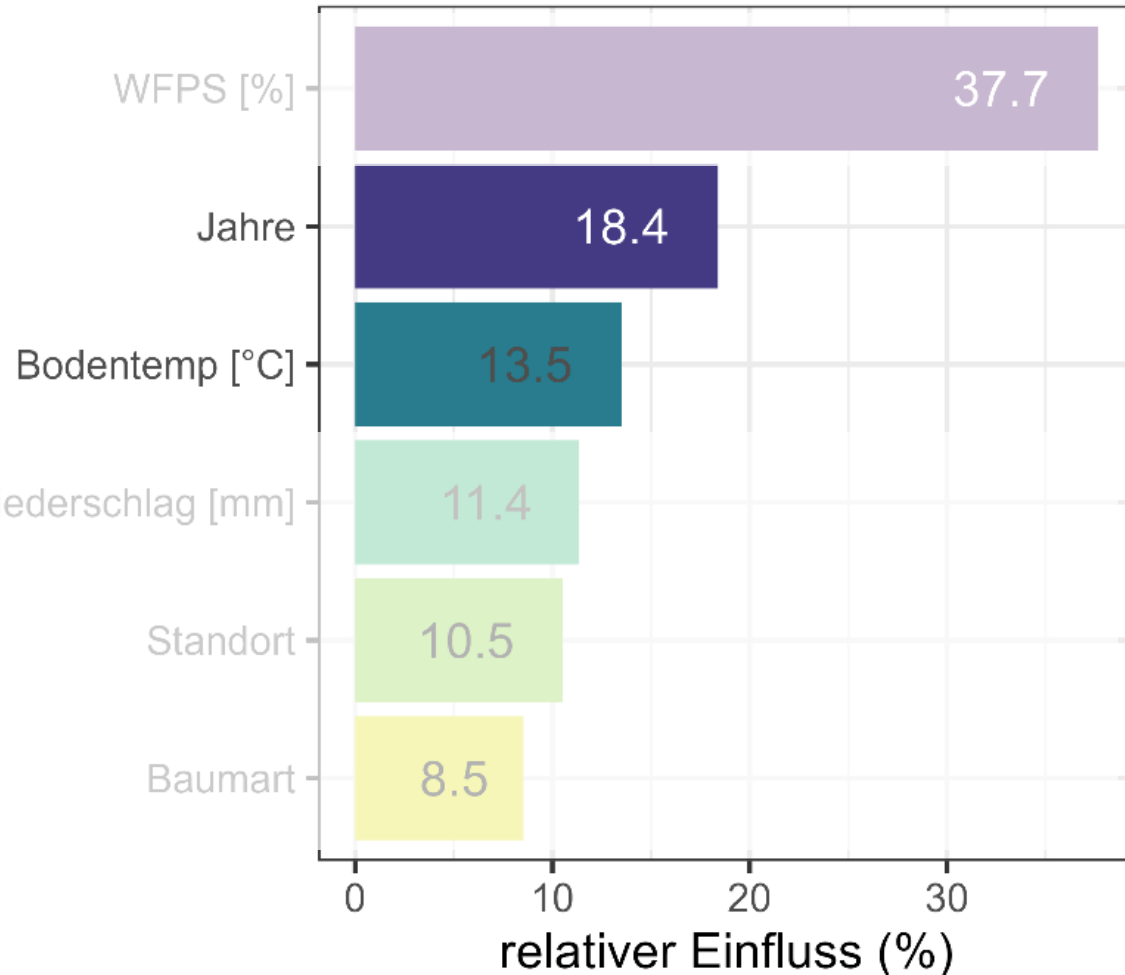
- Wasser- / und luftgefülltes Porenraumverhältnis auch langfristig wichtiger Einflussfaktor
- Verminderte Gasdiffusion verlangsamt Transport der Substrate
→ geringe Methankonsumption ($R=-0.58^{***}$)



Ergebnisse: langfristige Einflussfaktoren

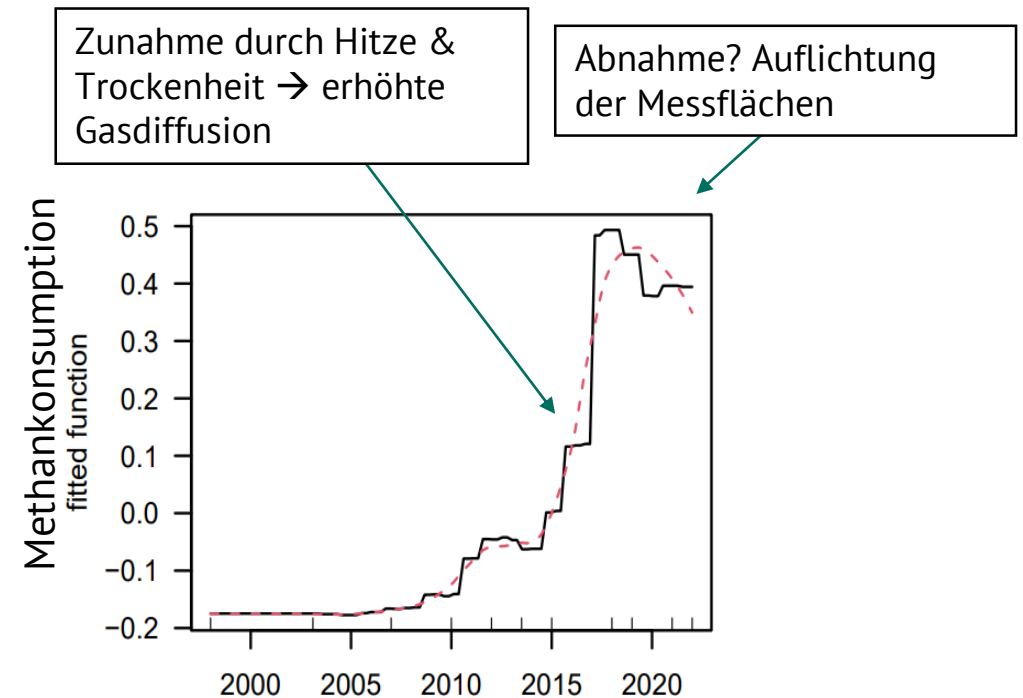
Haupteinflussfaktoren auf Jahresmittelwerte der Methankonsumption

