

Arbeitspaket B2:

Extremere Wetterbedingungen reduzieren den CO₂-Düngungseffekt in Grünländern der gemäßigten Breiten

Wolfgang Obermeier¹, Lukas Lehnert¹, Claudia Kammann², Christoph Müller³, Ludger Grünhage³, Jürg Luterbacher⁴, Martin Erbs³, Gerald Moser³, Ruben Seibert³, Naiming Yuan⁴, Jörg Bendix¹

¹ Klimageographie und Umweltmodellierung, Institut für Geographie, Philipps-Universität Marburg

² Klimafolgenforschung an Spezialkulturen, Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung, Hochschule Geisenheim Universität

³ Experimentelle Pflanzenökologie, Institut für Pflanzenökologie, Justus-Liebig-Universität Gießen

⁴ Klimatologie, Klimadynamik und Klimawandel, Institut für Geographie, Justus-Liebig-Universität Gießen

Einleitung / Hintergrund

Steigende atmosphärische CO₂-Konzentrationen stimulieren die Pflanzenphotosynthese, erhöhen die Wassernutzungseffizienz (→ CO₂-Düngungseffekt) und verstärken somit die Nettosenkenfunktion von Pflanzen im globalen Kohlenstoffkreislauf. Die Abhängigkeit dieses Effekts von abiotischen Bedingungen und damit die **Interaktion mit dem Klimawandel** sind jedoch **umstritten** (Abb. 1, IPCC 2014), da die zumeist kurzzeitigen Experimente zu widersprüchlichen Ergebnissen führten. Daher analysieren wir hier den CO₂-Düngungseffekt in Abhängigkeit von Umweltbedingungen auf Basis des **längsten Freiluft CO₂-Anreicherungs-experiments auf Grünland**.

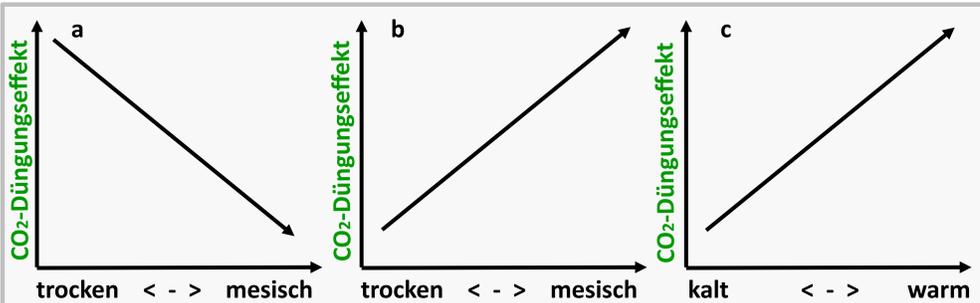


Abb. 1: Theoretischer CO₂-Düngungseffekt abhängig von a) Feuchtigkeitsregime (traditionell; Long *et al.* 2004), b) Feuchtigkeitsregime (neuere Erkenntnisse; Reich *et al.* 2014) und c) Temperaturregime (Long *et al.* 2004)

Material & Methoden

Aufgrund zeitlich variabler CO₂-Konzentrationen, wurden die CO₂-Messungen in den Versuchseinheiten zur Berechnung des CO₂-Düngungseffekts herangezogen und eine **neue Analyse-methode** entwickelt („moving subset analysis“, Abb. 2):

- 1) Aggregation der Umweltvariablen über drei Monate vor Ernte
- 2) Sortierung des Datensatz für jede Umweltvariable
- 3) Kombination fünf ähnlicher Jahre zu je einem Subset, Verschiebung Subset um ein Jahr (nicht chronologisch)
- 4) Regressionsanalyse (Biomasse vs. CO₂-Konzentration)
- 5) Analyse der Regressionskoeffizienten über Mittelwerte der betrachteten Umweltvariable

