

GrassClim

Interaktive Effekte von Klimawandel und Bewirtschaftung auf den Ertrag und die Kohlendioxidsenken/quellenstärke von Grünland

Christoph Irschick¹, Elisabeth Carli², Christine Eliskases³, Stefan Frischmann³, Uta Fritsch⁴, Andreas Gobiet⁵, Hannes Haas³, Suzanne Kapelari², Josef Norz³, Matthias Themeßl⁵, Marc Zebisch⁶, Georg Wohlfahrt¹

¹ Universität Innsbruck, Institut für Ökologie
² Universität Innsbruck, Institut für Botanik
³ Landwirtschaftliche Landeslehranstalt Rotholz

⁴ Europäische Akademie Bozen, Wissenschaftskommunikation
⁵ Universität Graz, Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel
⁶ Europäische Akademie Bozen, Angewandte Fernerkundung

Kontakt: christoph.irschick@student.uibk.ac.at
 georg.wohlfahrt@uibk.ac.at

Einleitung

Der Klimawandel wird sich höchstwahrscheinlich auf die Landwirtschaft auswirken und Veränderungen bei der Landwirtschaft werden sich auf die CO₂-Quellen/Senken der landwirtschaftlich genutzten Flächen und damit wiederum auf das Klima auswirken.

Die wichtigste landwirtschaftliche Bewirtschaftungsform in den Alpen ist die Grünlandwirtschaft, charakterisiert durch Beweidung und Mahd (Bild 2). Aufgrund höherer Temperaturen wird der Schnee kürzer liegen bleiben und damit die Vegetationsperiode länger dauern, sodass intensivere Bewirtschaftungsformen möglich und die Erträge steigern werden. Hingegen könnten geringere Sommerniederschläge den Ertrag der Mähwiesen senken. Während längere Vegetationsperioden zu einer vermehrten CO₂-Aufnahme führen können, werden Dürre und Intensivierung dem entgegen arbeiten.

Im Rahmen des Sparkling Science Projekts GrassClim werden diese wechselwirkenden Einflüsse des Klimawandels und der Bewirtschaftungsanpassung auf den Ertrag und die CO₂-Aufnahme/-Abgabe der Mähwiesen untersucht. Dabei werden drei Hauptziele verfolgt:

- 1) Entwicklung zukünftiger Grünlandbewirtschaftungszenarien und lokale Klimaszenarien.
- 2) Simulationen von Ertrag und CO₂-Senken/Quellenstärke der entwickelten Grünlandbewirtschaftungs- und Klimaszenarien und Erarbeitung von nachhaltigen Bewirtschaftungsformen für zukünftiges Klima.
- 3) Relevanz der ökologischen Forschung für Entscheidungsprozesse von jungen Landwirtinnen aufzeigen.

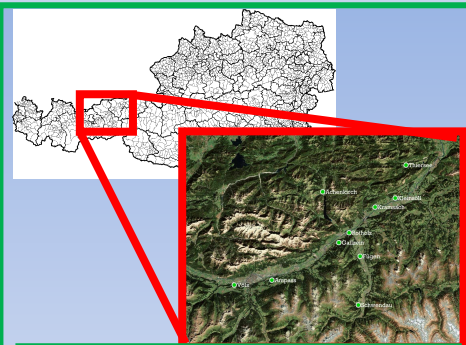


Abb.1: Zwei Wetterstationen befinden sich in Innsbrucks Umgebung (Vils und Ampass), die restlichen acht im tiroler Unterland (Tirol, Österreich).

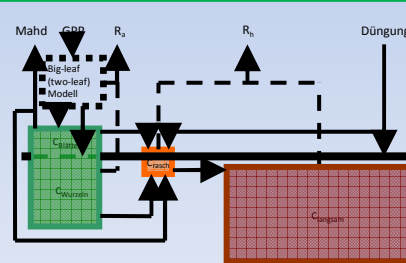


Abb.2: Schema des GrassC Modells. Durchgezogene Pfeile symbolisieren Kohlenstoffflüsse in fester/flüssiger Form und gestrichelte Pfeile Kohlenstoffflüsse in gasförmiger Form (verändert nach Williams et al., 2005).