Boosted Regression Tree mit Jahresmittelwerten: Korrelation Trainingsdaten 0.95, $R^2=0.92$, 1500 Trees



Einflussfaktor Zeit und steigende Bodentemperatur

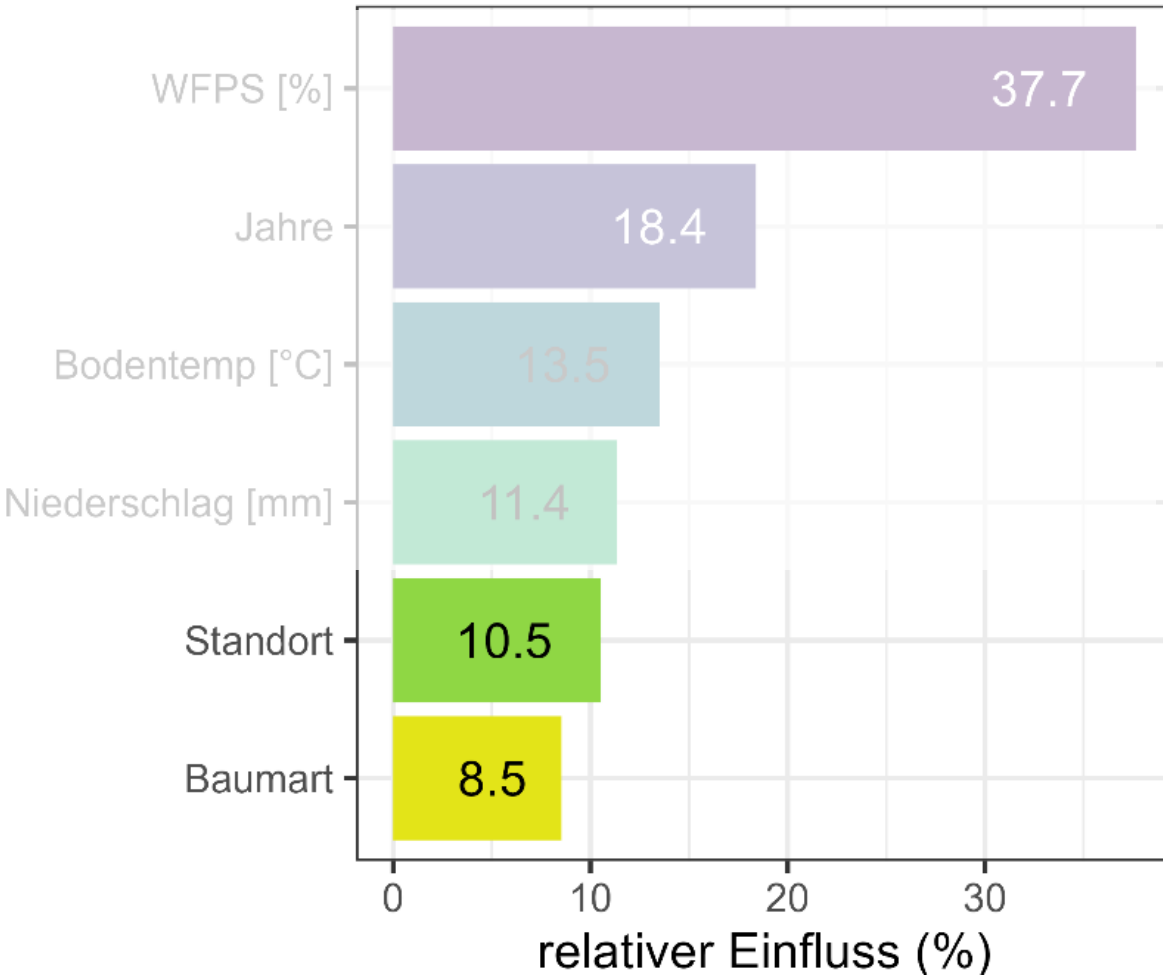
- Jahre mit höherer mittlerer Bodentemperatur weisen eine signifikant ($R=0.19^*$) höhere Methankonsumption auf.
- Bei der Gesamtbetrachtung aller Standorte deckt sich der Trend ($R=0.48^{***}$) mit Klima-/Standorthistorie



