

# Beregnungsbedürftigkeit von Mais und Winterweizen in Sachsen vor dem Hintergrund des Klimawandels

Friederike LILIENTHAL und Falk BÖTTCHER

8 Abbildungen

## Abstract

LILIENTHAL, F., BÖTTCHER, F.: The need of irrigation of maize and winter wheat in the context of climate change. - *Hercynia N. F.* 45 (2012): 161 – 171.

To discuss the need of irrigation in Saxony (Germany) we analyse Chemnitz, Görlitz and Oschatz according to the given soils. We study one summer crop (maize) and one winter crop (winter wheat). To calculate the moisture of the soils between 1961 and 2050 we use the soil water household model METVER (MÜLLER & MÜLLER 1988a, b, 1989). For the need of irrigation we set a boundary value for soil moisture of 30 and 50 % AWC (available water content). For the whole time interval we build up decades and calculate the corresponding mean number of days undershooting the given values for each crop. The results for the different places turn out to be very different according to their geographical location. For places like Chemnitz that benefit from the northern rain accumulation of the mountains Erzgebirge the need of irrigation is least critical. This means that Chemnitz only needs irrigation to keep quality high. In opposite Görlitz and Oschatz need to focus more on stabilizing the harvest. Comparisons between the models show similar tendencies that can be proven in different intensities to be trends. However, our results show that we have to expect a strong increase in need of irrigation only in the last considered decade.

*Key words:* soil moisture, irrigation, climate change

## 1 Einleitung

Rezente Änderungen der atmosphärischen Randbedingungen zeigen sich in den klimatologischen Statistiken der letzten Jahrzehnte deutlich. Klimasimulationen der Zukunft lassen erwarten, dass sich die in den Messwerten aufgezeigten Tendenzen in unterschiedlicher Weise fortsetzen. Als Reaktion auf diese Veränderungen sind auch Änderungen in der Bodenfeuchte zu registrieren und zu erwarten. Ziel dieser Arbeit ist es, an zwei Beispielen zu zeigen, welche fruchtartenspezifische Veränderungen der Bodenfeuchte schon feststellbar sind und welche in der Zukunft erwartet werden müssen. Dies hat essentiellen Einfluss auf die Ausrichtung der landwirtschaftlichen Produktion, geht es doch einerseits darum, Ertrag und Qualität der Pflanzenproduktion zu sichern und andererseits den Boden als wichtigstes Produktionsmittel der Landwirtschaft zu schützen. Der Fokus der Arbeit liegt dabei auf der Veränderung der Beregnungsbedürftigkeit sowohl retrospektiv wie auch in der projizierten Zukunft.

## 2 Methodik und Daten

Die Bodenfeuchtedaten wurden für die Wetterstationen Oschatz, Görlitz und Chemnitz des Deutschen Wetterdienstes bestimmt. Diese Wetterstationen repräsentieren drei von vier landwirtschaftlichen Standortregionen, die das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) ausgewiesen hat. Oschatz stellt beispielhaft die Bedingungen im Mittelsächsischen Lößgebiet dar. Görlitz zeigt exemplarisch die Verhältnisse in der Oberlausitz und der Sächsischen Schweiz und am Standort Chemnitz sind die meteorologischen Gegebenheiten repräsentativ für das Erzgebirge, das Vogtland und das Elsterbergland anzusehen. Von den genannten Wetterstationen wurden Tagesmittelwerte der Lufttemperatur, Tagessummen der Niederschlagshöhe und Tagessummen der Sonnenscheindauer für die retrospektive

Betrachtung verwendet. Diese Werte lagen für Görlitz und Chemnitz von 1961, für Oschatz von 1978 bis 2010 vor. Ferner kamen sowohl für den retrospektiven wie den in die Zukunft projizierten Zeitraum Ergebnisse regionaler Klimamodelle zum Einsatz. Die Konzentration lag dabei auf Daten des statistischen Modells WETTREG (CLIMATE & ENVIRONMENT CONSULT 2009a), die im Jahr 2010 erstellt worden waren und in mehreren Realisierungen genutzt werden konnten, um die in diesem Modell mögliche Bandbreite abzubilden. Zur Robustheitsanalyse wurden zehn der zur Verfügung stehenden Modellläufe (Lauf 00 bis 99) durchgeführt. Zu Vergleichszwecken wurden auch Berechnungen mit den Modellen WETTREG 2006, STAR und CLM (CLIMATE & ENVIRONMENT CONSULT 2009a, b, c) vorgenommen, dabei wurde der Zeitraum bis 2050 betrachtet. Das zugrunde liegende Szenario ist A1B.

