

Arbeitspaket A1a: Der Einfluss von erhöhtem CO₂ und Temperatur auf Treibhausgasemissionen

Erkenntnisse aus der Gi-FACE Langzeitstudie und Ausgangslage im Thermo-FACE auf Dauergrünland

Cécile Guillet¹, Claudia Kammann², Lutz Breuer³, Gerald Moser¹ und Christoph Müller¹

¹Institut für Pflanzenökologie, Justus-Liebig-Universität Gießen

²Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung, AG Klimafolgenforschung für Spezialkulturen, Hochschule Geisenheim University

³Institut für Landschaftsökologie und Ressourcenmanagement, Justus-Liebig-Universität Gießen

Einleitung / Hintergrund

Eine zentrale Frage des Gi-FACE ist die Erhaltung der Senkenfunktion bzw. Klimaneutralität von Dauergrünland im Zuge des Klimawandels. Das Gi-FACE als eines der am längsten laufenden FACE Experimente verfügt über die **längste Datenreihe von Treibhausgasflüssen** unter erhöhter atmosphärischer CO₂-Konzentration.

Die zweite Hälfte des Spurengas-Datensatzes wurde analysiert, um zu ermitteln, ob die **positiven Rückkopplungseffekte** nur Anfangseffekte waren oder ob die Änderung der Spurengasflüsse unter erhöhtem CO₂ langfristig bestehen bleiben. Beim **Thermo-FACE** Experiment wird untersucht, ob die positive Rückkopplung auch unter der Kombination von erhöhter Temperatur und erhöhtem CO₂ auftritt.

Bisherige Ergebnisse

Nach 18 Jahren Gi-FACE zeigt sich:

- **Nächtliche Ökosystematmung:** eCO₂ immer **höher** als aCO₂ (Abb. 1 a und d) mit signifikant höherer Bodenatmung im Herbst und Winter^[4]
- Trotz gesteigerter Biomasse^[5] **schnellerer C-Umsatz**, keine langfristig C-Sequestrierung im Boden
- **Verstärkte N₂O-Abgabe** unter eCO₂, besonders während der Vegetationsperiode. Dieser Effekt wurde erst im Laufe der Untersuchungsjahre immer deutlicher^[1] (Abb.1e).
- **CH₄-Aufnahme** in den Boden **verringert** sich unter eCO₂ (Abb. 1f). Keine räumliche Verlagerung der Nische und Aktivität der methanotrophen Mikroorganismen, diese oxidieren simultan atmosphärisches und bodenbürtiges CH₄^[6].
- **Ungewöhnliche CH₄-Emissionsereignisse** machen eine Bilanzierung schwer. Mehrere Methanemissions-Simulationen machten deutlich, dass mit der bisher angewandten Methode ein kurzes CH₄-Emissionsereignis wahrscheinlich nicht richtig erfasst werden kann, und somit der Methanfluss in dem Ökosystem möglicherweise unterschätzt werden könnte (Abb.2) (Veröffentlichung in Arbeit)

→ Der erhöhte Biomasseertrag kann die Zunahme der Treibhausgasemissionen wahrscheinlich nicht ausgleichen, so dass die **Senkenfunktion des Grünlandes abnimmt**