Ergebnisse: langfristige Einflussfaktoren

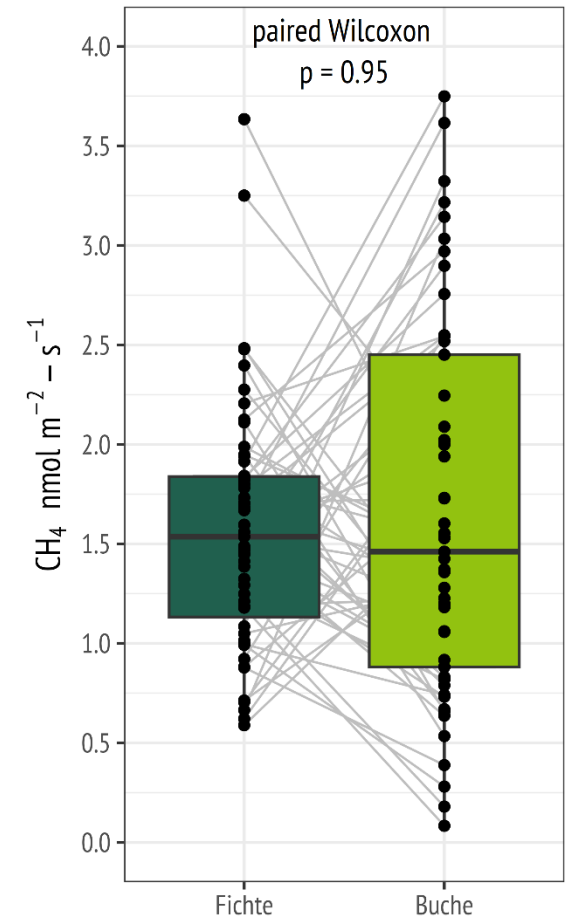
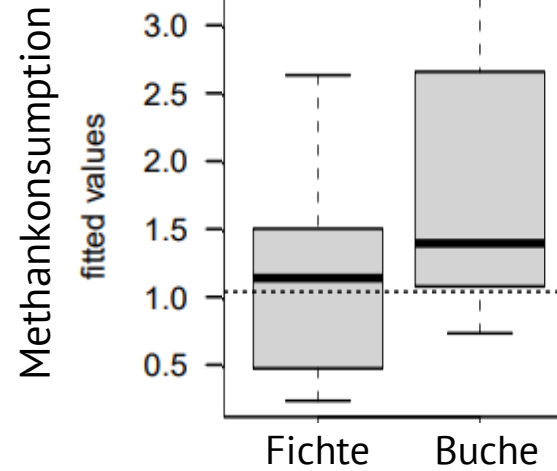
Haupteinflussfaktoren auf Jahresmittelwerte der Methankonsumption

Boosted Regression Tree mit Jahresmittelwerten: Korrelation Trainingsdaten 0.95, $R^2=0.92$, 1500 Trees



Einflussfaktor Standort und Baumart

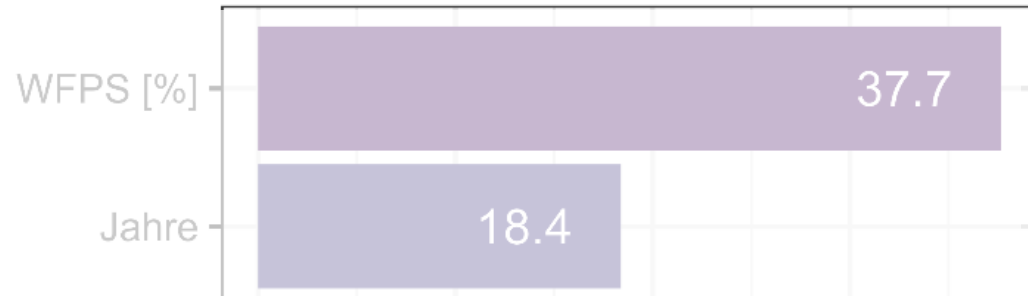
- Baumarteneffekt nicht eindeutig – vorrangig Mischbestände – Streuqualität wird entscheidender sein!