Als landwirtschaftliche Kulturpflanzenarten wurden für alle Standorte Mais und Winterweizen ausgewählt. Die Berechnung der Bodenfeuchtwerte erfolgte mit dem agrarmeteorologischen Wasserhaushaltsmodell METVER (MÜLLER & MÜLLER 1988a, b, 1989), das seine Qualität in den letzten Jahren unter Beweis stellte (KAYSER 2002, JUNGHÄNEL 2010). METVER dient nach KAYSER (2002) der Berechnung der Verdunstung auf land- und forstwirtschaftlichen Produktionsflächen und arbeitet als Einschichtmodell mit Entzugs- und Nachlieferungssektor. Seit den 1980er Jahren wurde das Modell laut BÖTTCHER et al. (2010) kaum an der Grundstruktur verändert, lediglich wurden fortlaufende Anpassungen bezüglich der Vielfalt der Fruchtarten und der Bedienbarkeit vorgenommen. Derzeit lassen sich nach BÖTTCHER et al. (2010) in METVER 27 Frucht- und Anbauarten und dazu beliebige Substrattypen einbinden. METVER benötigt als Inputwerte zur Berechnung drei grundlegende Datenarten: meteorologische und bodenphysikalische Daten sowie Daten der phänologischen Entwicklung der jeweiligen Kultur. Die meteorologischen Daten sind die Tagesmittel der Lufttemperatur, die Tagessummen der Sonnenscheindauer und die täglichen Niederschlagshöhen. Die bodenphysikalischen Daten umfassen Angaben über die Feldkapazität (FK) und den Welkepunkt (WP). Ferner muss ein Anfangsfeuchtwert zu Beginn des jeweiligen Berechnungsintervalls vorgegeben werden. Dabei kamen hier Werte zum Einsatz, die einer Arbeit von MÜLLER et al. (1995) entnommen wurden und die für die Altlandkreise Sachsens, wie sie Anfang der 1990er Jahre bestanden, mittlere Angaben der Feldkapazität und des Welkepunktes bereitstellen.

Die Daten der phänologischen Entwicklung beinhalten Tageswerte für den biologisch pflanzenphysiologischen Faktor, die dazugehörige Durchwurzelungstiefe und die ebenfalls korrespondierende Interzeptionskapazität. Der biologisch pflanzenphysiologische Faktor repräsentiert das Verhältnis zwischen der potenziellen Verdunstung nach Turc / Wending (DVWK 1996) und der optimalen Verdunstung. Zugrunde liegt dabei eine langjährige mittlere phänologische Entwicklung. Sie beruht auf Arbeiten von CHMIELEWSKI et al. (2004), KNOBLAUCH (2009), SCHLEGEL et al. (2002), KUTSCHERA et al. (2009) sowie NIEMANN (2003).

Die errechneten Modelldaten sind Tageswerte der potenziellen Evapotranspiration nach Turc / Wending, der aktuellen / realen Evapotranspiration, des korrigierten Niederschlages (Korrektur nach RICHTER 1995), des Sickerwassers aus der tiefsten Bodenschicht zum Grundwasser, der Bodenfeuchte, des Gesamtbodenwassergehaltes und der Ausschöpfungsschichtdicke. Diese Begriffe sind detailliert nachzulesen in BÖTTCHER et al. (2010), jedoch sei hier das Augenmerk auf die Bodenfeuchte gelenkt, welche in % nFK (nutzbare Feldkapazität) angegeben wird und sich auf die Ausschöpfungsschichtdicke bezieht. Diese besteht aus der Hauptdurchwurzelungszone, welche etwa 60 % der nFK ausmacht, die restlichen 40 % entfallen auf den Nachlieferungssektor unterhalb der Wurzel.

