

Die Simulation von Winterweizenerträgen in Thüringen unter Verwendung von meteorologischen Daten unterschiedlicher räumlicher Auflösung

Claas Nendel, Ralf Wieland, Wilfried Mirschel, Xenia Specka,
Kurt Christian Kersebaum

Institut für Landschaftssystemanalyse
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung
Eberswalder Straße 84
15374 Müncheberg
nendel@zalf.de
rwieland@zalf.de
wmirschel@zalf.de
specka@zalf.de
ckersebaum@zalf.de

Abstract: Für den Freistaat Thüringen (16,172 km²) wurden räumlich hochaufgelöste Simulationen mit dem dynamische Agrarökosystemmodell MONICA unter Verwendung von Wetterdaten mit hoher, mittlerer und niedriger Informationsdichte mit durchschnittlich auf Kreisebene gemessenen Winterweizenerträgen aus den Jahren 1992 – 2010 (6.7 t ha⁻¹) verglichen. Unter Verwendung von Daten einer einzelnen Wetterstation wurde ein mittlerer Ertrag von 7.0 t ha⁻¹ simuliert, bei mittlerer Informationsdichte wurde jedoch ein augenscheinlich besseres Ergebnis (6.6 t ha⁻¹) erzielt. Diese Ergebnisse kamen jedoch zustande, weil eine teilweise schlechte räumliche Zuordnung der Wetterinformation durch ein generelles Überschätzen der Praxiserträge durch MONICA aufgehoben wurde. Die Eliminierung des Zuordnungsfehlers bei hoher Informationsdichte erbrachte 7.4 t ha⁻¹ und wurde insgesamt als beste Simulation beurteilt. Aufgrund dieser Einschätzung wird die notwendige Bias-Korrektur des an Experimentaldaten kalibrierten Modells zur Darstellung von Praxiserträgen in der Region Thüringen mit 0.7 t ha⁻¹ beziffert.

1 Einleitung

Pflanzenwachstumsmodelle sind ein weit verbreitetes Werkzeug um landwirtschaftliche Erträge unter möglichen Szenarien des Klima- und Landnutzungswandels zu simulieren. Der ihnen anhaftende Vorhersagefehler addiert sich zu der Bandbreite an Unsicherheit, die bereits aus der Verwendung von globalen Klimamodellen und den entsprechenden Skalierungsmethoden in Klimawandelstudien herrührt. Ein Teil dieses Vorhersagefehlers ist in der Unsicherheit der Eingabevariablen begründet, insbesondere in Fällen, in denen Boden-, Pflanzen- und Wetterdaten für die mit dem Modell simulierte Region nicht repräsentativ sind. Ein zusätzlicher, systematischer Vorhersagefehler ergibt sich aus der

Verwendung eines an Experimentaldaten auf der Feldskala kalibrierten Simulationsmodells für die Simulation von regionalen Daten. Da die Produktionssituation von landwirtschaftlichen Kulturen im Experiment im Allgemeinen günstiger ist als in der Praxis, überschätzen derart kalibrierte Modelle den Durchschnittsertrag einer Region, so dass das Simulationsergebnis nachträglich korrigiert werden muss [HJ00]. Alternativ sind, je nach Modelltyp und Skalierungsansatz auch Anpassungen der Eingangsdaten oder der Modellparameter denkbar.

Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, (i) den Effekt der Verwendung von Wetterdaten unterschiedlicher räumlicher Auflösung als Antrieb für ein an Felddaten kalibriertes Simulationsmodell auf das Simulationsergebnis für eine Region zu untersuchen und (ii) die erwartete Überschätzung des regionalen Winterweizenertrags durch das Modell zu quantifizieren.

2 Material und Methoden

2.1 Simulationsdesign

Für den Freistaat Thüringen (16,172 km²) wurden räumlich hochaufgelöste (100m × 100m) Simulationen mit dem dynamischen Agrarökosystemmodell MONICA [Ne11] durchgeführt. Die Eingabeinformation für Bodeneigenschaften und mittlere Grundwasserflurabstände wurde aus der BÜK 1000 extrahiert. Ein digitales Geländemodell lieferte außerdem Höhen- und Hangneigungsinformation. MONICA wurde mit Wetterdaten hoher, mittlerer und niedriger Informationsdichte angetrieben. Wetterdaten hoher Informationsdichte wurden von 14 Wetterstationen und 58 Niederschlagsstationen geliefert. Die Klimadaten wurden interpoliert und höhenkorrigiert. Für die mittlere Informationsdichte wurde für alle Variablen jeweils die nächstliegende von 14 Wetterstationen verwendet (Thiessen-Polygone). Die niedrigste Informationsdichte wurde unter Verwendung von nur einer Wetterstation (Erfurt-Bindersleben, 50° 58' 49" N, 10° 58' 12" E, 307m) für den gesamten Freistaat erreicht. Die Simulationen wurden jeweils mit den durchschnittlich auf Kreisebene gemessenen Winterweizenerträgen aus den Jahren 1992 – 2010 verglichen. Das MONICA-Modell wurde dabei ohne vorhergehende Kalibrierung an lokalen Daten verwendet.

