

# Auswirkungen des Klimawandels auf die Ertragsvariabilität

Johann Gröbmaier

Technische Universität München, Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues  
Groebmaier@wzw.tum.de

**Abstract:** This article examines potential climate change impacts on agricultural production at two locations in south-eastern Bavaria. The predicted changes of climatic variables lead to a higher yield variability and therefore increased production risk. Consequently, there is a need for adaptation strategies, especially an improved risk management, which will help farmers to cope with higher yield risks.

## 1 Einleitung

Der UN-Klimarat IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) prognostiziert für die nächsten Jahrzehnte eine deutliche Erhöhung der mittleren globalen Temperatur, was zu signifikanten Änderungen des Klimas führt (IPCC 2007). Die Landwirtschaft ist aufgrund ihrer Produktion unter freiem Himmel seit jeher einem starken Produktionsrisiko ausgesetzt. Die prognostizierten klimatischen Veränderungen werden nach JONES ET AL. (2003) die Ertragsvariabilität und damit das Produktionsrisiko beim Anbau landwirtschaftlicher Kulturpflanzen erhöhen. Ziel dieses Beitrags soll es sein, das Ausmaß des zukünftigen Produktionsrisikos in einer Fallstudie für zwei Standorte zu quantifizieren. Dazu werden Ertragsdaten mit historischen Wetterdaten verknüpft. Es soll geklärt werden, inwieweit die meteorologische Situation in Jahren mit besonders geringen Erträgen zur Erklärung der Ursachen dieser Missernten beitragen kann. Um den Zusammenhang zwischen Wetter und Ertrag zu quantifizieren, werden Extremwertanalysen und multiple lineare Regressionsanalysen durchgeführt.

Für die Untersuchung werden zwei Standorte im Südosten Bayerns (Mühldorf und Rosenheim) untersucht. Im Landkreis Mühldorf kann auf tiefgründigen, lehm- und lößreichen Böden bei Niederschlagsmengen von durchschnittlich 850 mm pro Jahr sehr gut Ackerbau betrieben werden. Im Landkreis Rosenheim hingegen dominiert aufgrund der höheren Niederschläge im Voralpenbereich das Grünland. Der Untersuchungszeitraum geht über zwei Perioden von 30 Jahren von 1975-2004 und von 2070-2099, was jeweils einer von der WMO (World Meteorological Association) empfohlenen Klimanormalperiode entspricht (WMO, 2006).

## **2 Material**

### **2.1 Ertragsdaten**

Die Ertragsdaten beinhalten für den Standort Mühldorf die Erträge der drei Ackerkulturen Winterweizen, Körnermais und Winterraps. Für den Standort Rosenheim werden Grünland sowie die Ackerkulturen Silomais und Winterweizen betrachtet. Die Erträge steigen aufgrund technischen und züchterischen Fortschritts über den Untersuchungszeitraum von 1975 bis 2004 bei allen Kulturarten an (vgl. SOJA UND SOJA 2003). Für die weiteren Untersuchungen war es daher notwendig, die Ertragsdaten von diesen Effekten mittels linearer Trendbereinigung zu bereinigen.

### **2.2 Klimadaten**

Die historischen und zukünftigen Klimadaten beinhalten Tagesdaten über die mittlere Temperatur, die Maximal- und die Minimaltemperatur sowie den Niederschlag. Um den Einfluss klimatischer Parameter auf die Erträge zu untersuchen, werden diese Klimadaten zu Klimavariablen aufbereitet, die als Prädiktoren in Regressionsmodellen eingesetzt werden. In den Regressionsmodellen wurden die Klimavariablen Durchschnittstemperatur, Niederschlagssumme, effektiver Trockenheitsindex (EDI), Hitzestressindex und Growing-Degree-Days verwendet. Die Klimavariablen wurden für die verschiedenen Kulturen jeweils monatlich für die Periode von der Saat bis zur Ernte und für Grünland von Januar bis Oktober berechnet. Des Weiteren wurden die einzelnen Klimavariablen für die Zeiträume März-Juli und Juni-August sowie über das ganze Jahr aggregiert.