Mittels einer Sensitivitätsuntersuchung wurde überprüft, ob die zugrunde gelegten mittleren phänologischen Verhältnisse einen relevanten Einfluss auf die Modellierungsergebnisse haben oder ob es nötig ist, die phänologische Entwicklung jahresbezogen abzubilden. Dies wurde getestet, indem der Beginn der thermischen Vegetationsperiode (NIEMANN 2003) für die Jahre 1961 – 2050 mittels Nomogrammverfahren für insgesamt zehn Stationen im Raum Sachsen, Thüringen und Brandenburg berechnet und anschließend ein Mittelwert über den Vegetationsbeginn ermittelt wurde. Davon wurde die Standardabweichung gebildet und der Mittelwert + / - Standardabweichung als normales Jahr angenommen. Ergebnis war, dass frühe Jahre einen Vegetationsbeginn vor dem 3. März haben, späte Jahre einen Vegetationsbeginn nach dem 4. April und normale Jahre zwischen diesen beiden Daten. Die Standardabweichung lag also bei 16 Tagen.

Am Beispiel von Grünland wurde nun der Vegetationsbeginn 16 Tage vorverlegt vom 25. Februar auf den 9. Februar. Es fand nun eine Vergleichsrechnung mit METVER statt. Verglichen wurden die Bodenfeuchten am 143. Tag nach Jahresbeginn, das entspricht einem pflanzenphysiologischen Faktor von 70%. Ergebnis war eine Differenz der nutzbaren Feldkapazität von weniger als 1%. Auf dieser Grundlage wurde entschieden, dass die Betrachtung von frühen, mittleren und späten Jahren nicht relevant ist. Es kann also davon ausgegangen werden, dass eine jahresbezogene Anpassung der phänologischen Entwicklung keinen Einfluss auf die Bodenfeuchteergebnisse hat. Dementsprechend wurden die Vegetationszeiträume für die bearbeiteten Kulturen aus den vorliegenden mittleren Daten extrahiert und zwar ist der Vegetationsbeginn definiert, sobald der biologisch pflanzenphysiologische Faktor Werte  $> 0$  erreicht und das Vegetationsende, wenn dieser Faktor nach der Ernte erstmals wieder  $= 0$  ist. Bei Mais ist dieser Zeitraum 159 Tage lang und dauert vom 19.5. bis zum 24.10. Winterweizen hat eine durchschnittliche Vegetationsdauer von 180 Tagen, die sich vom 6.3. bis zum 1.9. eines Jahres erstrecken. Die beiden landwirtschaftlichen Kulturpflanzenarten wurden einer Auswertung unterzogen, die feststellte, wie viele Tage in der Vegetationsperiode die jeweiligen Arten Bodenfeuchtwerte unter 50 und unter 30% der nutzbaren Feldkapazität erleben. Diese Werte wurden als Abgrenzung zur optimalen Versorgung der Pflanze (50% nFK) sowie zur Bodendürre (30% nFK) gewählt.

Zur Auswertung der modellierten Bodenfeuchtedaten wurde für Mais und Winterweizen eine Trendanalyse durchgeführt, um zu überprüfen, ob vorhandene Tendenzen als Trends aufzufassen und signifikant sind oder nicht.

In dieser Arbeit diente als Trendanalyse das von SCHÖNWIESE (2006) beschriebene Trend-Rausch-Verhältnis (TRV). Dies ist ein relativ einfaches Verfahren, welches lange Zeitreihen mit zumindest annähernd normal verteilten Daten sowie einen linearen Trend voraussetzt.

Das Trend-Rausch-Verhältnis (TRV) ermittelt sich wie folgt:

$$\frac{T}{R} = \frac{T(a_{max}) - T(a_{min})}{s}$$

wobei  $T$  die Trendwerte der Zeitintervalle  $a_i$  bezeichnet, d.h.  $T(a_{min})$  ist der Trendwert des ersten Zeitintervalls und  $T(a_{max})$  der Trendwert des letzten Zeitintervalls.  $s$  bezeichnet die Standardabweichung der Beobachtungen mit

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T(a_i) - \hat{T}(a_i))^2}{n - 1}}$$

$\hat{T}$  ist das Mittel über alle Werte  $T$ ,  $n$  die Gesamtzahl der  $a_i$ .