Ergebnisse: langfristige Einflussfaktoren

Haupteinflussfaktoren auf Jahresmittelwerte der Methankonsumption

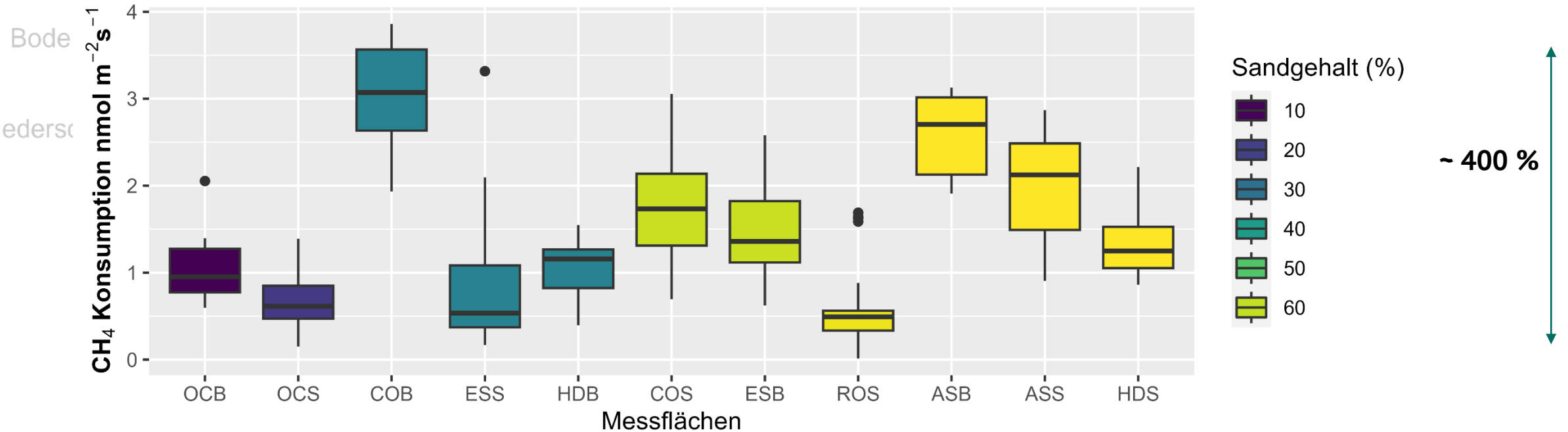
Boosted Regression Tree mit Jahresmittelwerten: Korrelation Trainingsdaten 0.95, $R^2=0.92$, 1500 Trees



Einflussfaktor Standort und Baumart

- Baumarteneffekt nicht eindeutig – vorrangig Mischbestände – Streuqualität wird entscheidender sein!
- Standort= Unterschiede in Skelettgehalt, Bodentyp, Bodenart, N-Deposition, Witterung, Bewirtschaftung...

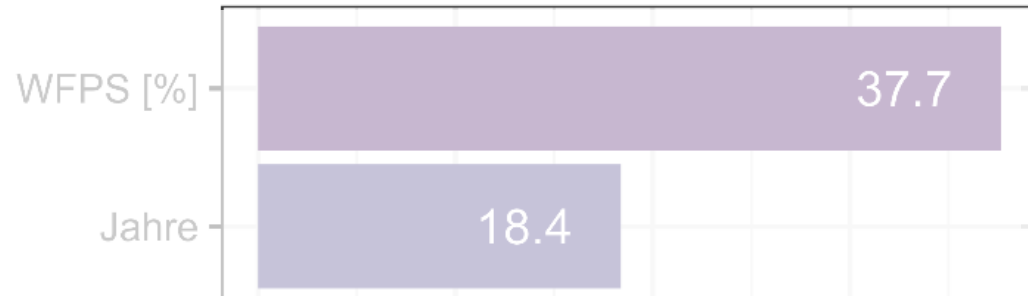
→ Standort = vielschichtiger, schwer zu differenzierender Parameter!



Ergebnisse: langfristige Einflussfaktoren

Haupteinflussfaktoren auf Jahresmittelwerte der Methankonsumption

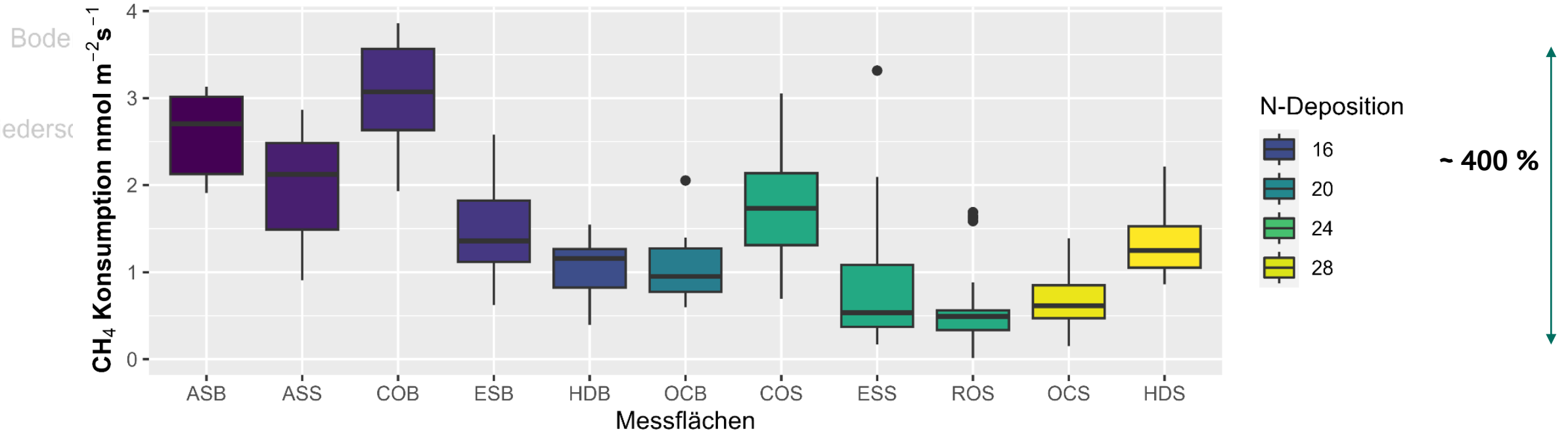
Boosted Regression Tree mit Jahresmittelwerten: Korrelation Trainingsdaten 0.95, $R^2=0.92$, 1500 Trees



Einflussfaktor Standort und Baumart

- Baumarteneffekt nicht eindeutig – vorrangig Mischbestände – Streuqualität wird entscheidender sein!
- Standort= Unterschiede in Skelettgehalt, Bodentyp, Bodenart, N-Deposition, Witterung, Bewirtschaftung...