Methoden

Das Untersuchungsgebiet ist das Unterland Tirols (Österreich) und die Umgebung Innsbrucks (Abb.1). Auf zehn Mähwiesen befinden sich Wetterstationen, welche 2011 die photosynthetisch aktive Strahlung (PAR, engl. „photosynthetically active radiation“), Lufttemperatur und -feuchte, Bodentemperatur und -feuchte (5 cm) und den Niederschlag messen (Bild 1). Zudem werden regelmäßig Proben der oberirdischen Biomasse genommen. Dies dient auch dem Vergleich zu Fernerkundungsdaten von den entsprechenden Flächen.

Die lokalen, künftigen Klimaszenarien werden mittels eines statistischen Downscalings von globalen Klimaszenarien generiert (Abb.6) und die künftigen Bewirtschaftungszenarien werden mittels eines Fragebogens von jungen Landwirtinnen erarbeitet. Die Klima- und Bewirtschaftungszenarien werden kombiniert auf ein prozessorientiertes Kohlenstoffkreislaufmodell für bewirtschaftete Graslandökosysteme namens GrassC (Williams et al., 2005) angewendet (siehe Abb.2). Dieses ist um ein big-leaf (two-leaf) Modell nach Pury und Farquhar (1997) erweitert. Das GrassC Modell wird in einem Bayesianischen Framework namens DREAM (DifferenTial Evolution Adaptive algorithm), welches ein Markov-Ketten Monte Carlo Algorithmus ist (Vrugt et al., 2008), kalibriert (Abb. 5). Zur Kalibrierung des Modells seit 2011 gemessene CO₂-Nettoökosystemflüsse von Eddy Covariance Türmen und regelmäßige Analysen der oberirdischen Biomasse auf weiteren sieben Mähwiesen in den tiroler Alpen herangezogen (Bild 3).



Bild 1: Eine von zehn Wetterstationen für die Messung von photosynthetisch aktiver Strahlung (PAR), Niederschlag, Lufttemperatur und -feuchte, sowie Bodentemperatur und -feuchte (Kramtschach); junge Landwirte beim Kennenlernen der Funktion einer Wetterstation.

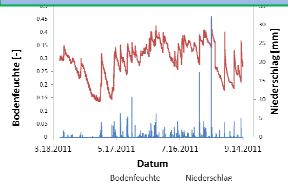


Abb.3: Bodenfeuchte (halbstündliche Mittel) und Niederschlag (halbstündliche Summen) von einer der zehn Wetterstationen (Gallzein).

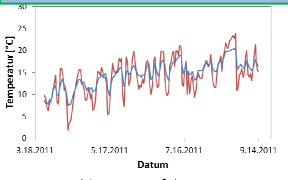


Abb.4: Luft- und Bodentemperatur (tägliche Mittel) von einer der zehn Wetterstationen (Gallzein).



Bild 2: Die Mahd auf der Versuchsfläche in Neustift im Stubaital, die typische Bewirtschaftung auf allen Versuchsflächen.

Vorläufige Ergebnisse

Über die Vegetationsperiode 2011 wurden konsistente Wetterdaten von allen 10 Wetterstationen gemessen. So zeigten die Messdaten von Bodenfeuchte und Regenfall beispielsweise von der Mähwiese in Gallzein (Abb.3) einen klaren Zusammenhang. Fällt Regen, so kommt es zu einem Sprunghaften Anstieg des Bodenwasseranteils, fällt über eine gewisse Zeit kaum Regen, so kommt es zu einem allmählichen Abfall des Bodenwasseranteils. Auch die Luft- und Bodentemperatur zeigen auf den Flächen einen klaren Zusammenhang. Beispielsweise in Gallzein (Abb. 4) sieht man einen sehr ähnlichen Verlauf der täglichen Mittelwerte von Luft- und Bodentemperatur, mit deutlich geringeren Amplituden bei der Bodentemperatur.