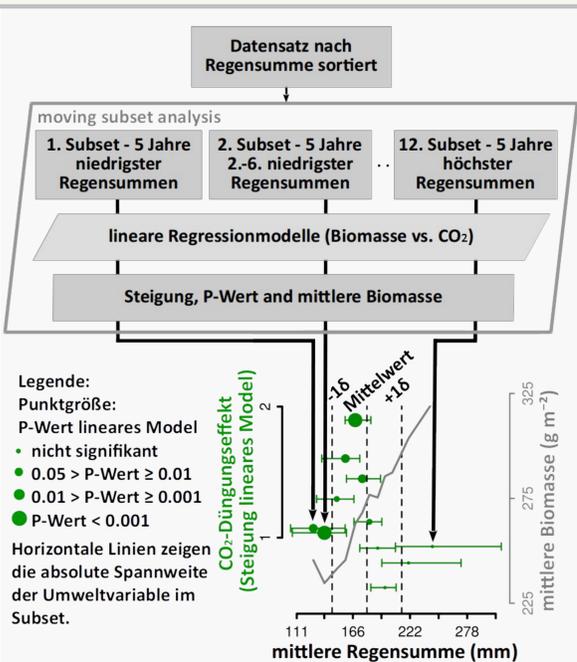


Abb. 2: Methodenüberblick am Beispiel Regen

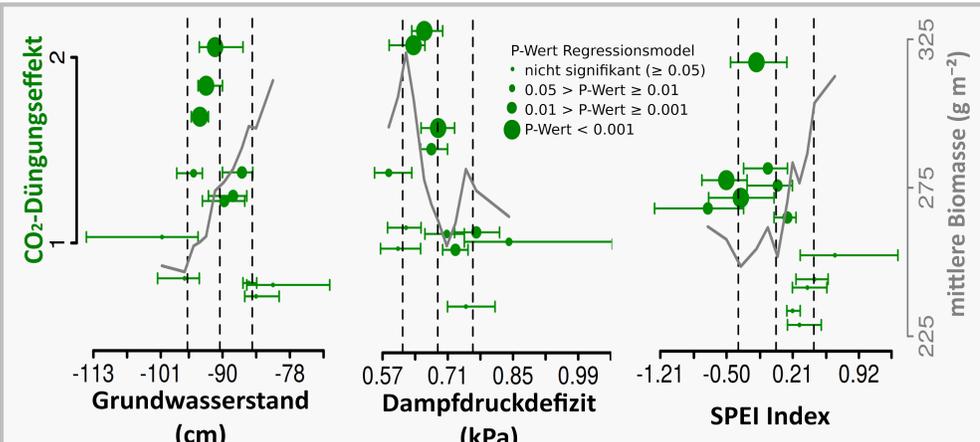


Abb. 3: CO₂-Düngungseffekt abhängig von Umweltvariablen (GiFACE). Gestrichelte Linien markieren Regimegrenzen. Die durchgezogene Linie zeigt die mittlere Biomasse im Subset, horizontale Linien die Spannweite der Umweltvariable.

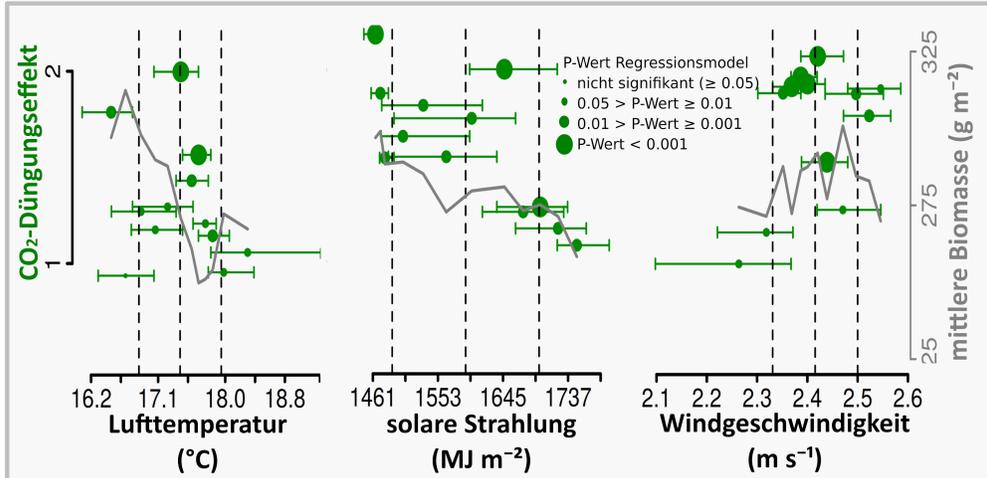


Abb. 4: CO₂-Düngungseffekt abhängig von Umweltvariablen (GiFACE). Siehe Abb. 3.

