

# Auswirkungen der Klimaänderung auf die Ertragsentwicklung im Marktfruchtbau

T. Felbermeir, H. Maier und K.C. Kersebaum<sup>1</sup>

**Abstract – Landwirtschaftliche Betriebe müssen sich aufgrund des Klimawandels auf veränderte Rahmenbedingungen einstellen. Zur Abschätzung möglicher Folgen stellen Modelle auf verschiedenen Aggregatsebenen bzw. räumlichen Skalen ein zweckdienliches Instrument dar. Anhand eines Klimamodells sowie eines darauf aufbauenden Pflanzenwachstumsmodells untersucht der folgende Beitrag die Ertragsentwicklung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen unter Bedingungen des Klimawandels an verschiedenen Standorten in Bayern. Am Beispiel eines ausgewählten Untersuchungsstandortes ermitteln die Modelle standortspezifisch stabile Erträge. Für eine umfassende Abschätzung möglicher Auswirkungen des Klimawandels für landwirtschaftliche Betriebe bildet die Modellierung der Ertragsentwicklung wiederum den Ausgangspunkt für eine ökonomische Folgeabschätzung.**

## EINLEITUNG

Boden und Witterung stellen die wichtigsten Einflussfaktoren eines Standortes für den Pflanzenbau dar. Änderungen im Witterungsgeschehen aufgrund des prognostizierten Klimawandels wirken sich somit auf die Wachstumsbedingungen und letztendlich auf die Erträge landwirtschaftlicher Ackerkulturen aus. Je nach Standort verschieben sich in der Folge Anbauwürdigkeit und Konkurrenzkraft der Kulturen. Auf diese veränderten Rahmenbedingungen müssen sich landwirtschaftliche Betriebe einstellen.

Zur Abschätzung möglicher Konsequenzen untersuchen verschiedene Simulationsstudien die Auswirkungen des Klimawandels auf die Höhe und Stabilität der Erträge landwirtschaftlicher Kulturpflanzen an ausgewählten Standorten und Regionen in Deutschland (z.B. Wechsung et al., 2008). Die Ergebnisse der Studien reichen von stark rückläufigen bis hin zu steigenden Erträgen. Zudem zeigt sich besonders unter zukünftig trockeneren Bedingungen eine Zunahme der Ertragsvariabilität und des damit verbundenen Produktionsrisikos (Gandorfer und Kersebaum, 2009).

Die jeweiligen Studienergebnisse hängen stark von den verwendeten Modellen, Grundlagendaten und Emissionsszenarien ab. Eine direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist deshalb nicht gegeben.

Dennoch vermitteln die Studien einen Eindruck zukünftiger Rahmenbedingungen für die landwirtschaftliche Produktion unter veränderten Klimaverhältnissen.

Vor diesem Hintergrund besteht das Ziel des Beitrages darin, mögliche Konsequenzen einer Klimaänderung für die Ertragsentwicklung an ausgewählten Standorten in Bayern zu bewerten.

## METHODIK

Die Abschätzung möglicher Klimafolgen erfolgt an ausgewählten Untersuchungsstandorten in Bayern. Um eine solide Validierung des Modells für Aussagen zum Klimawandel zu ermöglichen, müssen die Untersuchungsstandorte folgenden Kriterien genügen: Zugehörigkeit zu den ackerbaulich bedeutendsten Boden-Klima-Räumen Bayerns, homogene räumliche Verteilung in Bayern sowie Verfügbarkeit langjährig umfangreicher Datenaufzeichnungen. Aufgrund dieser Auswahlkriterien erweisen sich sieben Standorte des Landessortenversuchswesens als geeignet.

Dort werden die bislang angebauten Kulturen in ihrer Reaktion auf den Klimawandel untersucht. Zu diesem Zweck werden mit Hilfe eines „Pflanzenwachstumsmodells“ die Naturalerträge der Kulturpflanzen am Standort ermittelt. Das Pflanzenwachstumsmodell nutzt hierfür Ergebnisse eines „Klimamodells“ als Ausgangswerte. Um den Einfluss des Klimawandels auf den einzelnen Modellebenen zu verdeutlichen, erfolgt ein Vergleich der jeweiligen Modellergebnisse für die Untersuchungszeiträume 1981-2010 und 2020-2049.