Die nun errechneten Werte für das TRV wurden dann anhand vorliegender Tabellen (SCHÖNWIESE 2006) als Signifikanzen für die Trends interpretiert.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Mais

Betrachtet man zunächst beim Mais, wie häufig während der Vegetationsperiode Bodenfeuchtwerte unter 50% nFK erreicht werden, so lassen sich zwischen 1961 – 1970 und 1991 – 2000 an allen Orten nahezu konstante Werte erkennen (siehe Abb. 1). So sind in Chemnitz 5 bis 10% der Tage der Vegetationsperiode

als berechnungsbedürftig ermittelt worden. In Görlitz sind es 15 bis 25 % und in Oschatz 10 bis 25 %. Erklärbar ist das mit den örtlich unterschiedlichen Niederschlagssummen, die in der Regel in Chemnitz am höchsten ausfallen während Görlitz und Oschatz mit geringeren Niederschlagsmesswerten aufwarten. In der folgenden Dekade 2001 bis 2010 zeigt Görlitz weiterhin einen konstanten Verlauf, aber in Oschatz und Chemnitz nimmt die Zahl der Tage mit Bodenfeuchten  $\leq 50\%$  nFK zu. So erreicht Oschatz immerhin 30 %, in Chemnitz sind es 10 bis 15 %. Für die darauf folgende Dekade von 2011 bis 2020 ist wiederum in Görlitz zumindest im Modelllauf 00 ein konstanter Verlauf zu sehen, während Lauf 55 eine leichte Zunahme der Tage mit Bodenfeuchten  $\leq 50\%$  nFK suggeriert. In Chemnitz und Oschatz ist in dieser Dekade ein geringer Rückgang zu sehen. Ab der Dekade 2021 – 2030 bis 2041 – 2050 zeigen die Berechnungen für Oschatz und Görlitz jeweils eine kontinuierlich zunehmende Anzahl an Tagen mit Bodenfeuchten  $\leq 50\%$  nFK, sodass Mitte des laufenden Jahrhunderts im Mittel mehr als doppelt so viele dieser Tage gegenüber der klimatischen Gegenwart und jüngeren Vergangenheit projiziert werden. Auch in Chemnitz kommt es zu einer Verdoppelung der Anzahl dieser Tage, aber die beiden betrachteten Modellläufe zeigen hier Unterschiede. Während der Lauf 55 besonders in der Dekade 2021 – 2030 eine deutlich zunehmende Anzahl der Tage zeigt, die dann zur Mitte des Jahrhunderts wieder zurück geht, sind bei Lauf 00 ähnliche Anstiege, wie sie in Oschatz und Görlitz bei beiden Modellläufen entstanden, zu sehen.