→ Standort = vielschichtiger, schwer zu differenzierender Parameter!



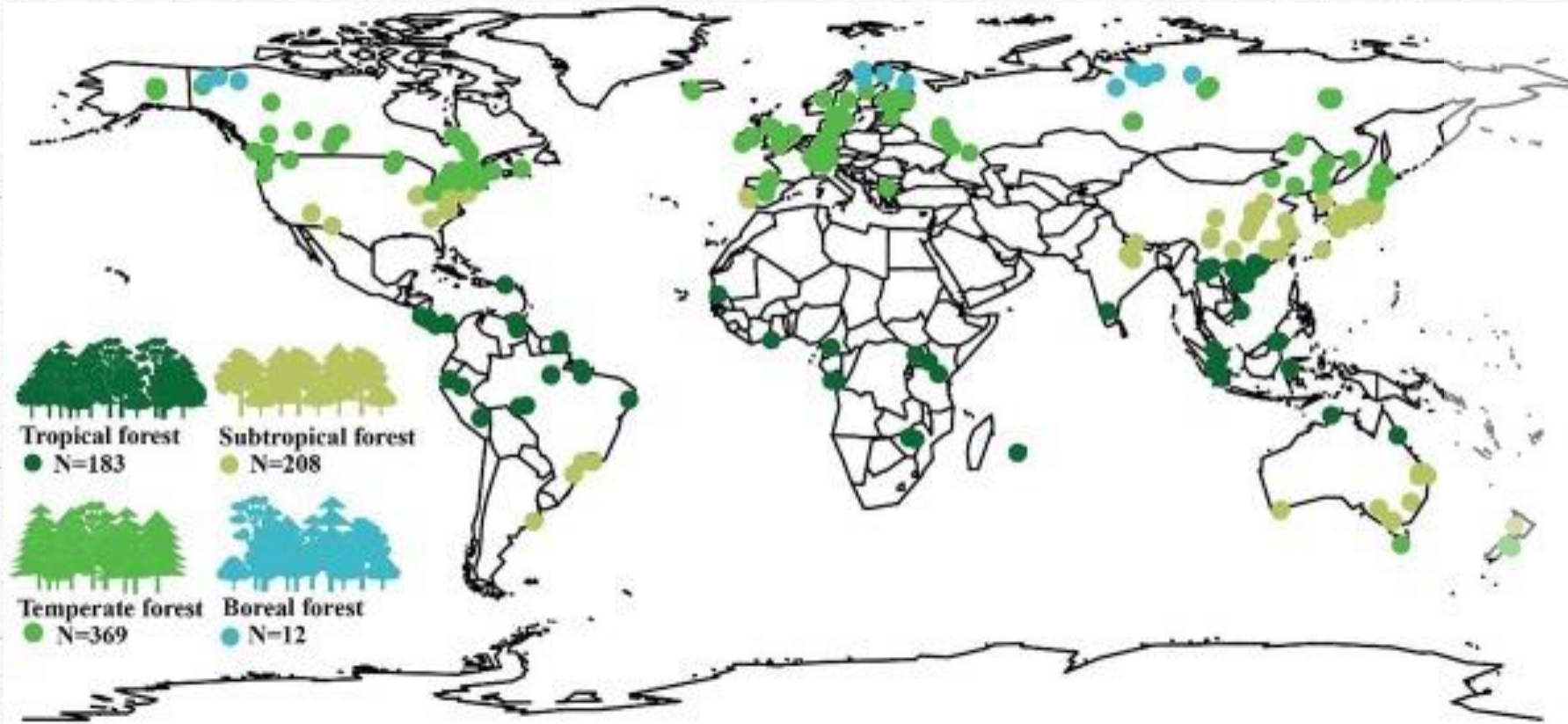
4

Diskussion

Datenlage & Vergleich mit Metastudien

Diskussion: Datenlage

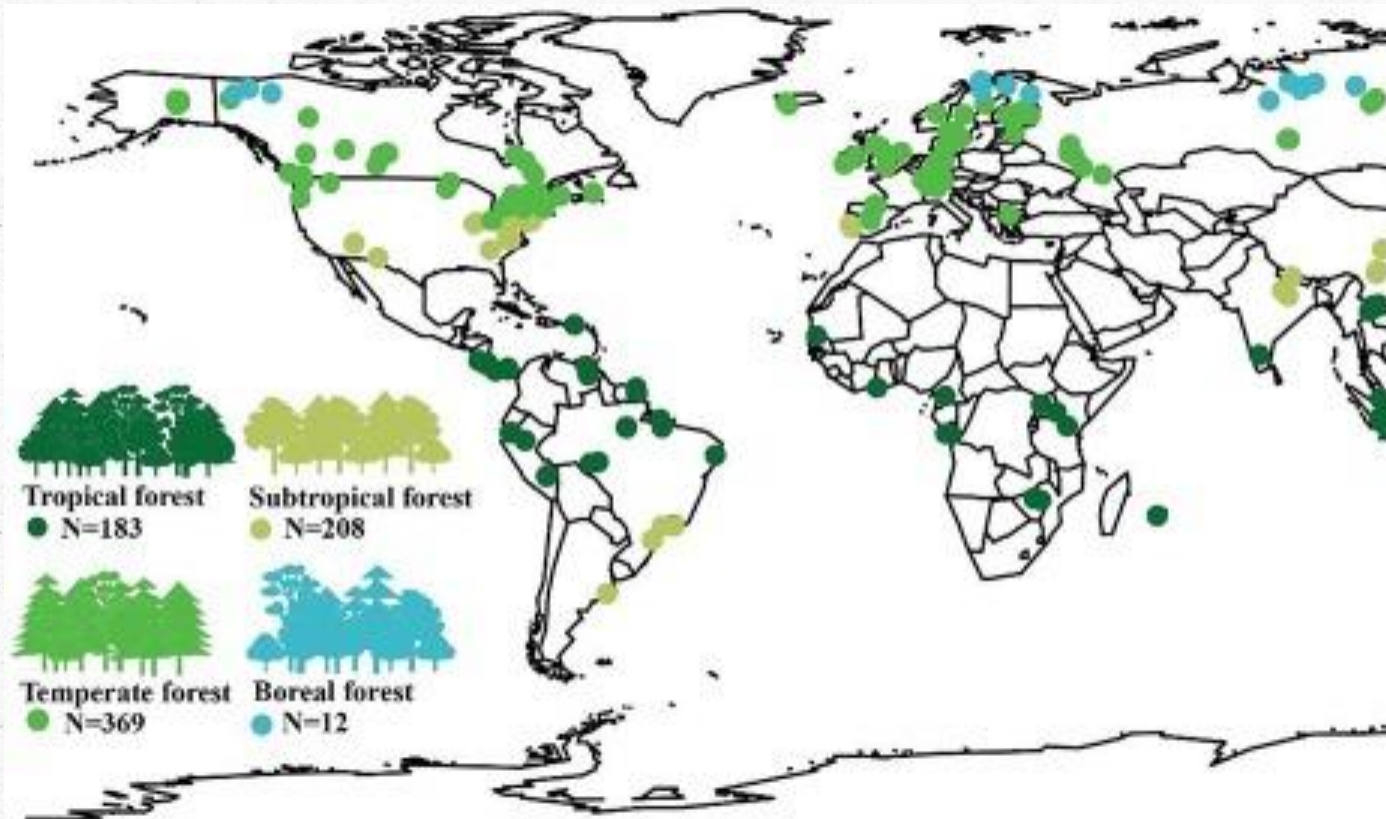
- Wissen über Trends und langzeitliche Einflussfaktoren auf Methankonsumption stammt aus **Metastudien**



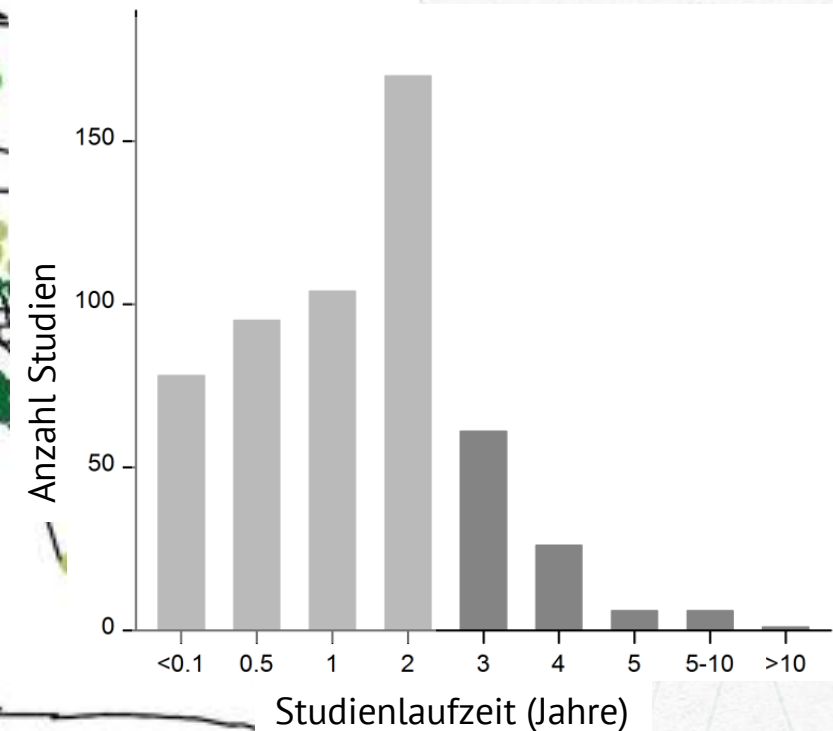
Feng et al (2023): Global distribution of study sites for monitoring in situ soil methane fluxes in forest ecosystems included in this survey

Diskussion: Datenlage

- Wissen über Trends und langzeitliche Einflussfaktoren auf Methankonsumption stammt aus **Metastudien**



Feng et al (2023): Global distribution of study sites for monitoring in situ soil methane fluxes in forest ecosystems included in this survey



Ni & Groffman (2018): Fig. S2. Länge der Untersuchungszeiträume von In-situ-CH₄-Flussmessungen aus 317 wissenschaftlichen Artikeln.