Die Ergebnisse des Klimamodells beruhen auf dem statistischen Regionalisierungsmodell WETTREG. Das verwendete regionale Klimamodell WETTREG2010 basiert dabei auf den Vorgaben des globalen Klimamodells ECHAM5 unter Annahme des SRES-Emissionsszenarios A1B. Im Rahmen regionaler Klimaszenarien weist das Modell 10 Realisierungen stationsspezifischer Klimaparameter für den Zeitraum der Jahre 1961 bis 2100 in Tagesschritten aus (Kreienkamp et al., 2010).

Als Pflanzenwachstumsmodell zur Simulation des Systems Atmosphäre-Pflanze-Boden kommt das prozessorientierte Modellsystem „Hermes“ zur Anwendung. Das Modell berechnet simultan für jeden Tag die wesentlichen Prozesse des Wasserhaushalts, der Stickstoffdynamik sowie des Pflanzenwachstums (Kersebaum, 2007). Die für die Simulation benötigten Inputparameter zu Klima, Boden und Bewirtschaftung entstammen zum einen den Szenarien des

<sup>1</sup> Thomas Felbermeir, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökonomie, München, Deutschland (thomas.felbermeir@lfl.bayern.de).

Harald Maier, Deutscher Wetterdienst, Abteilung Agrarmeteorologie, Freising-Weißenstephan, Deutschland (Harald.Maier@dwd.de).

Kurt-Christian Kersebaum, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Institut für Landschaftssystemanalyse, Müncheberg, Deutschland (ckersebaum@zalf.de).

Klimamodells und orientieren sich zum anderen an den Aufzeichnungen im Rahmen der Sortenversuche. Die Daten der Landessortenversuche dienen darüber hinaus der Kalibrierung und Validierung des Modells, für die jedoch gemessene Wetterzeitreihen verwendet werden.

Zur Darstellung der Ertragsentwicklung im Pflanzenbau bildet der von „Hermes“ ermittelte Naturalertrag den Ausgangspunkt. Ein Vergleich des mittleren Ertragsniveaus (Mittelwert) sowie der damit verbundenen Streuung (Standardabweichung) in den beiden Untersuchungszeiträumen verdeutlicht das durch den Klimawandel induzierte Ertragsrisiko.

### ERGEBNISSE

Im Folgenden werden erste Ergebnisse des Klimasowie des Pflanzenwachstumsmodells am Beispiel des Untersuchungsstandortes „Reith“ dargestellt. Der Standort „Reith“ befindet sich im Boden-Klima-Raum 116 („Gäu, Donau- und Inntal“) in Niederbayern.

Tabelle 1 beschreibt pflanzenbaulich relevante klimatische Kenngrößen des Standortes in den beiden Untersuchungszeiträumen. Als Referenz für den Standort „Reith“ dient die jeweils nächstgelegene Klima- bzw. Niederschlagsstation des Klimamodells.

**Tabelle 1.** Klimatische Kenngrößen und deren Veränderung am Untersuchungsstandort „Reith“ in den Zeiträumen 1981/2010 und 2020/2049.

Kenngröße	Zeitraum		Änderung	
	81/10	20/49	absolut	relativ
Temperatur [°C]	8,5	9,7	+1,2	+14%
Niederschlag [mm]	843	821	-22	-3%

Die in Tabelle 1 aufgeführten Werte der Kenngrößen beziehen sich jeweils auf den Durchschnitt (arithmetisches Mittel) des 30-jährigen Untersuchungszeitraumes über die 10 Realisierungen des Klimamodells hinweg. Bei der Jahresdurchschnittstemperatur zeigt sich dabei eine Zunahme um 1,2 °C, während die jährliche Niederschlagssumme geringfügig um 3 % abnimmt.

