

Auswirkungen des Klimawandels auf den Kohlenstoffkreislauf im Grünland

David Reinthaler^{1*}

Einleitung

Durch den Anstieg der atmosphärischen CO₂-Konzentration und den damit einhergehenden Temperaturanstieg wird eine Reihe von Änderungen von biogeochemischen Kreisläufen erwartet (Frank *et al.*, 2015). Des Weiteren wird erwartet, dass die Auftretswahrscheinlichkeit von Wetterextremen wie Dürren und Hitzewellen in Zukunft zunehmen wird. Um diesen Änderungen vorbereitet entgegenzutreten zu können, werden in verschiedenen Klimamanipulationsexperimenten Versuche durchgeführt um zu untersuchen, wie sich diese Änderungen auf Biomasseproduktion, Wasser- und Nährstoffhaushalt sowie Treibhausgasemissionen auswirken könnten.

Globaler Kohlenstoffkreislauf

Der Kohlenstoffkreislauf beschreibt den Austausch von Kohlenstoff (C), hauptsächlich in Form von CO₂, zwischen verschiedenen Ökosystemen mit der Erdatmosphäre und berücksichtigt auch Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger und vulkanischer Aktivität.

Vereinfacht dargestellt kann gesagt werden, dass natürliche Ökosysteme, die sich im Aufbau befinden, eine positive Kohlenstoffbilanz haben, sprich C aus der Atmosphäre binden. Ökosysteme im Klimax Stadium bilanzieren gegen Null und Ökosysteme, die aus dem Gleichgewicht kommen, können zu Kohlenstoffquellen werden. Dies ist relevant, da in der Pedosphäre und Biosphäre zwei bis dreimal so viel C gespeichert ist, wie in der Atmosphäre.

Die Flüsse von und zur Pedosphäre, mit der Biosphäre als Schnittstelle sind wesentlich höher als die Emissionen aus fossilen Quellen und mittlerweile maßgeblich anthropogen beeinflusst, sei es direkt durch Landnutzungsänderungen

oder Intensivlandwirtschaft, oder indirekt durch globale Erwärmung und erhöhten atmosphärischen CO₂-Gehalt.

Kohlenstoffkreislauf im Grünland

Grünland stellt einen erheblichen Anteil an landwirtschaftlich und kulturell genutzten Landschaften dar und ist allein daher für die Bilanzierung von regionalen, nationalen und globalen Kohlenstoffflüssen von großem Interesse. Grünlandökosysteme nehmen CO₂ durch Photosynthese auf und geben es über verschiedene Atmungsprozesse wieder an die Atmosphäre ab. Die Größe der CO₂-Aufnahme hängt dabei maßgeblich von der Bestandesstruktur, den Lichtverhältnissen, der Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit sowie von Temperatur und CO₂-Gehalt der Atmosphäre ab. Auch die Atmungsprozesse im Boden (Bodenfauna, Mikroorganismen, Wurzelatmung) sind stark an Temperatur und CO₂-Gehalt gekoppelt. Solange die CO₂ Aufnahme höher ist als die Summe der Atmungsprozesse, fungiert ein Ökosystem als Kohlenstoffsenke, überwiegt die Atmung, wird das System zur Kohlenstoffquelle. Zieht man in Betracht, dass der Boden, wie oben erwähnt, den größten Kohlenstoffpool auf der Erdoberfläche darstellt, wird klar, dass kleine Änderungen in diesem Pool große Auswirkungen auf den Kohlenstoffkreislauf haben können und dadurch den Klimawandel weiter verstärken oder auch kompensieren könnten. Der Einfluss von Temperatur und CO₂-Gehalt auf die Kohlenstoffbilanz von Grünlandsystemen ist eine wesentliche Motivation, dieses System in einem Klimawandelexperiment wie ClimGrass zu untersuchen.

Methodik

Zur Erhebung von Kohlenstoffflüssen werden verschiedene Kammersysteme (*Abbildung 1*) zur direkten Messung von



Abbildung 1: a) transparente Kammer zur Messung ökosystemarer CO₂-Flüsse; b) automatische Bodenatmungskammer; c-d) Messschacht und Membranschläuche für CO₂-Profil Messungen.

