

Sabina Thaler<sup>(1,2)\*</sup>, Josef Eitzinger<sup>(1)</sup>, Gerhard Kubu<sup>(1)</sup>, Barbara Chimani<sup>(3)</sup>, Christoph Matulla<sup>(3)</sup>, Johann Hiebl<sup>(3)</sup>, Michael Hofstätter<sup>(3)</sup>, Douglas Maraun<sup>(4)</sup>, and Thomas Mendlik<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup>Institute of Meteorology, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria, <sup>(2)</sup>CzechGlobe-Global Change Research Institute CAS, Brno, Czech Republic, <sup>(3)</sup>Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Klimaforschung, Wien, Austria, <sup>(4)</sup>Wegener Center für Klima und Globalen Wandel, Universität Graz, Graz, Austria  
\*E-mail: Sabina.Thaler@boku.ac.at, Tel.: +43/1/47654-5620

## PROBLEMSTELLUNG

Die ÖKS15-Klimaprojektionen präsentieren einen einheitlichen Klimaszenariendatensatz für Klima- und Klimaimpaktforschung in Österreich und machen so künftige Studien vergleichbar. Sie beinhalten 13 Modelle sowie zwei RCP Szenarien (4.5 und 8.5) mit einer räumlichen Gitternetz-Auflösung von 1km x 1km für den Zeitraum 1951-2100. Diese Klimaprojektionen wurden im Rahmen des STARC-Impact Projekts als Inputdaten für zwei Agrarmodelle verwendet: (1) das prozessorientierte Pflanzenwachstumsmodell DSSAT (CERES-Maize, CERES-Barely, CERESWheat) und (2) das agrar-klimatologische Risikoindikatorenmodell AGRICLIM.

Im Rahmen des Projektes wurden drei Forschungsfragen genauer betrachtet:

- (1) Welche Unsicherheiten treten bei Verwendung der ÖKS15-Projektionen als Modelleingabedaten auf (Untersuchungszeitraum 1981-2010)?
- (2) Welchen Einfluss hat eine unterschiedliche räumliche Auflösung der Klimaszenarien auf ausgewählte simulierte Indikatoren und Ergebnisse?
- (3) Mit welchen Auswirkungen auf den Ernteertrag kann man aufgrund eines Klimawandels rechnen (2071-2100)?



## MATERIAL UND METHODE

Zur Beantwortung der Fragestellungen wurden drei Kulturarten ausgewählt: Winterweizen und Sommergerste (nicht bewässert) sowie Körnermais (bewässert und nicht bewässert), die auf drei verschiedenen Bodenklassen simuliert wurden (Abb. 1). Die Bodenklassen wurden mit Hilfe der nutzbaren Feldkapazität definiert, die geringwertige bis mittel- und hochwertige Ackerflächen umfassten. Drei klimatisch unterschiedliche Agrargebiete in Österreich wurden hierbei genauer betrachtet: eine Region in der Südsteiermark (illyrische Klimazone), in Weinviertel (pannonische Klimagebiet) und in Oberösterreich (mitteleuropäisches Übergangsklima) (Abb. 1), jeweils mit den Referenzwetterstationen Bad Gleichenberg, Kremsmünster und Poysdorf.

Das Pflanzenwachstumsmodell DSSAT simulierte das Pflanzenwachstum und den Ertrag auf Basis der verschiedenen Wettereingabedaten und Bodenklassen (siehe unten). Die CO<sub>2</sub> Konzentration für die Ertragssimulationen wurde für den Zeitraum 1981-2010 mit 380 ppm angenommen, für 2071-2100 mit 520 ppm (RCP 4.5) bzw. 750 ppm (RCP 8.5). AGRICLIM simulierte eine Reihe agrarmeteorologischen Indikatoren.

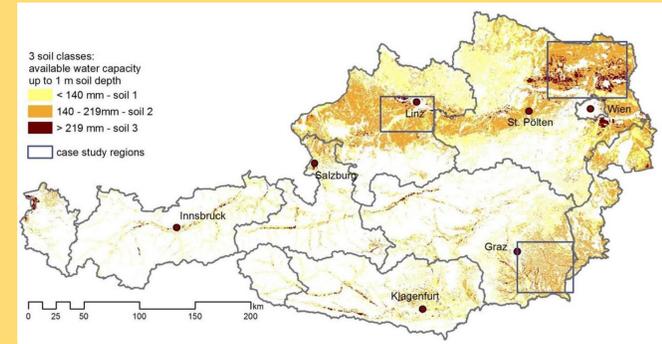


Abbildung 1. Drei verschiedene Bodenklassen, die mit Hilfe der nutzbaren Feldkapazität definiert wurden, sowie die drei Untersuchungsgebiete