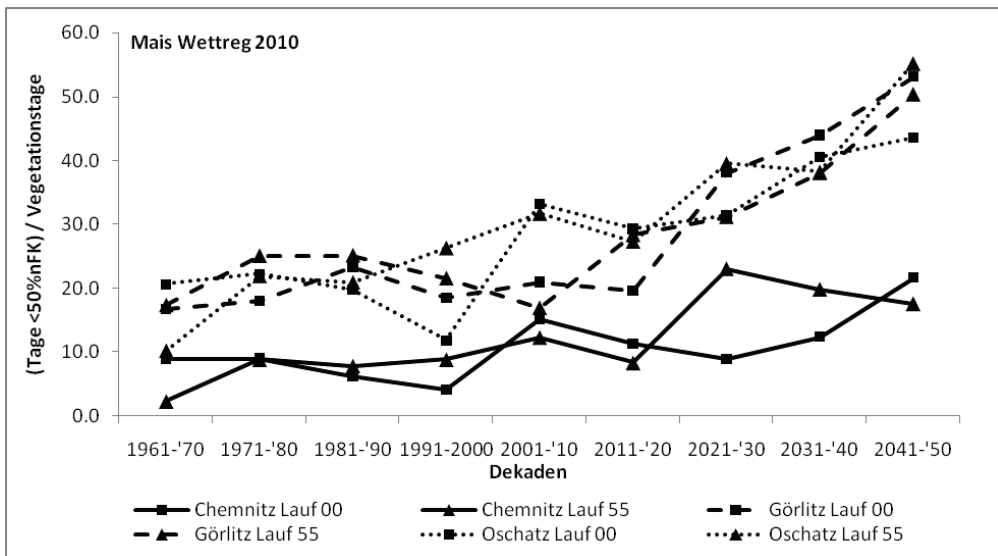


Abb. 1 Mittlere Anzahl der Tage mit Bodenfeuchten  $< 50\%$  nFK in Oschatz, Görlitz und Chemnitz, berechnet mit METVER auf der Basis von zwei Läufen des regionalen Klimamodells WETTREG2010, für Mais.

Fig. 1 Average number of days with soil moisture  $< 50\%$  of the available water content in Oschatz, Görlitz and Chemnitz, METVER charged on the basis of two runs of the regional climate model WETTREG2010, for maize.

Die optimale Wasserversorgung des Maises wird nach diesen Ergebnissen im Mittel an etwa  $\frac{1}{4}$  der Tage der Vegetationszeit nicht mehr erreicht. Wenn diese Anzahl der Tage mit nicht optimaler Wasserversorgung zu Ertragseinbußen führt, wäre zu prüfen, ob eine zusätzliche Bewässerung diese Ertragseinbußen verhindert und wirtschaftlich zumindest zu gleichen Erlösen führt.

Die Auswertung der Tage mit Bodenfeuchte  $\leq 30\%$  nFK zeigt, dass die Anzahl dieser Tage beim Mais in allen drei Orten im Ausgangszeitraum sehr gering ist und selbst in den Orten mit geringeren Nieder-

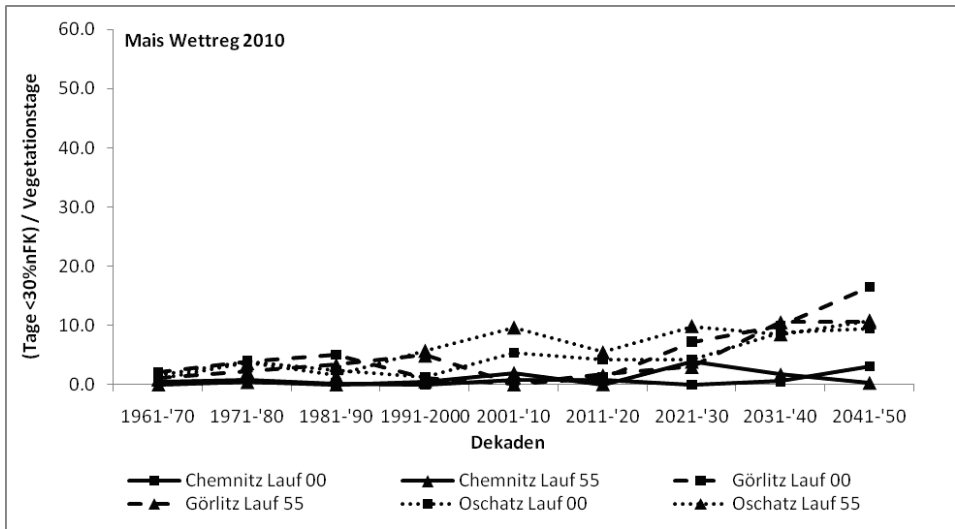


Abb. 2 Mittlere Anzahl der Tage mit Bodenfeuchten < 30% nFK in Oschatz, Görlitz und Chemnitz, berechnet mit METVER auf der Basis von zwei Läufen des regionalen Klimamodells WETTREG2010, für Mais.

Fig. 2 Average number of days with soil moisture < 30% of the available water content in Oschatz, Görlitz and Chemnitz, METVER charged on the basis of two runs of the regional climate model WETTREG2010, for maize.