→ Viele Veränderungen wurden erst nach mehreren Jahren Laufzeit sichtbar

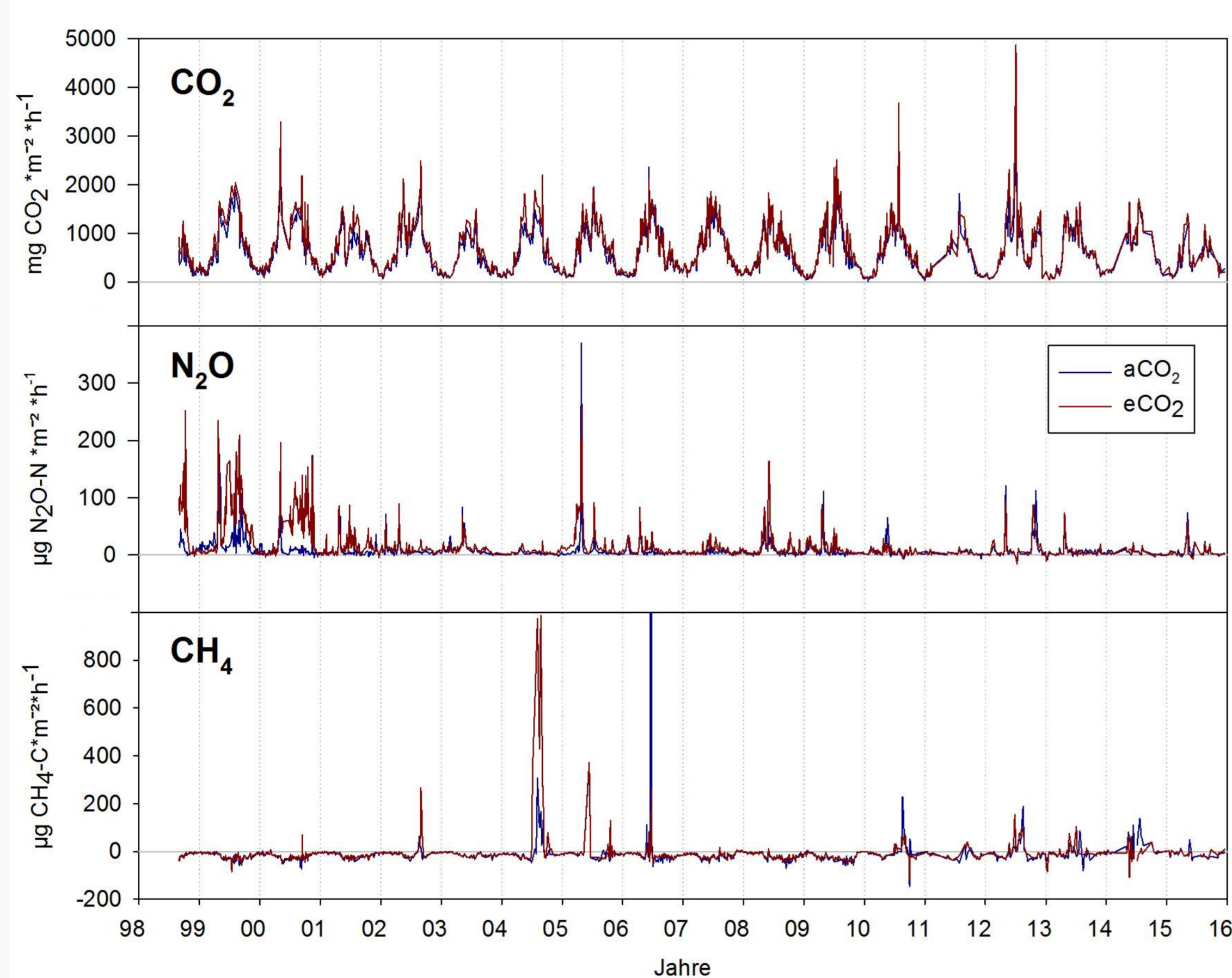


Abbildung 1: Gasflüsse für Kohlendioxid (CO₂), Lachgas (N₂O) und Methan (CH₄) auf der Gi-FACE-Fläche über die gesamte Messperiode (1998–2015) unter erhöhtem CO₂ (eCO₂) und Kontrolle (aCO₂). Ökosystematmung mit saisonaler Dynamik (a) und über 17 Jahre kumulierte nächtliche Emissionen (c). Zeitreihe der Lachgasflüsse (b) und kumulierte Emissionen (e). Methanflussraten (c) und kumulierte Methanaufnahme im Boden ohne und mit Berücksichtigung von extremen Emissionsereignissen (f).

Abbildung 2: Beispiel einer simulierten CH₄-Emission (a) und eine Kammermessung auf der Gi-FACE-Fläche mit ungewöhnlichen CH₄-Konzentrationen in der Messkammer (b). Die gefüllten Punkte sind Messwerte, während die Kreise und gestrichelten Linien mögliche Emissionsmuster anzeigen, ähnlich wie sie bei der Simulation.