Die Kalibrierung der Modellparameter unter Verwendung des DREAM-Algorithmus wurde zunächst nur auf das big-leaf (two-leaf) Modell (DePury und Farquhar, 1997) angewendet, zeigte allerdings eine sehr schnelle Konvergenz der Parameter hin zu einer bestimmten Wahrscheinlichkeitsverteilung (Abb. 7). Dies zeigt, dass die vorhandenen CO₂-Flussdaten für die Kalibrierung ausreichend waren. Zusätzlich korrelierten die Modellparameter nicht sehr stark.

In weiterer Folge wird der DREAM Algorithmus auf das gesamte, erweiterte GrassC Modell angewendet werden. Das damit kalibrierte Modell wird schließlich zusammen mit den Bewirtschaftungs- und Klimaszenarien dazu verwendet werden, Prognosen von möglichen, jährlichen Erträgen und Quellen-/Senkenstärken des CO₂ von Mähwiesen zu erstellen.

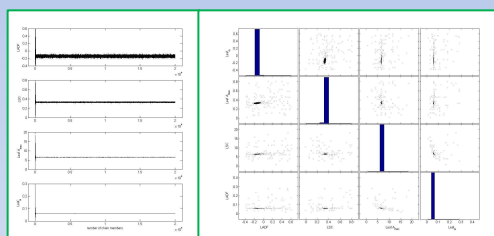


Abb.7: Links: Konvergenz von zehn Markov-Ketten der vier Parameter des big-leaf (two-leaf) Modells nach DePury und Farquhar (1997) unter Anwendung von DREAM (DifferenTial Evolution Adaptive algorithm) (Vrugt et al., 2008). Rechts: Wahrscheinlichkeitsverteilung der vier Modell-Parameter. Die vier Parameter sind der Blattwinkelverteilungsfaktor (LADF, engl. „leaf angle distribution factor“), der Blattstreuungskoeffizient (LSF, engl. „leaf scattering coefficient“), die maximale Photosynthesekapazität (Leaf A_{max}, engl. „maximum photosynthetic capacity“) und die anfängliche Quantenausbeute (Leaf φ₀, engl. „initial quantum yield“).

Literatur

- De Pury DGG, Farquhar GD, 1997. Simple scaling of photosynthesis from leaves to canopies without the errors of big-leaf models. Plant, Cell and Environment 20, 537-557.
- Vrugt JA, Ter Braak CJF, Clark MP, Hyman JM, Robinson BA, 2008. Treatment of input uncertainty in hydrologic modeling: Doing hydrology backwards with Markov Chain Monte Carlo simulation. Water Resources Research 44.
- Williams M, Schwarz PA, Law BE, Irvine J, Kurpius MR, 2005. An improved analysis of forest carbon dynamics using data assimilation. Global Change Biology 11, 89-105.



Bild 3: Eddy-Covariance Turm in Neustift im Stubaital. Die seit 2001 gemessenen Daten dienen der Kalibrierung des GrassC-Modells.

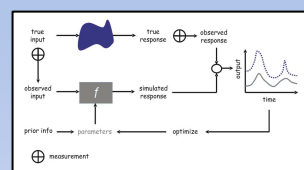


Abb.5: Schema einer Modellkalibrierung. Die Parameter des Modells werden iterativ so angepasst, dass die Vorhersage des Modells (graue, durchgezogene Linie) möglichst genau und konsistent mit den gemessenen Werten übereinstimmt (Vrugt et al., 2008).

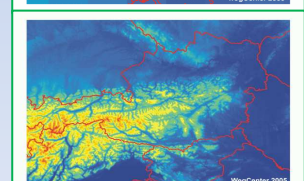
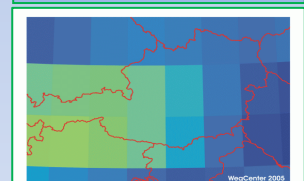


Abb.6: Die lokalen Klimaszenarien (unteres Bild) für das GrassC Modell werden mittels statistischem Downscaling von globalen Klimamodellen (oberes Bild) generiert.