¹ Institut für Ökologie, Universität Innsbruck, Sternwartestrasse 15, A-6020 Innsbruck

* Ansprechpartner: David REINTHALER MSc, david.reinthal@student.uibk.ac.at



Flussraten verwendet. In transparenten Kammern, die bei guten Lichtverhältnissen über den Bestand gestülpt werden, wird der Verlauf der CO₂-Konzentrationen gemessen und daraus die Flussrate berechnet. Ist der Fluss negativ, ist die C-Aufnahme durch die Photosynthese größer als die Atmungsprozesse. Die hiermit gemessene Größe nennt sich ökosystemarer Netto-C-Austausch oder NEE. Mit abgedunkelten Kammern lässt sich nach dem gleichen Prinzip die Summe der Atmungskomponenten messen, die Ökosystematmung oder Reco. Zur weiteren Trennung der Atmungskomponenten wird eine Reihe verschieden aufgebauter Kammern zur Messung der Gesamtbodenatmung oder Bodenatmung unter Wurzelausschluss verwendet.

Weiters betreiben wir auf der Anlage ein automatisiertes System zur hochauflösenden Messung der CO₂-Konzentrationen im Bodenprofil. Anhand dieser Daten können CO₂-Flüsse und auch die CO₂-Produktion in verschiedenen Bodentiefen modelliert werden, was wiederum einen wesentlichen Informationsgewinn über die im Boden ablaufenden Prozesse und deren zeitliche Dynamik erbringt.

Ergebnisse

Dürreexperiment 2017

Im Sommer 2017 wurde auf unserer Versuchsfläche ein Dürreexperiment durchgeführt, in welchem die Auswirkungen dieses Extremereignisses auf die Kohlenstoffflüsse unter aktuellen (C0T0) und zukünftigen Klimabedingungen (C2T2) untersucht wurden.

Schon vor Beginn des Dürreexperimentes war die Produktivität auf den Flächen, die dem zukünftigen Klimaszenario ausgesetzt waren, eingeschränkt. Unter beiden Klimaszenarien konnte ein Rückgang der Produktivität des Grünlandes bei Dürre beobachtet werden, wobei der Rückgang im zukünftigen Szenario stärker war als im aktuellen. Dieser Rückgang der Produktivität war auf eine Einschränkung der Atmung und der Photosyntheseleistung des Systems zurückzuführen, wobei der starke Unterschied der beiden Szenarien auf einer erhöhten Einschränkung der Photosynthese unter zukünftigem Klima beruhte (Abbildung 2). In der Erholungsphase nach der Dürre kam es zu einem Überschießen vor allem der Atmung, welches jedoch den vorangegangenen Produktivitätsverlust nicht ausgleichen konnte.

Bei einem genaueren Blick auf die Atmungskomponenten konnten wir eine starke Einschränkung der Bodenatmung unter Dürre erkennen, wobei auch hier die Einschränkung unter dem zukünftigen Klima wesentlich höher war als unter aktuellem (Abbildung 3).

Befeuchtungspulse der Bodenatmung, auch „Birch Effekt“ genannt (Birch, 1958)

sind ein erprobtes Mittel zur Klassifizierung von Dürreintensitäten. Dazu wird bei kontrollierter Wiederbefeuchtung (Rewetting) nach einem Dürreereignis hochauflösend die Bodenatmung gemessen. Kurz nach dem Rewetting kommt es zu einer rapiden Erhöhung der Bodenatmung, resultierend aus der rapiden Mineralisierung von organischem C durch

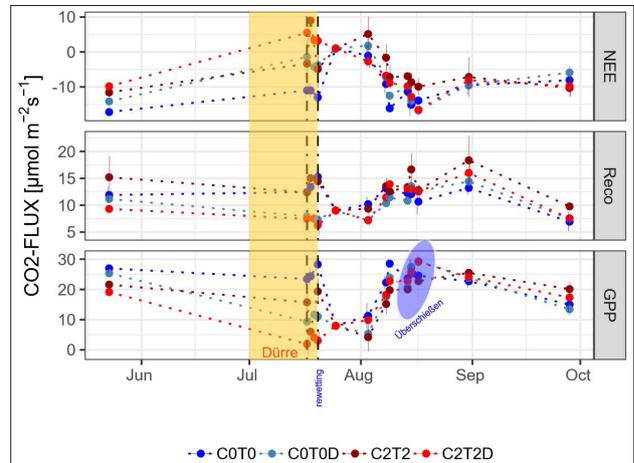


Abbildung 2: Bruttoprimärproduktivität (GPP) und deren Komponenten Netto-C-Austausch (NEE) und Ökosystematmung (ER) während des Dürreexperimentes und darauffolgender Erholungsphase. Stärkere Einschränkung durch Dürre unter zukünftigem Klima (C2T2D) als unter aktuellem Klima (C0T0D) unter Dürre. Das sogenannte „Überschießen“ in der Erholungsphase konnte zuvor erlittene Verluste nicht ausgleichen.