Tabelle 2 verdeutlicht die mit der Änderung klimatischer Kenngrößen verbundenen Auswirkungen auf den Ertrag von Winterweizen. Die dargestellten Erträge wurden im Pflanzenwachstumsmodell für die am Standort „Reith“ typischerweise anzutreffende Braunerde aus tonigem Schluff ermittelt. Hinsichtlich des CO<sub>2</sub>-Gehaltes der Atmosphäre wurde für die Ertragssimulation im Zeitraum 1981/2010 eine Konzentration von 363 ppm und für den Zeitraum 2020/2049 von 465 ppm angenommen.

**Tabelle 2.** Ertrag [dt/ha] von Winterweizen in den Untersuchungszeiträumen 1981/2010 und 2020/2049.

Kenngröße	Zeitraum		Änderung	
	81/10	20/49	absolut	relativ
Mittelwert	92,5	95,2	+2,7	+2,9%
Standardabweichung	8,16	8,24	+0,08	+0,1%

Die Simulation der Naturalerträge beruht auf den jeweils 10 Realisierungen des Klimamodells pro Untersuchungszeitraum. Für Winterweizen ergibt

sich daraus am Standort „Reith“ eine geringfügige Zunahme des mittleren Ertragsniveaus um 2,7 dt/ha bzw. 2,9 %. Die Standardabweichung als Maß für die Streuung des Ertrags unterscheidet sich in den beiden Zeiträumen nur marginal.

### DISKUSSION

Die Ergebnisse der Simulation am Standort „Reith“ bewegen sich auf einem sehr hohen Ertragsniveau. Zum einen liegt dies daran, dass das Pflanzenwachstumsmodell anhand von Daten der Landessortenversuche kalibriert wurde. Im Allgemeinen liegen die Erträge im Versuchswesen über denen der landwirtschaftlichen Praxis. Zum anderen berücksichtigt das Pflanzenwachstumsmodell keine biotischen Stressfaktoren wie Krankheiten oder Schädlinge, die das Ertragsniveau verringern würden.

Da im Modell keine Änderungen bei der Bewirtschaftung vorgenommen wurden, liegen die Unterschiede im mittleren Ertragsniveau der beiden Untersuchungszeiträume in der Veränderung des Klimas begründet. Dabei scheinen die Zunahme der Temperatur sowie die Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Gehaltes der Atmosphäre den zu erwartenden Ertragsrückgang aufgrund abnehmender Niederschläge zu kompensieren. Die Stabilität der Erträge, charakterisiert durch das Kriterium der Standardabweichung, verändert sich nicht. Somit zeigen die dargestellten Ergebnisse für den Standort „Reith“ unter den Bedingungen des Klimawandels eine stabile Ertragsentwicklung.

Für eine umfassende Einordnung der ermittelten Ergebnisse werden weitere Standorte und Kulturarten in ihrer Reaktion auf den Klimawandel untersucht. Darüber hinaus soll eine ökonomische Bewertung der Ertragsentwicklung dazu beitragen, die wirtschaftlichen Konsequenzen der Klimaänderung aufzuzeigen. Zudem gilt es, die mit der Klimafolgenabschätzung generell einhergehenden Unsicherheiten zu thematisieren.

### LITERATUR

- Gandorfer, M., Kersebaum, K.C. (2009): Einfluss des Klimawandels auf das Produktionsrisiko in der Weizenproduktion unter Berücksichtigung des CO<sub>2</sub>-Effekts sowie von Beregnung. In: H. Peyerl (Hrsg.). *Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie* 18(3): 47-56. Wien: Facultas Verlag.
- Kersebaum, K.C. (2007): Modelling nitrogen dynamics in soil-crop systems with HERMES. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 77(1): 39-52.
- Kreienkamp, F., Enke, W., Spekat, A. (2010): *WR2010\_EH5\_1\_A1B: UBA-WETTREG ECHAM5/OM 20C + A1B Lauf 1 realization run 1961-2100. World Data Center for Climate. CERA-DB "WR2010\_EH5\_1\_A1B"*  
[http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=WR2010\\_EH5\\_1\\_A1B](http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=WR2010_EH5_1_A1B)
- Wechsung, F., Gerstengarbe, F.W., Lasch, P., Lüttger, A. (Hrsg.) (2008): *Die Ertragsfähigkeit ostdeutscher Ackerflächen unter Klimawandel*. PIK-Report 112. Potsdam: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung.