

Räumliche Abschätzung der Folgen von Klimaänderungen auf Ertrag und Zusatzwasserbedarf landwirtschaftlicher Fruchtarten, dargestellt am Beispiel des Freistaates Thüringen

Wilfried Mirschel¹, Ralf Wieland¹, Karl-Otto Wenkel¹, Christian Guddat²,
Herbert Michel²

¹) Institut für Landschaftssystemanalyse
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung
Eberswalder Str. 84
15374 Müncheberg
wmirschel@zalf.de, rwieland@zalf.de, wenkel@zalf.de

²) Referat Pflanzenproduktion und Agrarökologie
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
Apoldaer Str. 4
07774 Dornburg-Camburg
christian.guddat@tll.thueringen.de, herbert.michel@tll.thueringen.de

Abstract: Bei der regionalen Abschätzung von Produktivität und Wasserbedarf in der Landwirtschaft spielen die Anforderungen an Modelle, Daten und Simulationstools eine besondere Rolle. Am Beispiel der Agrarflächen des Freistaates Thüringen werden bei einer Gebietsauflösung von 1 ha mit Hilfe der statistisch basierten Modelle YIELDSTAT und ZUWABE Abschätzungen zu Ertrag und Zusatzwasserbedarf der Hauptkulturen vorgenommen. Die Modellvalidierung erfolgt anhand realer Wetter- und Ertragsdaten aus 1995-2010 auf Landesversuchsstations-, Kreis- und Landesebene. Simulationsszenarien mit dem WETTREG-2010 A1B-Szenario sind die Grundlage für die Abschätzung der Veränderungen bei Ertrag und Zusatzwasserbedarf im Vergleich der Zeiträume 1981-2010 und 2021-2050. Die rein klimaänderungsbedingten Ertragseinbußen sind im Landesdurchschnitt bei Winterungen geringer (< 5 %) als bei Sommerungen (bis 14 %). Die Ergebnisse der Simulation werden vorgestellt, diskutiert und daraus Schlussfolgerungen gezogen.

1 Einleitung / Aufgabenstellung

Für eine regionale Folgenabschätzung von Klimaänderungen auf Erträge und Zusatzwasserbedarf landwirtschaftlicher Fruchtarten über viele Zeitdekaden besteht die Herausforderung darin, die unterschiedlichen Einflussgrößen und teils komplex wirkenden Prozesse skalenbezogen zu berücksichtigen und die enormen Datenmengen verfügbar zu machen und zu handeln. Dabei stellt die regionale Skala besondere Anforderungen an

die meist nur im begrenzten Umfang zur Verfügung stehenden Daten (in der Regel Karten-Daten), an die für die Abschätzungen zur Anwendung kommenden Modelle (in der Regel *Regional Models of Intermediate Complexity – REMICs*) und an das regionale Modellierungs- und Simulations-Tool. Im letzteren Fall spielen Modell-GIS-Funktionalitäten kombiniert mit hocheffizienten Informatiklösungen eine entscheidende Rolle. Im Falle der Modelle sind Anforderungen an die Modellrobustheit und Modellzuverlässigkeit sowie Anforderungen an eine einfache und regional gültige Modellparametrisierung entscheidend. All dies berücksichtigend sollen am Beispiel der Ackerstandorte des Freistaates Thüringen die Auswirkungen von möglichen Klimaänderungen (hier: SRES-Emissionsszenario A1B des IPCC; regional hoch aufgelöste Projektion mittels WETTREG-2100 mit den Realisierungen *trocken* und *feucht*) auf die Erträge, den Zusatzwasserbedarf und die bewässerungsbedingten Mehrerträge wichtiger Fruchtarten (Winterweizen, Wintergerste, Sommergerste, Winterraps, Silomais) abgeschätzt und für die Zeiträume 1981-2010 und 2021-2050 in ihrer Wirkung verglichen werden.

2 Modelle, Daten, Simulationstool

Grundlage für die Abschätzung von Praxiserträgen unter Klimawandel bildet das statistisch basierte Hybridmodell YIELDSTAT. Dieses Modell basiert auf einer standorttypabhängigen Naturalertrags-Matrix, klima- und standortsensitiven Ertrags-Termen, das Agro-Management (Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Bewässerung, widrige Erntebedingungen) berücksichtigenden Algorithmen, statistischen Trendanalysen und expertenbasierten Trendextrapolationen bis 2050 sowie auf einem den Düngungseffekt erhöhter CO₂-Gehalte berücksichtigenden Ansatz. Eine detaillierte Gesamtbeschreibung des Modells YIELDSTAT ist [MY12] zu entnehmen. Grundlage für die Abschätzung des Zusatzwasserbedarfs unter Klimawandel bildet das Modell ZUWABE [MZ12], das auf fruchtart- und standortspezifischen Richtwerten für den Zusatzwasserbedarf und fruchtartspezifische Berechnungszeitspannen nach Roth [Ro93] basiert.

Grundlage für die regionaldifferenzierten Simulationsrechnungen bilden die für Thüringen vorliegende Mittelmasstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung (MMK, [SD91]), die mesoskalige Klimazonierung sowie das digitale Geländemodell (DGM25). Die Wetter- bzw. Klimadaten werden ausgehend vom für Thüringen verfügbaren Klima- und Niederschlagsmessnetz des DWD mit der Methode nach VORONOI regionalisiert. Dabei wird die regionale Wetter- und Klimaverteilung in Thüringen mit Hilfe von 299 Klima-Patches mit jeweils einer repräsentativen Station abgebildet.

Die regionalen Simulations- und Szenariorechnungen, bei denen von gegenwärtig praxisüblichen Marktfruchtfolgen ausgegangen wurde, sowie die Regionalisierung der WETTREG 2010 A1B – Daten in Klima-Patches werden mit Hilfe des *Spatial Analysis and Modeling Tool (SAMT)* [Wi06] durchgeführt, skriptgesteuert über simulationsspezifische Python-Module. Bei den Simulationsrechnungen für Thüringen wird von einer Größe der Gridzellen von 100m x 100m ausgegangen.

3 Modellverifizierung und Modellvalidierung

Bevor ein Modell für Klimafolgeabschätzungen im Rahmen von regionalen Szenariosimulationen zum Einsatz kommen kann, muss es an die konkreten Bedingungen der Region unter Nutzung von historischen Datenreihen adaptiert und validiert werden. Die Anpassung von YIELDSTAT erfolgte unter Nutzung von Daten aus sechs repräsentativen Landesversuchsstationen (Kirchengel, Friemar, Dornburg, Großstein, Burkertsdorf, Heßberg). Für die Validierung wurde auf Daten von repräsentativen Kreisen (Kyffhäuserkreis, Altenburger Land, Gotha, Hildburghausen, Sömmerda, Saale-Orla-Kreis) und Daten für den gesamten Freistaat Thüringen zurückgegriffen. In allen Fällen wurde der Zeitraum 1995-2010 berücksichtigt. Im Modell ZUWABE wurde in weiten Teilen auf Algorithmen zurückgegriffen, die in der Thüringischen Landesanstalt für Landwirtschaft entwickelt und für Thüringen parametrisiert wurden. Abbildung 1 zeigt beispielhaft Ergebnisse für die Landesversuchsstationen (Modellanpassung) und für die repräsentativen Kreise (Modellvalidierung).

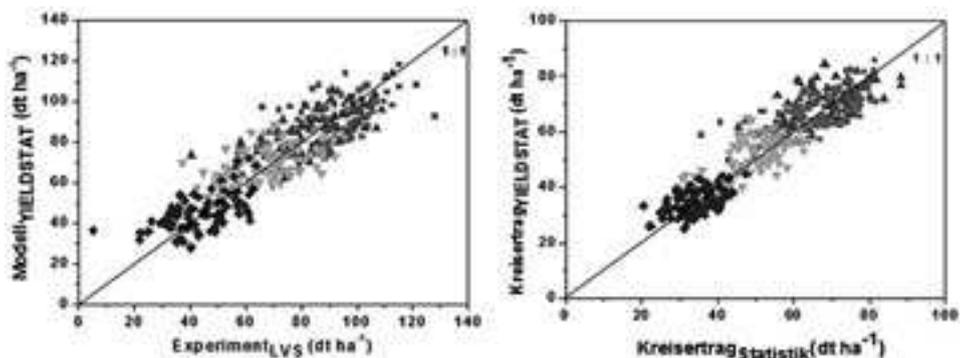


Abbildung 1: Ertragsvergleich zwischen Modell YIELDSTAT und Feldversuch (links) bzw. Kreisstatistik (rechts) für Winterweizen (■), Wintergerste (▲), Sommergerste (▼) und Winterraps (◆) für den Zeitraum 1995-2010

4 Szenariosimulationen - Ergebnisse

Im Vergleich der Klimasituation 2021-2050 zu 1981-2010 ergibt sich für die Jahresmitteltemperatur in Thüringen eine Zunahme um 1,36 K (1,3 ... 1,5 K) und für den Jahresniederschlag eine Abnahme um 3,5 % (11 ... 40 mm). Die Sommer werden dabei trockener (-5,9 %) und wärmer (+1,38 K) und die Winter feuchter (+6,7 %) und wärmer (+1,93 K). Die Vegetationsdauer verlängert sich in Thüringen in Abhängigkeit von der Region um 18 bis 35 Tage.