## **3 Methodik**

### **3.1 Extremwertanalysen**

Um kulturartenspezifisch Jahre mit besonders geringen Erträgen zu identifizieren, wird eine Extremwertanalyse durchgeführt. Dazu wird zunächst eine lineare Trendbereinigung der Erträge durchgeführt, um die Ertragsanomalien für jedes Jahr zu bestimmen. Die Erträge werden vom langfristigen Trend der Ertragszunahme bereinigt, indem die absolute Ertragsabweichung durch Subtraktion des Erwartungswerts des Ertrages vom tatsächlich beobachteten Ertrag des jeweiligen Jahres ermittelt wird (vgl. SCHÖNWIESE 2006, S. 271). Durch diese Methode lässt sich der langfristige Trend der Ertragszunahmen eliminieren, ohne dass die besonders großen Schwankungen nach oben oder nach unten auf Jahresbasis ignoriert werden. Nach STERZEL (2007) bleibt dadurch der Einfluss von Wettervariabilität und Extremwetterereignissen auf die Erträge erhalten. Eine Filterung von Missjahren wird durchgeführt, indem die Ertragsanomalien hinsichtlich der Unterschreitung von festgelegten Streuungsmaßen untersucht werden. Zur Identifikation von Missjahren, also Jahren mit besonders großen Ertragsabweichungen nach unten, wird das 25. Perzentil gewählt (vgl. SCHÖNWIESE 2006, S. 271). Daraufhin werden die Klimadaten Niederschlag, Maximal-, Minimal- und Durchschnittstemperatur der ertragsmäßig negativen Extremjahre (Unterschreitung des 25. Perzentils) hinsichtlich der Abweichung von einer Referenzperiode der Jahre 1960-1989 untersucht. Für die Nieder-

schlagswerte werden die relativen Abweichungen und für die Temperaturwerte die absoluten Abweichungen von der Referenz untersucht.

### **3.2 Multiple lineare Regressionsanalysen**

Durch multiple lineare Regressionsanalysen soll der Zusammenhang zwischen Wetter und Ertrag quantifiziert werden. Es sollen kulturartenspezifisch diejenigen Klimavariablen bestimmt werden, welche einen Einfluss auf die interannuelle Ertragsvariabilität haben. Des Weiteren wurde untersucht, inwieweit eine Vorhersage von Ertragsanomalien mit Daten aus Klimaszenarien möglich ist. Um Modelle von hoher Aussagekraft zu erhalten wurde das Bestimmtheitsmaß als Gütekriterium herangezogen sowie die Residuen zwischen geschätzten Ertragsanomalien und tatsächlich beobachteten Ertragsanomalien betrachtet.

Es wurde zunächst ein Regressionsmodell mit ausgewählten Variablen aufgestellt („reduziertes Modell“) (vgl. KÖHLER ET AL. 2007, S. 230). Aus der Fülle der Variablen konnten somit bereits im Vorfeld einige Variablen aus pflanzenphysiologischen Gründen ausgeschlossen werden. So wird beispielsweise der Ertrag von Winterweizen nicht mehr durch Hitzestress im Erntemonat beeinträchtigt, weshalb diese Variable nicht in das Regressionsmodell aufgenommen wurde. Bei der Durchführung der multiplen Regressionsanalyse wurde nach statistischen Kriterien entschieden, ob eine Variable im Regressionsmodell verbleibt oder nicht. Dazu wurde zum einen die Globalgüte des Regressionsmodells mit dem F-Test geprüft. Zum anderen wurde durch t-Tests die Signifikanz der einzelnen Koeffizienten bestimmt. Des Weiteren wurde die Änderung des Bestimmtheitsmaßes betrachtet sowie möglicherweise auftretende Multikollinearität. Durch schrittweises Weglassen von Variablen („von oben abbauen“) wurde dann das Regressionsmodell vervollständigt (vgl. KÖHLER ET AL. 2007, S. 230).