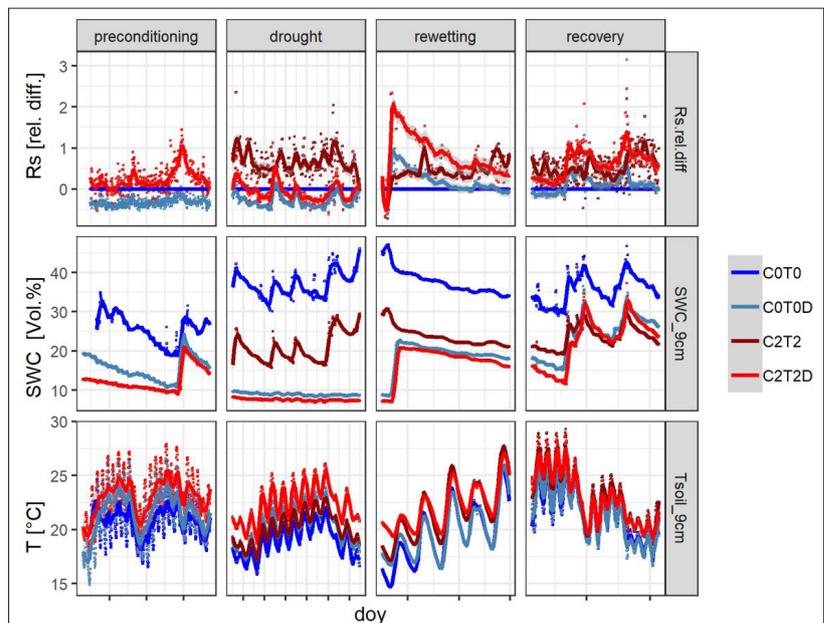


Abbildung 3: Auf die Kontrolle (C0T0) normalisierte Bodenatmungsflüsse vor, während und nach dem Dürreexperiment sowie dazugehörige Bodenfeuchte und Bodentemperatur. Während der Dürre kam es in beiden Klimaszenarien zu wesentlichen Einschränkungen in den Bodenatmungsraten. Bei der Wiederbefeuchtung (rewetting) fielen die Atmungspulse im zukünftigen Klima (C2T2D) stärker aus, als unter aktuellem (C0T0D). Auch Überschießen der Bodenatmung während der Erholungszeit (recovery) war unter C2T2D stärker ausgeprägt als unter C0T0D.

Mikroorganismen, welcher während der Dürre akkumuliert wurde. Hier gilt: je höher der resultierende Puls, desto stärker das vorangegangene Dürreereignis. Auch diese Messgröße fiel unter zukünftigem Klima wesentlich höher aus, als unter aktuellem.

Schlussfolgerungen

Unter zukünftigen Klimabedingungen ist eine Veränderung der Produktivität von Grünland zu erwarten, vor allem unter Extremereignissen. Bei einer überproportionalen Zunahme von Atmungsprozessen kann ein Verlust von Kohlenstoff an die Atmosphäre nicht ausgeschlossen werden, der die bisher dokumentierten Verluste durch Dürren weitaus übersteigt (Ciais *et al.*, 2005). Inwiefern diesen Verlusten durch Anpassung der Grünlandbestände und Nährstoffbedingungen

entgegengewirkt werden kann, bleibt Gegenstand weiterer Untersuchungen.

Literatur

- Birch, H. F. (1958): The effect of soil drying on humus decomposition and nitrogen availability. In *Plant and Soil* 10 (1), pp. 9-31. DOI: 10.1007/BF01343734.
- Ciais, Ph.; M. Reichstein, N. Viovy, A. Granier, J. Ogée and V. Allard *et al.* (2005): Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. In *Nature* 437, 529 EP-. DOI: 10.1038/nature03972.
- Frank, D.; M. Reichstein, M. Bahn, K. Thonicke, D. Frank and M.D. Mahecha *et al.* (2015): Effects of climate extremes on the terrestrial carbon cycle. Concepts, processes and potential future impacts. In *Glob Change Biol* 21 (8), pp. 2861-2880. DOI: 10.1111/gcb.12916.