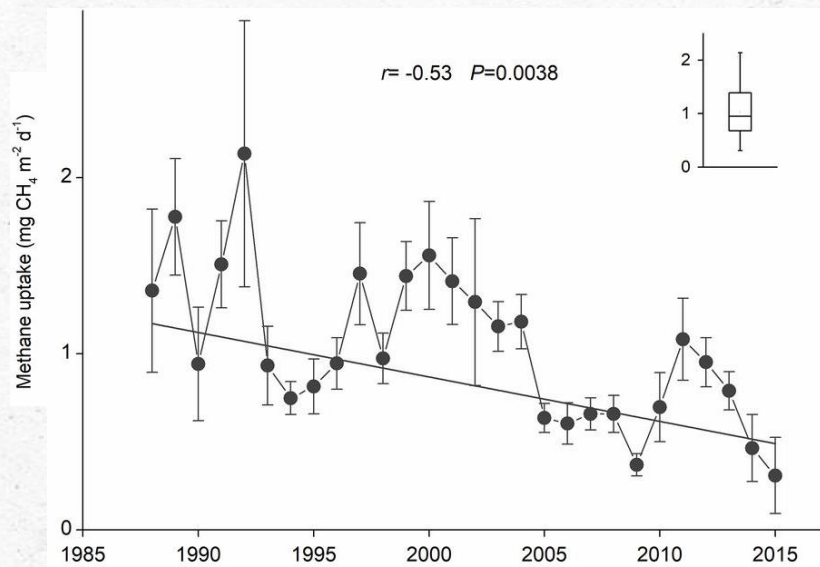
80 % dieser Studien dauerten weniger als zwei Jahre.

Diskussion: Vergleich mit (Meta-)studien

Vergleich unserer Ergebnisse mit Metastudien zur Methankonsumption in Waldböden

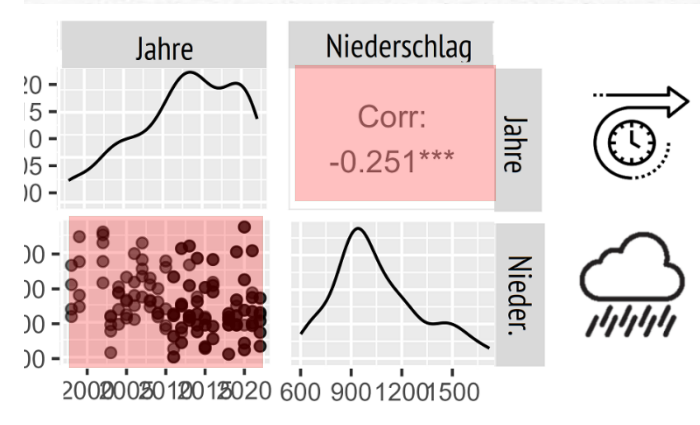
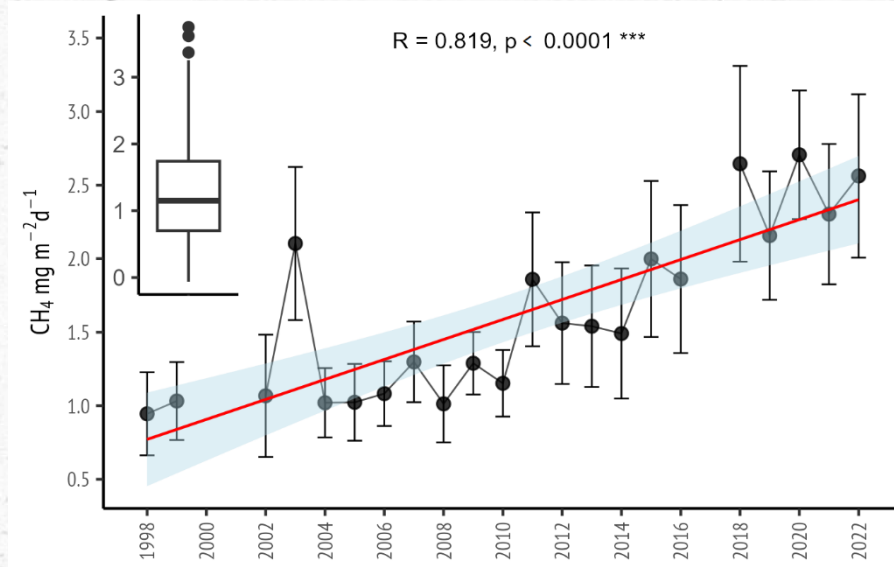
Ni & Groffman 2018: Trendanalyse

starke signifikante Abnahme der Methankonsumption **X**
für nördl. Hemisphäre durch Zunahme der Jahresniederschläge