Ergebnisse

Wir zeigen erstmals den **stärksten CO₂-Düngungseffekt** unter „normalen“ und einen **reduzierten Effekt** unter **extremere Umweltbedingungen** (Abb. 3-5, Obermeier *et al.* 2017). Der reduzierte Effekt bei Trockenheit resultiert wahrscheinlich aus einem zu niedrigen Turgordruck, der die Assimilation zusätzlichen Kohlenstoffs verhindert. Der reduzierte Effekt unter wärmeren Temperaturen könnte Konsequenz der erhöhten Wassernutzungseffizienz sein, da die reduzierte Transpiration die Blatttemperatur erhöht und, besonders bei niedrigen Windgeschwindigkeiten, zu Hitzestress führen kann. Somit muss entgegen vorheriger Erkenntnisse (Abb. 1) in Grünländern der gemäßigten Breiten von einem **reduzierten CO₂-Düngungseffekt** unter den **prognostizierten Klimabedingungen** (trockenere und heißere Sommer, IPCC, 2014) ausgegangen werden.

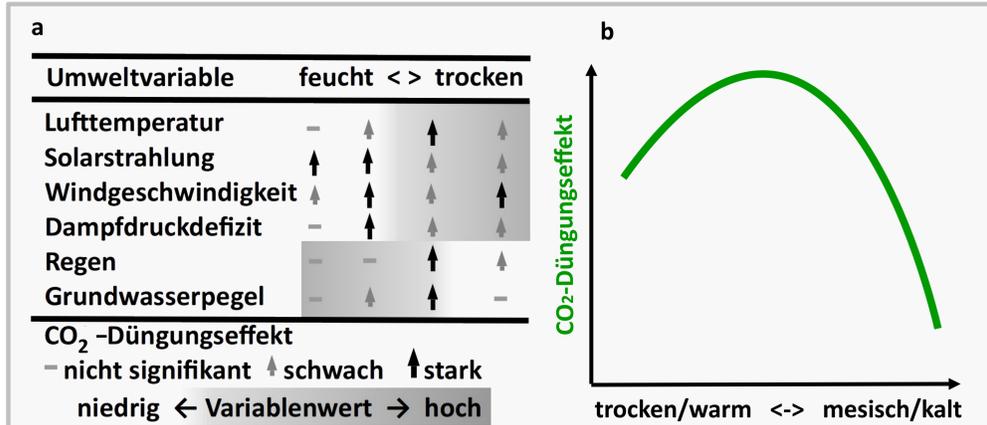


Abb. 5: Überblick des CO₂-Düngungseffekts abhängig von Umweltvariablen (GiFACE). a) Regimegrenzen sind durch Mittelwert und Mittelwert ±1 Standardabweichung definiert. Regime mit weniger als zwei signifikanten Modellen (p < 0.05) gelten als nicht signifikant. b) Synthese des CO₂-Düngungseffekts im GiFACE.

Bedeutung

Entgegen vorheriger Annahmen ist der **CO₂-Düngungseffekt** unter den prognostizierten, durch trockenere und heißere Sommer gekennzeichneten Klimabedingungen **abgeschwächt**. Dies führt in Zukunft zu einer **reduzierten Assimilation atmosphärischen Kohlenstoffs**, weshalb die bislang angenommene Nettosenkenfunktion von Grünländern für den globalen Kohlenstoffkreislauf hinterfragt werden muss. Da Klimamodelle mit der Annahme eines hohen CO₂-Düngungseffektes angetrieben werden, ist ein **beschleunigter Anstieg atmosphärischen Kohlenstoffs**, und damit der globalen Erwärmung zu erwarten.

Die Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit naturnaher Langzeitexperimente. Die entwickelte Methode und der verwendete Datensatz sind als open source CRAN R Paket „msaFACE“ für die Öffentlichkeit verfügbar gemacht worden.