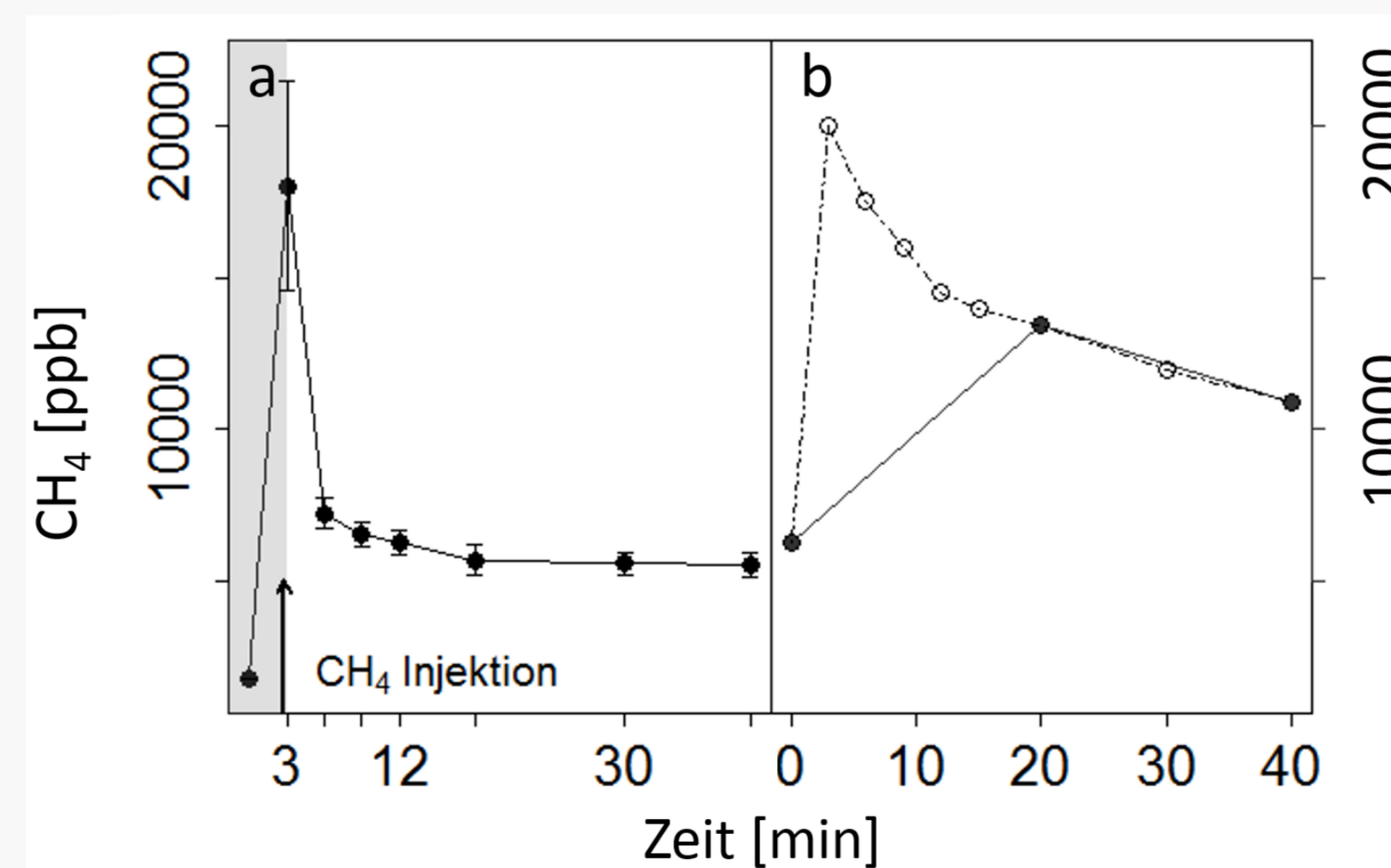
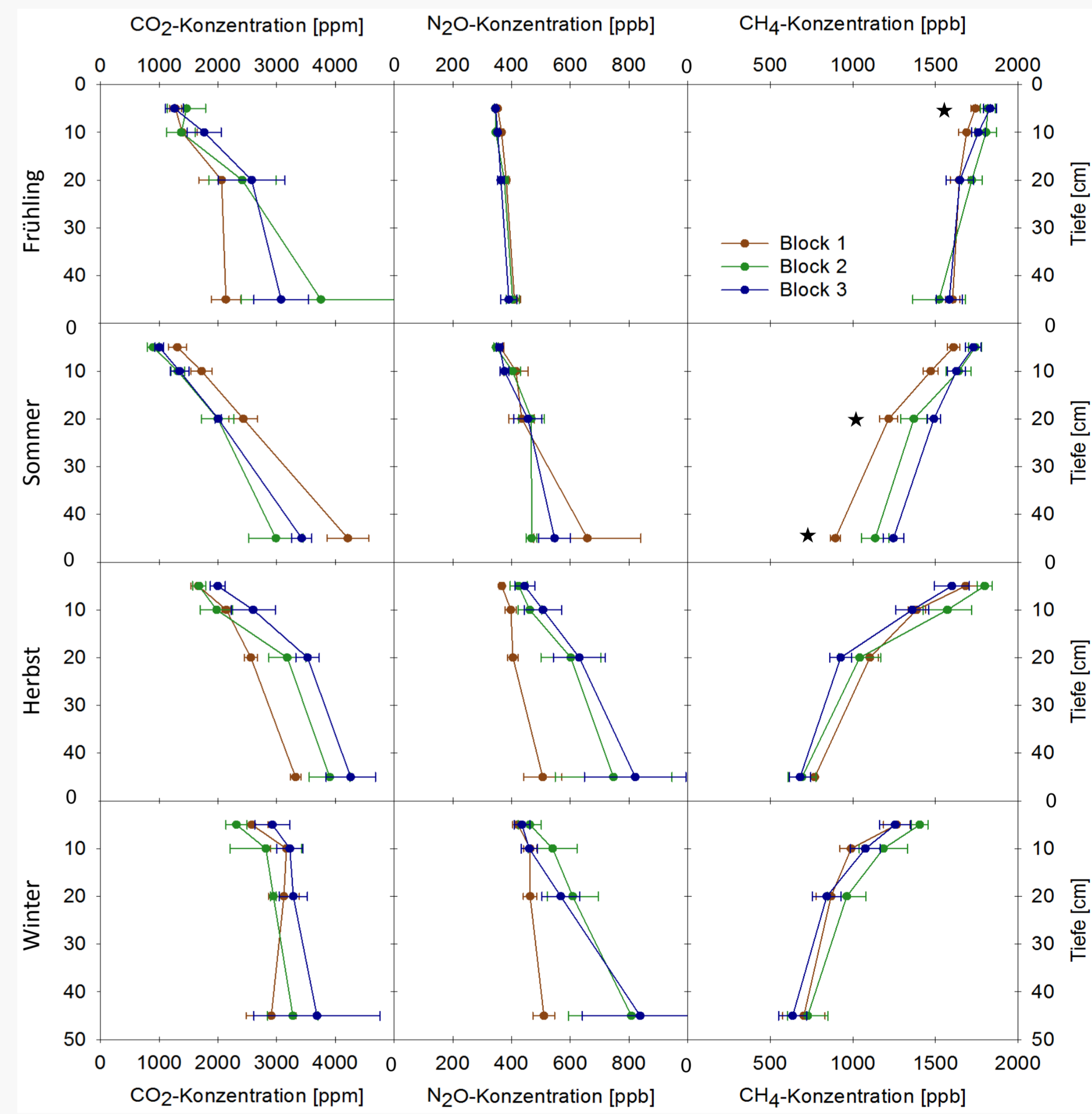