Feng et al. 2023: langzeitliche Einflussfaktoren

Zunahme der Methankonsumption durch steigende globale Temperatur **✓**



Diskussion: Vergleich mit (Meta-)studien

Vergleich unserer Ergebnisse mit Metastudien zur Methankonsumption in Waldböden

Ni & Groffman 2018: Trendanalyse

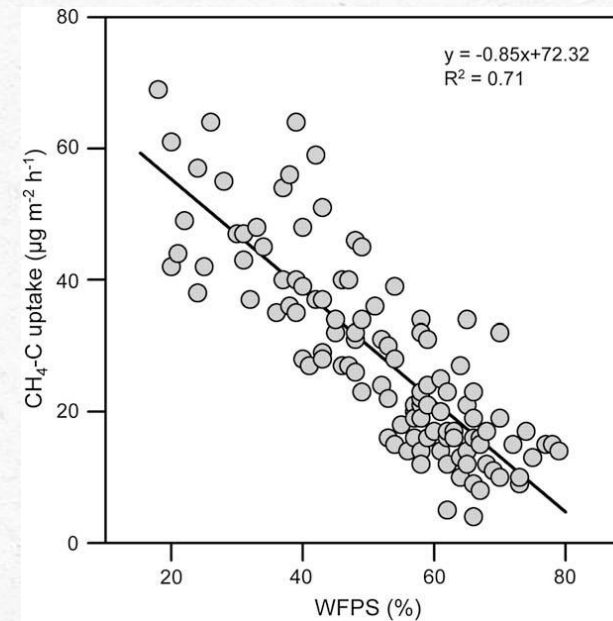
starke signifikante Abnahme der Methankonsumption ✗
für nördl. Hemisphäre durch Zunahme der Jahresniederschläge

Feng et al. 2023: langzeitliche Einflussfaktoren

Zunahme der Methankonsumption durch steigende globale Temperatur ✓

Guckland et al. 2009: zeitl. und räuml. Einfluss

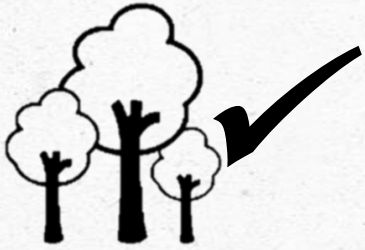
negative Korrelation der Methankonsumption zum WFPS ✓



5

Fazit

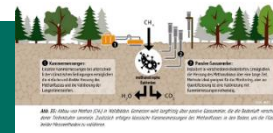
Fazit



- Kombination von Passivsammler und Kammermessungen **ermöglicht Quantifizierung langer konsistenter Messreihen.**
- langzeitliche **Trends** der Methankonsumption **vorwiegend positiv** aber auch mit hoher Unsicherheit **konträr zu Trendergebnissen aus Metastudien.**
- Vergleich der Jahresmittelwerte:
 - wichtigste langzeitliche Einflussfaktoren:
Wassergefüllter Porenraum, zeitlicher Trend & Bodentemperatur
- Die Ergebnisse liefern einen **wichtigen Beitrag** zum besseren Verständnis der globalen Methansenke Waldboden

SAMS – SOILS AS METHANE SINKS

Waldböden als wichtigste terrestrische Senke für atmosphärisches Methan im Klimawandel: eine bedrohung von Waldböden?



Article

Long Term Soil Gas Monitoring as Tool to Understand Soil Processes

Martin Maier, Valentin Gartiser, Alexander Schengel and Verena Lang

Department Soil and Environment, Forest Research Institute Baden-Württemberg, 79100 Freiburg, Germany; valentin.gartiser@forst.bwl.de (V.G.); Alexander.Schengel@forst.bwl.de (A.S.); Verena.Lang@forst.bwl.de (V.L.) * Correspondence: martin.maier@forst.bwl.de

Received: 29 October 2020; Accepted: 30 November 2020; Published: 3 December 2020

Featured Application: Extensive long-term monitoring of greenhouse gases in soils. The mechanically simple and robust design makes the set-up an efficient, versatile, and reliable tool for soil gas monitoring, especially in forest soils. It can also be included in other routine monitoring networks with limited investment and relatively low additional labor costs.

Abstract: Soils provide many functions as they represent a habitat for flora and fauna, supply water, nutrient, and anchorage for plant growth and more. They can also be considered as large bioreactors

weitere Infos & Literatur

Literatur:

Saunio et al. (2019). The global methane budget 2000–2017. *Earth System Science Data Discussions*, 2019, 1-136

Ni & Groffman (2018). Declines in methane uptake in forest soils. *PNAS*, 115(34), 8587-8590.

Feng et al. (2023). Global estimates of forest soil methane flux identify a temperate and tropical forest methane sink. *Geoderma*, 429, 116239.

Guckland et al. (2009): Controls of temporal and spatial variability of methane uptake in soils of a temperate deciduous forest ..., *SBB* (41), 1659-1667.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Projektseite



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



^{1,2} Verena.Lang@forst.bwl.de

¹Valentin Gartiser | ¹Peter Hartmann | ¹Alexander Schengel | ²Martin Maier



¹Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA), Abteilung Boden & Umwelt, Wonnhalde 4, 79100 Freiburg
²Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Lehrstuhl für Bodenphysik, Grisebachstraße 6, 37077 Göttingen