

# Verfahrensökonomische Analysen zu möglichen Folgen des Klimawandels auf die Landwirtschaft

Thomas Felbermeir

Institut für Ländliche Strukturentwicklung, Betriebswirtschaft und Agrarinformatik  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Menzinger Straße 54  
80638 München  
thomas.felbermeir@lfl.bayern.de

**Abstract:** Zur Analyse möglicher Folgen des Klimawandels im Bereich der pflanzlichen Produktion kommen verschiedene aufeinander aufbauende Modelle zum Einsatz. Diese decken die für die Problemstellung relevanten Aspekte des Klimas („Klimamodell“), des Pflanzenwachstums („Pflanzenwachstumsmodell“) sowie der ökonomischen Bewertung („ökonomisches Modell“) ab. Der folgende Beitrag beschreibt die jeweils verwendeten Modelle, deren gegenseitige Verknüpfung sowie die zur Verfügung stehende Datengrundlage.

## 1. Problemstellung und Zielsetzung

Boden und Witterung stellen für den Pflanzenbau die wichtigsten natürlichen Einflussfaktoren bei der Bewirtschaftung eines Standortes dar. Eine Veränderung des Witterungsgeschehens im Zuge des prognostizierten Klimawandels wirkt sich somit auf die Wachstumsbedingungen und letztendlich auf die Erträge landwirtschaftlicher Kulturpflanzen aus.

Verschiedene Simulationsstudien untersuchen die Auswirkungen des Klimawandels auf die Höhe und Stabilität der Erträge landwirtschaftlicher Kulturpflanzen an ausgewählten Standorten und Regionen in Deutschland [AI05, EKF09, Ge03, Mi05, Mi09, St05, We08]. Die Ergebnisse dieser Studien reichen von stark rückläufigen bis hin zu steigenden Erträgen. Insbesondere unter zukünftig trockeneren Bedingungen lässt sich zudem eine Zunahme der Ertragsvariabilität und somit auch des damit verbundenen Produktionsrisikos feststellen [GK09]. Die Ergebnisse der jeweiligen Studien hängen allerdings sehr stark von den verwendeten Modellen, Methoden und Betrachtungsebenen ab. Somit ist eine direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwar nicht gegeben, jedoch vermitteln die Studien einen ersten Eindruck der Rahmenbedingungen, auf die sich landwirtschaftliche Betriebe unter künftigen Klimabedingungen einstellen müssen.

Vor diesem Hintergrund besteht das Ziel des Beitrages darin, mögliche Konsequenzen des Klimawandels für den Pflanzenbau an ausgewählten Standorten in Bayern aus öko-

nomischer Perspektive zu bewerten. Zu diesem Zweck werden die Auswirkungen des Klimawandels auf das Ertragsrisiko im Marktfruchtbau untersucht. Darauf aufbauend erfolgt die ökonomische Bewertung des Risikos auf der Grundlage der Höhe und Stabilität der Naturalerträge. Eine Gegenüberstellung des ökonomischen Risikos unter gegenwärtigen und unter zukünftigen Klimabedingungen verdeutlicht dabei den Einfluss des Klimawandels.

## 2. Material und Methode

Die Bewertung möglicher Folgen des Klimawandels für den Pflanzenbau an ausgewählten Standorten in Bayern beruht auf der Grundlage verschiedener aufeinander aufbauender Modelle (vgl. Abbildung 1). Den Ausgangspunkt der Betrachtung bildet ein „Klimamodell“. Im Rahmen regionaler Klimaszenarien stellt es die zukünftige Ausprägung pflanzenbaulich relevanter Klimaparameter an den ausgewählten Untersuchungsstandorten dar. Diese Ergebnisse des Klimamodells nutzt wiederum ein „Pflanzenwachstumsmodell“ als Inputgröße zur Simulation von Naturalerträgen verschiedener landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Die durch das Pflanzenwachstumsmodell errechneten Naturalerträge dienen schließlich im „Ökonomischen Modell“ als Bezugspunkt der ökonomischen Betrachtungen.