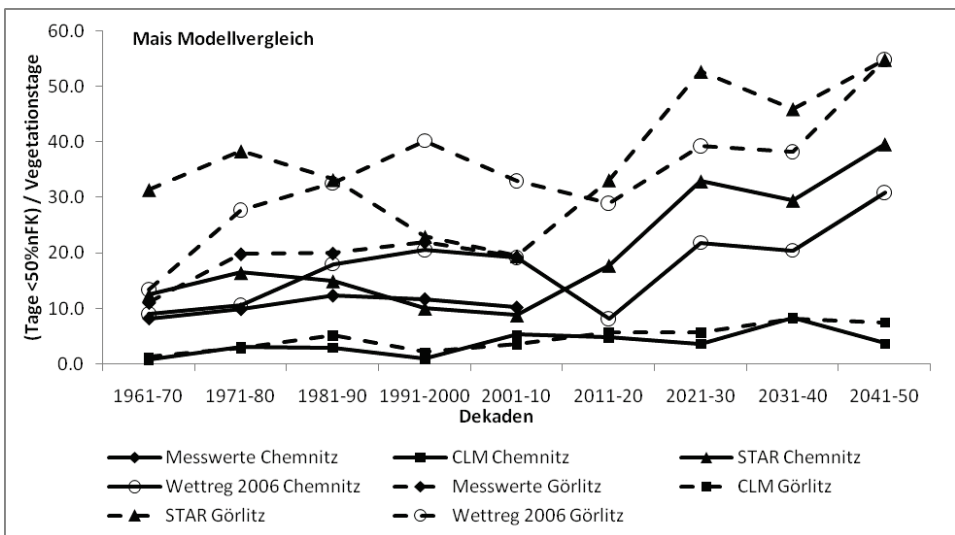


Abb. 3 Mittlere Anzahl der Tage mit Bodenfeuchten < 50% nFK in Oschatz, Görlitz und Chemnitz, berechnet mit METVER auf der Basis der regionalen Klimamodelle WETTREG2006, CLM und STAR für die Dekaden von 1961 – 1970 bis 2041 – 2050 sowie auf der Basis meteorologischer Messwerte in den Dekaden von 1961 – 1970 bis 2001 – 2010 für Mais.

Fig. 3 Average number of days with soil moisture < 50% of the available water content in Oschatz, Görlitz and Chemnitz, METVER charged on the basis of the regional climate models WETTREG2006, CLM and STAR, for the decades 1961 – 1970 to 2041 – 2050 and based on results of measured meteorological data for maize.

schlagssummen im Mittel kaum über 5% liegen (siehe Abb. 2), aber es ist auch hier zu sehen, dass die Anzahl dieser Tage zur Mitte des Jahrhunderts eine Verdoppelung erfährt. Jedoch betrifft dies auch dann nicht mehr als 10 bis 16% der Vegetationsperiode des Mais in Oschatz und Görlitz und 1 bis 3% in Chemnitz. Nach diesen Werten ist nicht zu erwarten, dass Mais Bodenfeuchten ausgesetzt sein wird, die nahe an der Bodendürre liegen.

Für Chemnitz und Görlitz wurden auch Vergleichsberechnungen der Bodenfeuchte mit den Ergebnissen der Modelle CLM, STAR und WETTREG2006 durchgeführt (siehe Abb. 3). Neben den unterschiedlichen Modellen konnten auch messwertbasierte Bodenfeuchteberechnungen für den Zeitraum 1961 bis 2010 einbezogen werden. In der Abbildung ist zu erkennen, dass die Ergebnisse je nach regionalem Klimamodell sehr unterschiedlich sind. Während die Ergebnisse auf der Basis von STAR und WETTREG2006 in der Nähe der messwertbasierten Resultate liegen, zeigen die Ergebnisse auf Basis des CLM eine deutlich geringere Anzahl von Tagen mit Bodenfeuchtwerten  $\leq 50\%$  nFK, die keine Übereinstimmung mit den messwertbasierten Bodenfeuchtwerten zeigen. Die CLM-basierten Bodenfeuchtwerte liefern also offenbar keine realistischen Ergebnisse. Wir gehen deshalb davon aus, dass die Ergebnisse, die mittels WETTREG2006 und STAR erzeugt wurden, aufgrund ihrer Nähe zu den messwertbasierten Resultaten auch in den künftigen Dekaden besser prognostizieren.

