

Raum-zeitliche Abschätzung der Folgen von Klimaänderungen auf landwirtschaftliche Erträge, dargestellt am Beispiel des Freistaates Sachsen

Wilfried Mirschel ¹⁾, Karl-Otto Wenkel ¹⁾, Ralf Wieland ¹⁾, Barbara Köstner ²⁾,
Erhard Albert ³⁾, Karin Luzi ¹⁾

¹⁾ Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Institut für Landschaftssystemanalyse, 15374 Müncheberg, Eberswalder Str. 84; ²⁾ Technische Universität Dresden, Institut für Hydrologie und Meteorologie, 01737 Tharandt, Piener Str. 23; ³⁾ Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, 04159 Leipzig, G.-Kühn-Straße 8
wmirschel@zalf.de; wenkel@zalf.de; rwieland@zalf.de; koestner@forst.tu-dresden.de;
erhard.albert@smul.sachsen.de; kluzi@zalf.de

Abstract: Für die regionale Abschätzung landwirtschaftlicher Erträge werden Anforderungen an Modelle, Daten und Simulationstools formuliert. Am Beispiel der Ackerflächen des Freistaates Sachsens werden unter Nutzung des statistisch orientierten Hybridmodells YIELDSTAT Ertragsabschätzungen vorgenommen. Die Validierung des Modells YIELDSTAT erfolgt unter Nutzung von realen Wetter- und Ertragsdaten auf unterschiedlichen Aggregationsebenen. Klimasimulationen mit dem WEREX A1B-Szenario bilden die Grundlage für die Abschätzung der in 2021-2050 zu erwartenden Ertragsänderungen. Die Ergebnisse werden vorgestellt, diskutiert und Schlussfolgerungen gezogen.

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Für die Klimafolgenabschätzung auf landwirtschaftliche Erträge wird es im regionalen und auch in einem über mehrere Jahrzehnte gespannten zeitlichen Maßstab immer dringlicher, eine Vielzahl von miteinander verwickelten Einflussgrößen und Prozessen zu berücksichtigen. Dabei stellen sich seitens der regionalen Skala besondere Anforderungen an regionale Daten, an die Modelle und an die Simulations-Tools. Im letzteren Fall spielen besonders für große Regionen Modell-GIS-Funktionalitäten kombiniert mit laufzeit-optimierten Informatiklösungen eine entscheidende Rolle. Bei der Datenbereitstellung im regionalen Maßstab existieren gegenwärtig sowohl für regionale Modellvalidierungen als auch für regionale Szenariosimulationen Begrenzungen in der generellen Verfügbarkeit und in der räumlichen sowie zeitlichen Auflösung dieser. Im Fall der Modelle sind für eine regionale Anwendung über viele Zeitdekaden Anforderungen i) an die an die Fragestellung angepasste Prozessdetailliertheit, ii) an die Auswahl des Modelltyps, iii) an nachvollziehbare Modellstrukturen, iv) an die Modellrobustheit, v) an die Modellzuverlässigkeit und vi) an eine einfache auf regionaler Ebene realisierbare Modellparametrisierung und Modellvalidierung zu beachten.

Unter diesem Blickwinkel sollen am Beispiel der Ackerstandorte im Freistaat Sachsen die Auswirkungen von projizierten Klimaänderungen (hier: SRES-Emissionsszenario A1B des IPCC mit den Realisierungen *feucht* und *trocken*, mit dem Regionalisierungsmodell *WEREX IV* für Sachsen regional hoch aufgelöst (WEREX A1B-Daten)) auf die Erträge ausgewählter Fruchtarten abgeschätzt und für die Zeiträume 1976-2005 und 2021-2050 in ihrer Wirkung auf die Erträge verglichen werden.

2 Modell, Datenbasis, Regionalisierungstool

Grundlage für die Abschätzungen zu erwartender Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Praxiserträge bildet das statistisch orientierte Hybridmodell YIELDSTAT. Dieses Modell basiert auf standorttypabhängigen Algorithmen [Ki92], [MWW06], klimagrößensensitiven standortspezifischen Ertrags-Termen [MWW06], statistischen Trendanalysen und expertenfundierte Trendextrapolationen bis 2050, die Fortschritte in Züchtung und Anbautechnologie berücksichtigen, sowie auf einem einfachen auf den Ergebnissen des FACE-Experiments des vTI Braunschweig basierenden Algorithmus zur Berücksichtigung des CO₂-Effektes. Bei letzterem wird von einer jährlichen Zunahme des CO₂-Gehaltes der Atmosphäre von 2 ppm a⁻¹ ausgegangen.

Grundlage für die regionaldifferenzierte Ertragsschätzung bilden die für Sachsen vorliegenden Informationen der Mittelmasstäbigen Landwirtschaftliche Standortkartierung (MMK, [SD91]), der mesoskaligen Klimazonierung [Ad87] sowie des digitalen Geländemodells (DGM25).

Für eine standortbezogene Ertragsabschätzung wurden die WEREX A1B-Daten, die für Klima- und Niederschlagsmessstationen (NMS) des DWD zur Verfügung stehen, regionalisiert. Dazu wurden allen NMS die Temperatur- und Strahlungswerte der jeweils nächstgelegenen DWD-Klimastation zugeordnet. Unter Anwendung des Regionalisierungsverfahrens nach VORONOI [KI05] wurde auf der Basis aller DWD-Stationen das Territorium des Freistaates Sachsen in 123 Teilregionen (Wetter-Patches) mit einer jeweils repräsentativen Station unterteilt.

Alle Modell- und Szenariorechnungen mit YIELDSTAT sowie die Regionalisierungen der WEREX A1B-Daten wurden mit Hilfe des *Spatial Analysis and Modeling Tools (SAMT)* [WVH06] realisiert. Bei den Simulationsrechnungen wird von einer Einteilung des Freistaates Sachsens in ein Raster mit der Kantenlänge von 100 m ausgegangen.

3 Regionale Modellvalidierung

Bevor mit einem Modell regionale Szenariosimulationen realisiert werden können, muss es an die Region adaptiert werden, was hier mit den Daten der Landes-Versuchsstationen erfolgte. Daran anschließen muss sich als Nachweis der Brauchbarkeit des Modells eine Modellvalidierung auf der Basis von Daten aus historischen Zeitdekaden. Für eine Anwendung des Modells YIELDSTAT unter den spezifischen Anbau- und Klimabedingungen des Freistaates Sachsen erfolgte eine Modellvalidierung mit realen Wetter- und Ertragsdaten aus der Zeitspanne 1996-2006 für vier Aggregationsstufen, beginnend bei

Ackerschlägen aus dem Nitrat-Testflächen-Netz über Landwirtschaftsbetriebe, die in Sachsen das Programm BEFU einsetzen, bis hin zu den Ertragsstatistiken auf Kreis- und Landesebene. Abbildung 1 zeigt beispielhaft Ergebnisse für die Landes-Versuchsstationen (Modelladaption) und für den Landkreis Torgau- Oschatz (Modellvalidierung).

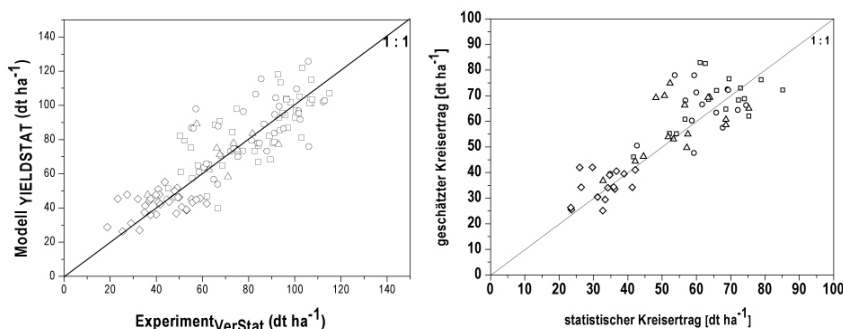


Abbildung 1: YIELDSTAT-Praxis-Vergleich für die Erträge von Winterweizen (□), Wintergerste (○), Winterroggen (△) und Winterraps (◇) für die Landes-Versuchsstationen Pommritz, Forchheim, Nossen, Spröda und Köllitsch (links) und den Landkreis Torgau-Oschatz (rechts)

4 Ergebnisse der Szenariosimulationen

Bei den zukunftsbezogenen Szenariosimulationen wird bei der Landnutzung von gegenwärtig praxisüblichen Marktfruchtfolgen ausgegangen, es erfolgt keine Anpassung an zukünftige Marktsituationen.

Im Vergleich der beiden Zeitabschnitte 1976-2005 und 2021-2050 liegen die Änderungen bei der Jahresmitteltemperatur regional einheitlich bei +1 K und für den Niederschlag regional differenziert zwischen -12,5% und +2,5 %. Jahreszeitlich sind die Unterschiede deutlich ausgeprägter. So steigt abhängig von der Region die mittlere Temperatur im Sommer um 0,9 ... 1,5 K und der Niederschlag verringert sich um 2,5 ... 22,5 %.

Am Beispiel von Winterweizen und Winterraps sind in Abbildung 2 (Variante ohne CO₂-Erhöhung, ohne Züchtungstrend) die regionalen Ertragsänderungen 2021-2050 vs. 1976-2005 dargestellt. In der Erzgebirgsregion sind Ertragszunahmen zu erwarten, während im Norden und Nordosten Sachsens deutliche Ertragsverluste auftreten werden. Tabelle 1 fasst für den Freistaat Sachsen für beide WEREX A1B-Klimarealisierungen die Ertragsänderungen in 2021-2050 gegenüber 1976-2005 zusammen. Daraus kann abgeleitet werden, dass die aus den mit dem WEREX A1B-Szenario bis 2050 projizierten vergleichsweise geringen Klimaänderungen resultierenden geringen Ertragsverluste durch den CO₂-Düngungseffekt weitgehend kompensiert und durch die zu erwartenden Fortschritte in Züchtung und Anbautechnologie überkompensiert werden können. Eine Ausnahme hierbei ist der einfache Silomais, der als C4-Pflanze vom CO₂-Anstieg nur sehr begrenzt profitieren kann. Die Anbaueignung der Hauptfruchtarten bleibt damit bis 2050 im wesentlichen erhalten.