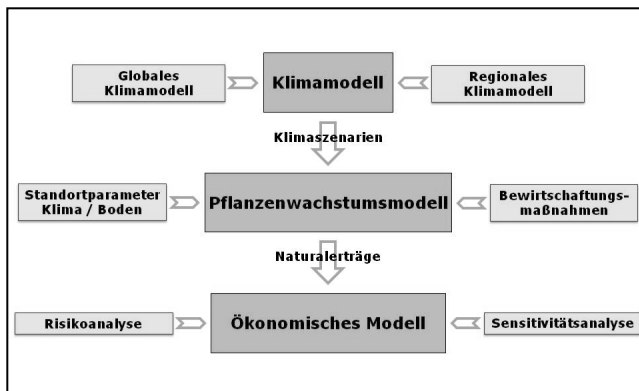


Abbildung 1: Vorgehensweise zur Abschätzung möglicher Klimafolgen

Die Bewertung möglicher Klimafolgen gemäß der dargestellten Vorgehensweise erfolgt an ausgewählten Untersuchungsstandorten in Bayern. Damit eine ausreichende Datengrundlage für Aussagen zum Klimawandel gewährleistet ist, müssen diese Untersuchungsstandorte folgenden Kriterien genügen: Zugehörigkeit zu den ackerbaulich bedeutsamsten Boden-Klima-Räumen Bayerns [Ro07], homogene räumliche Verteilung in Bayern sowie langjährig umfangreiche Datenaufzeichnungen. Aufgrund dieser Auswahlkriterien erweisen sich sieben Standorte des Landessortenversuchswesens als geeignete Untersuchungsstandorte. An diesen Standorten werden die dort bislang angebaute Kulturen in ihrer Reaktion auf den Klimawandel untersucht.

Um den Einfluss des Klimawandels auf die Erträge der Kulturpflanzen abschätzen zu können, wird die Ertragsleistung der jeweiligen Kulturen an den Standorten in der Zeitscheibe 1981-2010 mit der Ertragsleistung in der Zeitscheibe 2020-2049 verglichen. Zu diesem Zweck kommt die oben beschriebene Vorgehensweise zum Einsatz. Das Pflanzenwachstumsmodell berechnet dabei für die beiden Zeitscheiben die Naturalerträge ausgehend von den Ergebnissen der regionalen Klimaszenarien.

Die regionalen Klimaszenarien als Ergebnis des Klimamodells beruhen auf dem statistischen Regionalmodell WETTREG unter der Annahme des Emissionsszenarios A1B und dem globalen Klimamodell ECHAM 5 [KSE10]. Für ausgewählte Klimastationen beschreiben die Klimaszenarien die dortige Ausprägung einzelner Klimaparameter wie z.B. Temperatur und Niederschlag für den Zeitraum der Jahre 1961 bis 2100 in Tagesritten. Aus diesem Zeitraum werden die Daten der relevanten Klimaparameter der beiden Untersuchungszeitscheiben entnommen. Als Referenz für den Untersuchungsstandort gilt hierfür die dem Standort jeweils am nächsten gelegene Klimastation.

Als Pflanzenwachstumsmodell zur Simulation der Naturalerträge kommt das prozessorientierte Modell HERMES zur Anwendung. Dieses Modell berechnet simultan die im System Atmosphäre-Pflanze-Boden ablaufenden Prozesse des Wasserhaushalts, des Stickstofftransports, der Mineralisation, der Denitrifikation und des Pflanzenwachstums auf täglicher Basis [Ke95, Ke07]. Hierfür benötigt das Modell standortspezifische Parameter aus den Bereichen Klima, Boden und Bewirtschaftung als Inputgrößen. Die relevanten Klimadaten werden den Ergebnissen des Klimamodells entnommen. Zur Beschreibung der Bodenparameter sowie der standortüblichen Bewirtschaftung der betrachteten Kultur finden die an den Untersuchungsstandorten im Rahmen des Sortenversuchswesens erhobenen Daten Anwendung. Als Outputgrößen errechnet das Pflanzenwachstumsmodell tagesspezifische Parameter wie zum Beispiel den Umfang des Wassergehaltes oder des mineralisierbaren Stickstoffgehaltes einzelner Bodenschichten sowie den Naturalertrag der betrachteten Kultur am Untersuchungsstandort.

Im ökonomischen Modell bildet der auf dem Naturalertrag basierende Erlös die Zielgröße, um die Auswirkungen des Klimawandels aus ökonomischer Perspektive zu bewerten. Der Erlös als Produkt aus standortspezifisch modelliertem Naturalertrag und kulturspezifischem Produktpreis stellt somit die Kenngröße zur Beschreibung des ökonomischen Risikos dar. Durch den Vergleich von Mittelwert und Standardabweichung des Erlöses in den beiden Untersuchungszeitscheiben wird der Einfluss des Klimawandels ersichtlich. Zudem wird im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse untersucht, wie sich ausgewählte Einflussfaktoren wie beispielsweise der Produktpreis auf die Aussage der Ergebnisse auswirken.

Ausgehend von der dargestellten Datengrundlage bieten die vorgestellten Modelle eine gute Basis zur Abschätzung möglicher Folgen des Klimawandels im Bereich der pflanzlichen Produktion. Durch die Variation einzelner Parameter ermöglichen sie zudem die Betrachtung verschiedener Szenarien, so dass sich die mit Klimafolgenabschätzungen typischerweise verbundenen Unsicherheiten in gewissem Umfang eingrenzen lassen.