Abbildung 3: Ausgangslage der mittleren Bodengaskonzentrationen auf der Thermo-FACE-Fläche in 4 Tiefen (5, 10, 20 und 45 cm; Mittelwert und Standardfehler; n=5) entlang des Bodenfeuchtegradienten (zunehmende Feuchte von Block 1 zu 3) im Jahresverlauf 2015 für CO₂, N₂O und CH₄. Signifikante Unterschiede (zweifaktorielle ANOVA) zwischen den Blöcken sind mit Sternchen hervorgehoben.



Ergebnisse des Thermo-FACE & des Wärme-Experimentes:

- **Bodengas-Konzentrationen** in den Thermo-FACE-Ringen zeigen ein einheitliches Bild im Verlauf des Jahres und entlang des Bodenfeuchtegradienten (Block 1 – 3).
- Signifikante **Unterschiede** zwischen den Blöcken sind nur für **Methan** deutlich geworden (Abb. 3).
- Signifikante Änderungen der Treibhausgasemissionen (**mehr Bodenatmung, weniger N₂O-Emission**) unter erhöhter Bodenoberflächentemperatur im **Wärme-Experiment**. Details siehe Poster: Assoziiertes Projekt-Arbeitspaket A1a.

Material & Methoden

- **Spurengasmessungen** auf der Gi-FACE-Fläche mit Kammermethode^[1]: 1 – 3 mal pro Woche, 3 Wiederholungen je Ring. Analyse am GC (bis 2014 HP6890, seit 2014 Bruker 450-GC).
- Beprobung der **Bodensonden** alle 2 Wochen auf der Thermo-FACE-Fläche (nach ^[2] und ^[3] erstellt) in 2-facher Wiederholung je Ring in 4 Tiefen. Analyse am GC.
- **Simulation von CH₄-Emissionen:** kurz nach Aufsetzen der Messkammer wurde eine definierte Menge CH₄ in die Kammer eingespritzt und innerhalb der regulären Messdauer (40 Minuten) in 3-Minuten-Intervallen Proben entnommen.

Ausblick Auslaufphase

- **Fortführung** der Messungen der **Treibhausgasflüsse** im alten Gi-FACE und im **Thermo-FACE**
- Bestimmung der **Bodengaskonzentrationen** im Thermo-FACE
- Fortführung der **lückenlosen Datenreihen** zur Analyse der Effekte der Kombination von erhöhtem CO₂ (+20%) und erhöhter Temperatur (+2°C) auf die **Spurengasflüsse** in der Verfestigungsphase
- **Vorhandenen Daten** des Gi-FACE und die erhobene Daten auf der Thermo-FACE-Fläche werden ausgewertet und **publiziert**