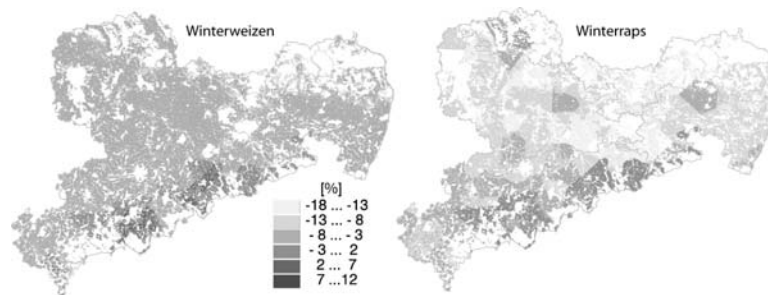


Abbildung 2: Relative Ertragsänderungen 2021-2050 vs. 1976-2005 für Winterweizen (rechts) und Winterraps (links) als Mittel der beiden WEREX A1B-Realisierungen *feucht* und *trocken*, regionalisiert für den Freistaat Sachsen (Variante ohne CO₂, ohne Trend)

Fruchtart	WEREX A1B Realisierung	Ertragsänderung 2021/2050 vs. 1976/2005					
		ohne CO ₂ , ohne Trend		mit CO ₂ , ohne Trend		mit CO ₂ , mit Trend	
		abs. Abw. (dt ha ⁻¹)	rel. Abw. (%)	abs. Abw. (dt ha ⁻¹)	rel. Abw. (%)	abs. Abw. (dt ha ⁻¹)	rel. Abw. (%)
Winterweizen	<i>feucht</i>	-3.4	-4.6	0.1	0.0	12.5	17.0
	<i>trocken</i>	-3.6	-5.2	-0.3	-0.6	12.1	17.2
Winterroggen	<i>feucht</i>	-3.1	-5	-0.1	-0.4	5.4	8.2
	<i>trocken</i>	-3.4	-5.7	-0.5	-1.1	4.9	7.9
Wintergerste	<i>feucht</i>	-3.4	-5.2	-0.3	-0.5	8.9	11.8
	<i>trocken</i>	-3.6	-5.6	-0.7	-1.3	8.4	13.4
Winterraps	<i>feucht</i>	-2	-6.1	-0.6	-2.2	7.1	19.8
	<i>trocken</i>	-4.7	-13.7	-3.4	-10.1	4.4	12.4
Silomais	<i>feucht</i>	-37.6	-8.9	-33.7	-8.0	-11.4	-2.7
	<i>trocken</i>	-42.1	-10.9	-38.5	-9.9	-16.2	-4.2

Tabelle 1: Ertragsänderungen im Freistaat Sachsen für Winterweizen, Wintergerste, Winterroggen, Winterraps und Silomais in 2021-2050 gegenüber 1976-2005 (Modell YIELDSTAT)

Literaturverzeichnis

- [Ad87] Adler, G.: Zur mesoskaligen Kennzeichnung landwirtschaftlich genutzter Standorte von Pflanzenbaubetrieben.- Z. Meteorologie 37, S. 291-298, 1987.
- [Ki92] Kindler, R.: Ertragsschätzung in den neuen Bundesländern. Verlag Pflug und Feder GmbH, St. Augustin, 230 S., 1992.
- [KI05] Klein, R.: Algorithmische Geometrie: Grundlagen, Methoden, Anwendungen, Springer Verlag, 426 S., 2005.
- [MWW06] Mirschel, W.; Wieland, R.; Wenkel, K.-O.: Spatial Analysis and Modeling Tool V2.0 – applications to the landscape indicators crop yield and crop coverage. In: Studzinski, J.; Hryniewicz, O. (eds.): Eco-Info and Systems Research. Series: Systems Research (ed.: J. Gutenbaum), Polish Academy of Sciences/Systems Research Institute, Warsaw 2006, Vol. 52, p. 29-42, 2006.
- [SD91] Schmidt, R., Diemann, R. (Eds.): Erläuterungen zur Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK). FZB Müncheberg, Müncheberg, 1991.
- [WVH06] Wieland, R.; Voss, M.; Holtmann, X.; Mirschel, W.; Ajibefun, I.A. (2006): Spatial Analysis and Modeling Tool (SAMT): 1. Structure and possibilities. In: Ecological Informatics 1(2006), pp. 67-76.