2.2 MONICA

MONICA [Ne11] ist ein dynamisches, prozess-orientiertes Simulationsmodell, das den Transport und die biochemische Umsetzung von Kohlenstoff, Stickstoff und Wasser in Agrarökosystemen beschreibt. Zu diesem Zweck werden in Zeitschritten von einem Tag die wichtigsten Prozesse im Boden und in der Pflanze mechanistisch abgebildet und auf eine Weise miteinander verknüpft, dass Rückkopplungen der einzelnen Prozesse möglichst naturnah wiedergegeben werden. MONICA arbeitet eindimensional und umfasst einen räumlichen Ausschnitt von etwa 1 m² Fläche bei einer Profiltiefe von 2 m. Eine umfassende Dokumentation des Modells findet sich bei [NS12].

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Studie ergab, dass unter Verwendung einer einzelnen Wetterstation ein mittlerer Ertrag simuliert wurde, der mit 7.0 t ha^{-1} bereits sehr nah am langfristig beobachteten Durchschnittsertrag von 6.7 t ha^{-1} lag, während die Verwendung mittlerer Informationsdichte ein augenscheinlich noch besseres Ergebnis lieferte (6.6 t ha^{-1} , Abb. 1). Diese Ergebnisse kamen jedoch zustande, weil eine teilweise schlechte räumliche Zuordnung der Wetterinformation durch ein generelles Überschätzen der Praxiserträge durch MONICA aufgehoben wurde. Abbildung 2 zeigt exemplarisch die Unstetigkeit der Ertragsverteilung in der Fläche an den jeweiligen Grenzen der Thiessen-Polygone. Die Eliminierung des Zuordnungsfehlers (hohe Informationsdichte) erbrachte 7.4 t ha^{-1} , und wurde insgesamt als beste Simulation beurteilt. Die Abweichung des an Experimentaldaten kalibrierten Modells von den Praxiserträgen wird dadurch begründet, dass MONICA zwar ertragsdefinierende (Strahlung, Temperatur, CO_2 , physiologische Eigenschaften) und -limitierende (Wasser-, Nährstoffdargebot), nicht jedoch ertragsreduzierende Faktoren (Krankheiten, Schädlinge, Erntetechnik, -logistik, etc.) berücksichtigt [VR97], welche im Praxisbetrieb eher zum Tragen kommen. Sie könnte mittels Bias-Korrektur einfach behoben werden. Für Winterweizen in Thüringen ergibt demnach sich eine Bias-Korrektur von -0.7 t ha^{-1} .

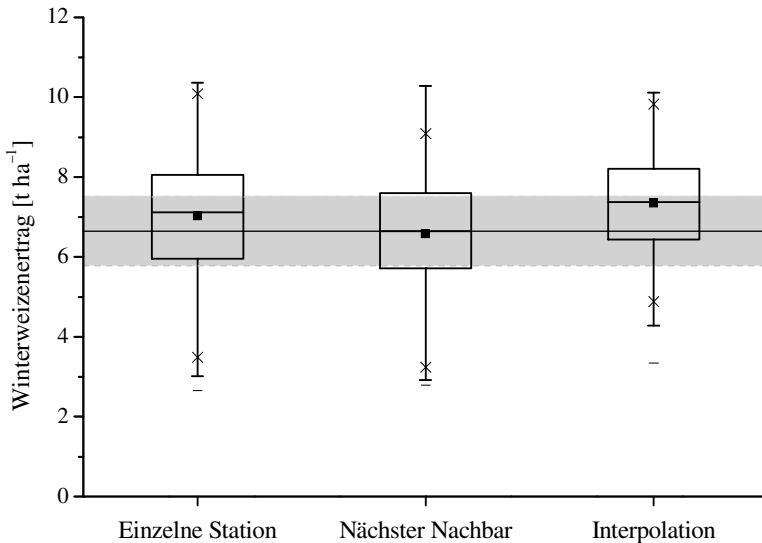


Abbildung 1: Box-Plot der mit MONICA für den Zeitraum 1992–2010 simulierten Winterweizen-erträge, im Durchschnitt über 17 Landkreise Thüringens. Verwendet wurden Wetterdaten von einer Station (links), von der jeweils nächsten von 14 Wetterstationen (Mitte) sowie interpolierte und höhenkorrigierte Wetterdaten von 14 Stationen und 58 Regenmessern (rechts). Die schwarze Linie und das graue Band repräsentieren den Mittelwert und die Standardabweichung der Thüringischen Landesstatistik.



Abbildung 2: 50 × 50m-Simulation des durchschnittlichen Winterweizenetrags der Jahre 1992–2010 in Thüringen mit MONICA unter Verwendung der jeweils nächsten von 14 Wetterstationen.

Literaturverzeichnis

- [HJ00] Hansen, J.W.; Jones, J.W.: Scaling-up crop models for climate variability applications. *Agr. Syst.* 65, 43–72, 2000
- [Ne11] Nendel, C.; Berg, M.; Kersebaum, K.C.; Mirschel, W.; Specka, X.; Wegehenkel, M.; Wenkel, K.O.; Wieland, R.: The MONICA model: Testing predictability for crop growth, soil moisture and nitrogen dynamics. *Ecol. Model.* 222 (9), 1614–1625, 2011.
- [NS12] Nendel C.; Specka, X.: <http://monica.agrosystem-models.com>, 2012.
- [VR97] Van Ittersum, M.K.; Rabbinge, R.: Concepts in production ecology for analysis and quantification of agricultural input-/output combinations. *Field Crop. Res.* 52, 197–208, 1997.