In Tabelle 1 sind für den Freistaat Thüringen für die trockene Klimarealisierung die rein klimabedingten Veränderungen (ohne Berücksichtigung der Fortschritte in Züchtung und Agro-Management) für den Ertrag, den Zusatzwasserbedarf und den bewässerungsbedingten Mehrertrag in 2021-2050 gegenüber 1981-2010 zusammengefasst. In Thüringen

kommt es standort- und reliefbedingt bei Ertrag, Zusatzwasserbedarf und Mehrertrag zu deutlichen regionalen Unterschieden. Während die höher gelegenen Regionen (bisherige Ungunstlagen) vom Klimawandel profitieren, kommt es im Thüringer Becken auf den Nichtflös-Standorten zu größeren Ertragsverlusten und ob der geringeren Niederschläge während der Hauptvegetationszeit zu einem höheren Zusatzwasserbedarf.

Fruchtart	Veränderung 2021-2050 vs. 1981-2010					
	Ertrag (dt/ha)		Zusatzwasser (mm)		Mehrertrag (dt/ha)	
	$\bar{\phi}$	$\Delta \sigma$	$\bar{\phi}$	$\Delta \sigma$	$\bar{\phi}$	$\Delta \sigma$
Winterweizen	- 2,6	+ 0,84	+ 41,7	+ 2,1	+ 6,25	+ 0,32
Wintergerste	- 0,9	+ 0,59	+ 26,0	+ 1,1	+ 3,12	+ 0,21
Sommergerste	- 2,4	+ 1,17	+ 37,2	+ 2,2	+ 5,57	+ 0,32
Winterraps	- 1,7	+ 1,05	+ 2,9	+ 0,9	+ 0,27	+ 0,05
Silomais	- 46,7	+ 11,9	+ 20,8	+ 1,1	+ 24,89	+ 1,26

Tabelle 1: Veränderungen in Ertrag, Zusatzwasserbedarf und bewässerungsbedingtem Mehrertrag für den gesamten Freistaat Thüringen für einzelne Hauptkulturen in 2021-2050 gegenüber 1981-2010 berechnet mit den Modellen YIELDSTAT und ZUWABE ($\bar{\phi}$ – Mittel, $\Delta \sigma$ – Veränderung der Standardabweichung)

Aus den Ergebnissen der Szenariosimulationen kann abgeleitet werden, dass es bis 2050 klimaänderungsbedingt im Mittel in Thüringen nur zu geringen Ertragseinbußen kommen wird, wobei die Winterungen weniger betroffen sein werden als die Sommerungen. Die Zunahme in der Standardabweichung weist auf eine Zunahme von Extremjahren hin, d.h. die Ertragssicherheit nimmt ab und das Anbauisiko nimmt zu. Bei Berücksichtigung der zu erwartenden Fortschritte in Züchtung und Agro-Management wird es auch bis 2050 zu weiteren Ertragssteigerungen kommen, wenn auch nicht mit den gegenwärtigen Wachstumsraten.

Literaturverzeichnis

- [MY12] Mirschel, W.; Wieland, R.; Wenkel, K.-O.; Guddat, C.; Michel, H.; Luzi, K.; Groth, K.: Regionaldifferenzierte Abschätzung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Erträge von wichtigen Fruchtarten im Freistaat Thüringen mittels Ertragssimulation mit YIELDSTAT: Abschlussbericht 86 S. ; ZALF Müncheberg, 2012.
- [MZ12] Mirschel, W.; Wieland, R.; Wenkel, K.-O.; Luzi, K.; Groth, K.: Regionaldifferenzierte Ausweisung fruchtartspezifischer Zusatzwasserbedarfe sowie der daraus resultierenden Mehrerträge von wichtigen Fruchtarten im Freistaat Thüringen vor dem Hintergrund der Auswirkungen des Klimawandels auf den Pflanzenbau : Abschlussbericht 59 S. ; Müncheberg (Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung), 2012.
- [Ro93] Roth, D.: Richtwerte für den Zusatzwasserbedarf in der Feldberegnung. In: Schriftenreihe LUFA Thüringen, Heft 6, S. 53-86, 1993.
- [SD91] Schmidt, R.; Diemann, R. (Eds.): Erläuterungen zur Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK). FZB Müncheberg, Müncheberg, 1991.
- [Wi06] Wieland, R.; Voss, M.; Holtmann, X.; Mirschel, W.; Ajibefun, I.A.: Spatial Analysis and Modeling Tool (SAMT): 1. Structure and possibilities. In: Ecological Informatics 1(2006), pp. 67-76, 2006.