## **4 Ergebnisse**

Das Ziel der Extremwertanalysen war es zu klären, inwieweit die meteorologische Situation in Jahren mit besonders geringen Erträgen zur Erklärung der Ursachen dieser Missernten beitragen kann. Bei der Untersuchung der Abweichungen der Klimaparameter in den Missjahren wurde deutlich, dass vor allem negative Abweichungen im Niederschlag sowie positive Abweichungen in der Temperatur kritische Klimaparameter für Missernten darstellen. Dies gilt insbesondere für sensible phänologische Phasen wie die Blütezeit.

Das Ziel der multiplen linearen Regressionsanalysen war es, den Einfluss von Klimavariablen auf die interannuelle Ertragsvariabilität zu bestimmen. Es zeigte sich, dass je nach Kultur zwischen 43 und 75 % der Varianz der Ertragsanomalien durch Klimavariablen erklärt werden konnten. Daraufhin wurden in einem weiteren Schritt Ertragsanomalien im zukünftigen Betrachtungszeitraum berechnet. Dass in der Zukunftszeitscheibe für verschiedene Kulturen gleiche Jahre als Missjahre identifiziert worden sind, obwohl unterschiedliche Variablen in die jeweiligen Regressionsmodelle eingehen, deutet daraufhin, dass die Methode geeignet ist zukünftige Ertragsschwankungen zu simulieren. Bei der Gegenüberstellung der Varianzen der Ertragsanomalien wurde deutlich, dass die

Varianz im zukünftigen Betrachtungszeitraum zunimmt. Die Ergebnisse sind nachfolgend in Tabelle 1 dargestellt.

**Tabelle 1: Ergebnisse der Varianzanalyse der Ertragsanomalien**

Region	Kultur	Varianz 1975-2004	Varianz 2070-2099	Änderung in %
Rosenheim	Grünland	29,6	47,6	+ 60,8
	Silomais	1610,6	2078,0	+ 29,0
	Winterweizen	16,8	18,6	+ 10,8
Mühldorf	Winterweizen	40,6	59,0	+ 45,4
	Körnermais	38,7	51,5	+ 33,2
	Winterraps	16,5	20,1	+ 21,9

Quelle: Eigene Berechnungen

Die Ergebnisse zeigen, dass die Ertragsvariabilität von allen betrachteten Kulturen, gemessen an der Varianz im zukünftigen Betrachtungszeitraum deutlich zunehmen wird.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Untersuchungen haben ergeben, dass die prognostizierten klimatischen Veränderungen zu einer Erhöhung der Ertragsvariabilität und damit zu einem höheren Produktionsrisiko für die Landwirte führen. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit einer Anpassung an die klimatischen Veränderungen vor allem im betrieblichen Risikomanagement.

## Literaturverzeichnis

- [IPCC07] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): Climate Change 2007: Synthesis Report. Genf, 2007.
- [JLJP03] Jones, P.D., D. H. Lister, K.W. Jaggard, J.D. Pidgeon: Future climate impact on the productivity of sugar beet (*Beta Vulgaris* L.) in Europe. *Climatic Change* 58/2003. 93–108.
- [KSV07] Köhler, W., G. Schachtel, P. Voleske: *Biostatistik*. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 2007.
- [Sc06] Schönwiese, C.D.: *Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler*. Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart, 2006.
- [SS03] Soja, G., A.M. Soja: *Dokumentation von Auswirkungen extremer Wetterereignisse auf die landwirtschaftliche Produktion*. ARC Seibersdorf Research, 2003.
- [St07] Sterzel, T.: *Correlation analysis of climate variables and wheat yield data on various aggregation levels in Germany and the EU-15 using GIS and statistical methods, with a focus on heat wave years*. Herausgegeben von: F.-W. Gerstengarbe. Berlin, 2007.
- [WMO06] WMO (World Meteorological Organisation): *climatological standard normals*. 2006. <http://meteoterm.wmo.int/meteoterm/> (abgerufen am 12.08.2008)