Die auf diese Weise ermittelten Ergebnisse ergänzen die Ergebnisse aus anderen Studien zur Klimafolgenabschätzung im Pflanzenbau. Sie ermöglichen durch die Erweiterung der Vergleichsbasis eine bessere Abschätzung der künftigen Entwicklungen bei Naturalerträgen und Ertragsrisiken. Die darüber hinaus berechneten ökonomischen Parameter lassen einen Blick auf die wirtschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels für die Landwirtschaft zu.

## Literaturverzeichnis

- [Al05] Alcamo, J. et al.: Klimawandel und Landwirtschaft in Hessen: Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf landwirtschaftliche Erträge. <http://klimawandel.hlug.de/fileadmin/dokumente/klima/inklim/endberichte/landwirtschaft.pdf> (18.02.2011), 2005.
- [EKf09] Eitzinger, J., Kersebaum, K.C., Formayer, H.: Landwirtschaft im Klimawandel – Auswirkungen und Anpassungsstrategien für die Land- und Forstwirtschaft in Mitteleuropa. 1. Auflage. Verlag Agrimedia, Clenze, 2009.
- [Ge03] Gerstengarbe, F.W. et al.: Studie zur klimatischen Entwicklung im Land Brandenburg bis 2055 und deren Auswirkungen auf den Wasserhaushalt, die Forst- und Landwirtschaft sowie die Ableitung erster Perspektiven. Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung [PIK], PIK-Report Nr.83, Potsdam, 2003.
- [GK09] Gandorfer, M., Kersebaum, K.C.: Einfluss des Klimawandels auf das Produktionsrisiko in der Weizenproduktion unter Berücksichtigung des CO<sub>2</sub>-Effekts sowie von Beregnung. In (Peyerl, H., Hrsg.): Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie 18/3, Facultas Verlag, Wien, 2009, S.47-56.
- [Ke95] Kersebaum, K.C.: Application of a simple management model to simulate water and nitrogen dynamics. *Ecological Modelling* 81, 1995, S.145-156.
- [Ke07] Kersebaum, K.C.: Modelling nitrogen dynamics in soil-crop systems with HERMES. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 77, 2007, S.39-52.
- [KSE10] Kreienkamp, F., Spekat, A., Enke, W.: Ergebnisse eines regionalen Szenarienlaufs für Deutschland mit dem statistischen Modell WETTREG2010. [http://www.anpassung.net/cln\\_110/nn\\_701048/SharedDocs/Downloads/DE/Transwetterlagen\\_Abschlussbericht,te mpl-telId=raw.property=publicationFile.pdf/Transwetterlagen\\_Abschlussbericht.pdf](http://www.anpassung.net/cln_110/nn_701048/SharedDocs/Downloads/DE/Transwetterlagen_Abschlussbericht,te mpl-telId=raw.property=publicationFile.pdf/Transwetterlagen_Abschlussbericht.pdf) (09.03.2011), 2010.
- [Mi05] Mirschel, W. et al.: Regionale Ertragsschätzung für wichtige Fruchtarten auf repräsentativen Ackerstandorten in Märkisch-Oderland mit Hilfe von SAMT. In (Wiggering, H., Eulenstein, F., Augustin, J., Hrsg.): Entwicklung eines integrierten Klimaschutzmanagements für Brandenburg. Handlungsfeld Landwirtschaft. [http://z2.zalf.de/content/1784\\_Ertrag\\_fuer\\_Klimawandel\\_Mirschel.pdf](http://z2.zalf.de/content/1784_Ertrag_fuer_Klimawandel_Mirschel.pdf) (15.02.2011), 2005.
- [Mi09] Mirschel, W. et al.: Auswirkungen des Klimawandels auf die Ertragsleistung ausgewählter landwirtschaftlicher Fruchtarten im Freistaat Sachsen – eine landesweite regionaldifferenzierte Abschätzung. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Heft 28/2009, Dresden, 2009.
- [Ro07] Roßberg, D. et al.: Definition von Boden-Klima-Räumen für die Bundesrepublik Deutschland. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 59(7), Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 2007, S.155-161.
- [St05] Stock, M. (Hrsg.): KLARA Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung. Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung [PIK], PIK-Report Nr.99, Potsdam, 2005.
- [We08] Wechsung, F. et al. (Hrsg.): Die Ertragsfähigkeit ostdeutscher Ackerflächen unter Klimawandel. Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung [PIK], PIK-Report Nr.112, Potsdam, 2008.