## ERGEBNISSE

### WELCHE UNSICHERHEITEN TRETEN BEI VERWENDUNG DER ÖKS15-PROJEKTIONEN ALS MODELLEINGABEDATEN AUF?

Dazu wurden 13 auf ÖKS15 basierte Ertragssimulationen mit auf Stationswetterdaten (ZAMG) basierte Simulation (=Referenz) für den Zeitraum 1981-2010 verglichen. Bei Sommergerste zeigten sich dabei die stabilsten simulierten Erträge mit den geringsten Ertragsschwankungen, während nicht bewässertes Mais, insbesondere unter trockenen Bedingungen, die größten Abweichungen aufzeigte. In Abb. 2 sind die simulierten Ertragsabweichungen auf Basis der ÖKS15 Szenarien auf einem mittel- bis hochwertigen Ackerboden (Boden 2) dargestellt.

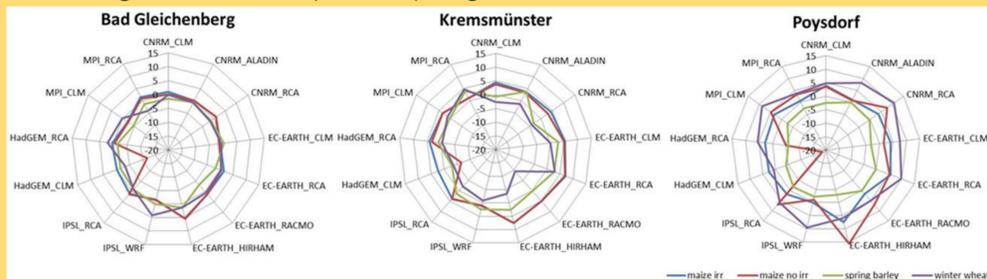


Abbildung 2. Ertragsunterschiede (%) von Körnermais (maize) (optimal bewässert = irr; nicht bewässert = no irr), Winterweizen (winter wheat; no irr) sowie Sommergerste (spring barley; no irr) auf einem mittel- bis hochwertigen Ackerboden: von 13 ÖKS15-Projektionen im Vergleich zu gemessenen Stationswetterdaten der ZAMG in Bad Gleichenberg (links), Kremsmünster (mitte) und Poysdorf (rechts): 1981-2010

### MIT WELCHEN AUSWIRKUNGEN AUF DEN ERNTEERTRAG KANN MAN AUFGRUND EINES KLIMAWANDELS RECHNEN (2071-2100)?

Die Tendenz aller ÖKS15-Projektionen zeigt für den Zeitraum 2071-2100 gegenüber 1981-2010 eine Ertragszunahme für Winterweizen und Sommergerste. Höhere Temperaturen sowie atmosphärische CO<sub>2</sub> Konzentration und vor allem mehr Niederschlag im Frühjahr begünstigten hier die simulierten Erträge, insbesondere bei Boden 2 und 3. Mais, bewässert und nicht bewässert, hingegen, weist wegen einer verkürzten Wachstumsperiode bei unveränderter Reifegruppe sowie höheren Sommertemperaturen eine Ertragsreduktion in allen drei Untersuchungsgebieten auf.

Vergleicht man die relative Ertragsänderung von RCP 4.5 Simulationen mit jenen der RCP 8.5 im Zeitraum 2071-2100 (Boden 2), erkennt man kaum bzw. negative Änderungen beim Körnermais (C<sub>4</sub>-Pflanze), jedoch sehr große positive Abweichungen bei Sommergerste und Winterweizen (C<sub>3</sub>-Pflanzen) (Abb. 3).

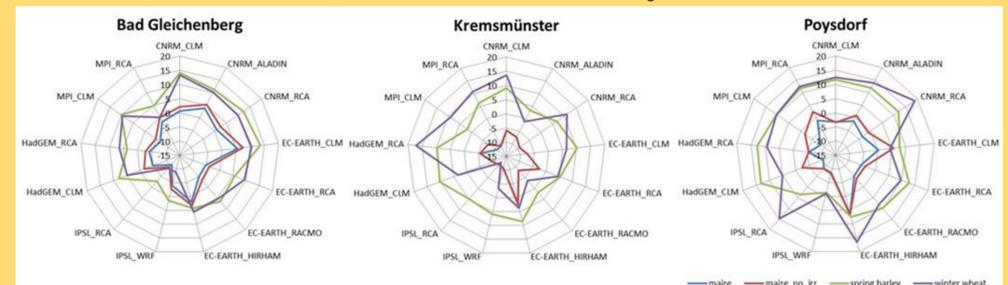


Abbildung 3. Ertragsunterschiede (%) von Körnermais (maize) (optimal bewässert und nicht bewässert = no irr), Winterweizen (winter wheat) sowie Sommergerste (spring barley) (nicht bewässert) auf einem mittel- bis hochwertigen Ackerboden: RCP4.5 vs. RCP 8.5 für 13 ÖKS15-Projektionen in Bad Gleichenberg (links), Kremsmünster (mitte) und Poysdorf (rechts) - 2071-2100

### WELCHEN EINFLUSS HAT EINE UNTERSCHIEDLICHE RÄUMLICHE AUFLÖSUNG DER KLIMASZENARIEN AUF AUSGEWÄHLTE SIMULIERTE INDIKATOREN UND ERGEBNISSE?

Die Klimadaten wurden von 1 km auf jeweils 5, 11 und 21 km aggregiert und dann als Modelleingabedaten verwendet. Die simulierten Ertragsabweichungen (in % vs. 1km-Auflösung) durch DSSAT für einen leicht sandigen Boden (Boden 1) und zwei ÖKS15-Projektionen (1981-2010) sind in Tab. 1 dargestellt. Die Abweichungen sind für diese Bodenklasse viel stärker ausgeprägt als bei Böden mit höherer Wasserspeicherkapazität. Mit AGRICLIM wurden verschiedene Indikatoren aus den unterschiedlichen aggregierten Daten berechnet, die jedoch keine signifikanten Änderungen in den Ergebnissen ergaben.

Tabelle 1. Ertragsunterschiede (%) von Körnermais (maize; optimal bewässert und nicht bewässert = no irr) und Sommergerste (spring barley) (nicht bewässert) auf einem leicht sandigen Boden; 1 km Inputdaten vs. 5, 11 und 21 km aggregierte Daten für 2 ÖKS15-Projektionen (EC-Earth\_RACMO und IPSL\_WRF) in Bad Gleichenberg, Kremsmünster und Poysdorf - 1981-2010

		maize			spring barley		
		maize	maize_no irr	spring barley	maize	maize_no irr	spring barley
Bad Gleichenberg	5 km	1.1	1.2	0.7	-0.1		
	11 km	1.8	2.1	0.7	-0.1		
	21 km	1.2	1.5	0.4	-0.1		
Kremsmünster	5 km	-1.7	-1.0	-1.3	-1.3		
	11 km	-1.3	-0.8	-4.6	-1.3		
	21 km	-1.0	-0.7	-1.4	-0.7		
Poysdorf	5 km	-0.3	1.1	-3.1	0.3		
	11 km	2.5	5.5	-2.2	1.7		
	21 km	2.4	5.3	-1.8	1.5		

In Abb. 4 wird der Indikator „Hitze-Stress-Tage“ für Winterweizen des AGRICLIM Modells und seine räumliche Verteilung in Österreich für die ÖKS15-Projektion EC-Earth\_Racmo dargestellt. Der Indikator „Hitze-Stress Tage“ ist pflanzenbezogen und folgendermaßen definiert: Anzahl der Tage pro Jahr mit T<sub>max</sub> >= 35°C und ET<sub>a</sub>/ET<sub>p</sub> < 0,5, wobei die letztere Bedingung Trockenstress bedeutet. Die räumliche Verteilung der Hitze-Stress-Tage für Österreich zeigt eine deutliche Dominanz in Ostösterreich auf mit seinen Maximalwerten im Seewinkel, in dem sich auch die "wärmste" ZAMG-Station Österreichs Andau befindet.



Abbildung 4. Anzahl der „Hitze-Stress-Tage“ pro Jahr für den Winterweizen in Österreich, ÖKS15-Projektion EC-Earth\_Racmo. Links: 1981-2010, rechts: 2071-2100

## AUSBLICK

Unsicherheiten in Agrarmodellen ergeben sich zum einen aus den Unsicherheiten der verwendeten Eingangsdaten, aber auch durch die unterschiedlich detaillierte oder repräsentative Darstellung der betrachteten Prozesse im Modell. Wie auch Klimamodelle können Pflanzenwachstumsmodelle auf Grund ihrer unterschiedlichen Parametrisierung und Komplexität mit gleichen Eingangsdaten zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen. **Empfehlungen für Agrarmodelle:** (i) Gründliche Kalibrierung und Evaluierung des Impaktmodells; (ii) Ensemble an Klimamodellen können zukünftiger Entwicklungen möglichst vollständig abdecken; (iii) Verwenden von Multi-Modell-Ensembles Impaktmodellen; (iv) Verwenden von hochaufgelöste Klimadaten, um auch topographisch komplexem Gelände mit großer räumliche Klimavariabilität abzudecken; (v) künftigen Entwicklungen in der Produktionstechnik oder anderer Rahmenbedingungen sollten in den Szenarien untersucht bzw. simulieren werden (z.B. geänderte Düngung, angepasste Pflanzensorten, geänderte Bodenbearbeitung); (vi) Analyse der verwendeten Klimamodelle in Bezug auf ungünstige Wetterbedingungen während kritischer Zeiträume in der Wachstumsperiode der Pflanzen (z.B. Hitze- und/oder Trockenstress während der Blüte).