Am Standort Oschatz wurden alle 10 Läufe von WETTREG2010 verglichen (siehe Abb. 4). Die messwertbasierten Resultate zeigen in den Dekaden 1991 – 2000 und 2001 – 2010 Werte, die auch von zwei der Modellläufe reproduziert wurden. Das unterstreicht die gute Übereinstimmung zwischen Modell und Messung und damit kann erwartet werden, dass die auf WETTREG2010 basierenden Resultate auch für die

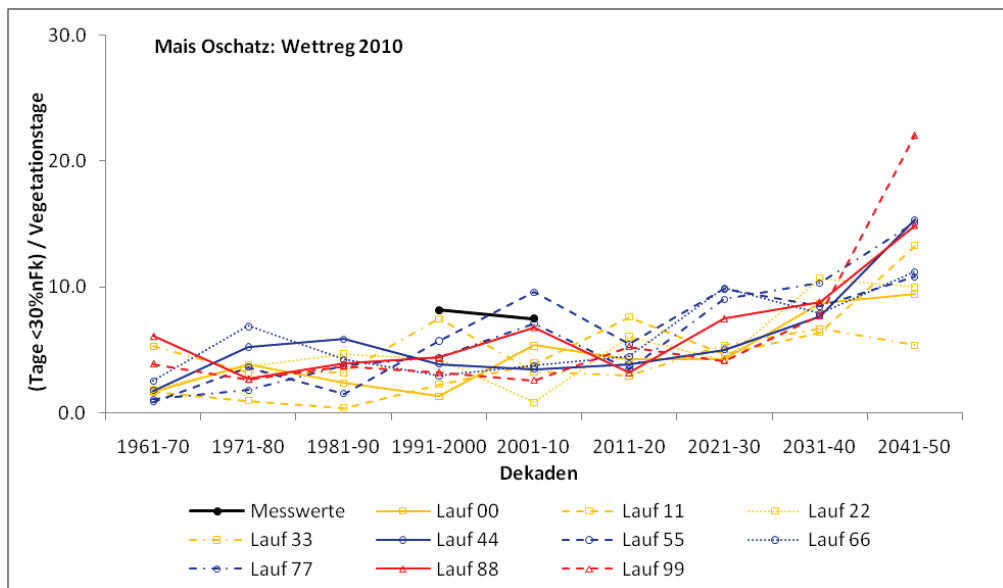


Abb. 4 Mittlere Anzahl der Tage mit Bodenfeuchten  $< 30\%$  nFK in Oschatz, berechnet mit METVER auf der Basis der Läufe 00 bis 99 des regionalen Klimamodells WETTREG2010 für die Dekaden von 1961 – 1970 bis 2041 – 1950 sowie auf der Basis meteorologischer Messwerte in den Dekaden 1991 – 2000 und 2001 – 2010 für Mais.

Fig. 4 Average number of days with soil moisture  $< 30\%$  of the available water content in Oschatz, METVER charged on the basis of the runs 00 and 99 of the regional climate model WETTREG2010, for the decades 1961 – 1970 to 2041 – 2050 and based on results of measured meteorological data for the decades 1991 – 2000 and 2001 – 2010 for maize.

in die Zukunft projizierten Dekaden realitätsnahe Werte liefern. Es zeigt sich weiterhin, dass die Ergebnisse der unterschiedlichen Modellläufe bis zur Dekade 2031 – 2040 eng gebündelt sind und nur Unterschiede von 5 bis 10 % der Vegetationsperiode aufweisen. Erst in der Dekade 2041 – 2050 fächern die Resultate der Modellläufe stärker auf, sodass die Spanne der Tage mit Bodenfeuchten  $\leq 50\%$  nFK auf 5 bis 23 % zunimmt.

### 3.2 Winterweizen

Beim Winterweizen zeigen sich, gemessen an der Schwelle von 50 % nFK, im Messzeitraum bis 2010 Schwankungen (Abb. 5). Während in Oschatz und Görlitz in der ersten Dekade etwa 18 % der Vegetationsperiode Bodenfeuchten unter 50 % nFK aufweisen, liegt der Wert in Chemnitz bei nahe Null. In der Dekade 1971 – 1980 ist in allen Orten und bei den beiden untersuchten Modellläufen von WETTREG2010 ein Anstieg zu verzeichnen. Nur in Chemnitz verharrt das Ergebnis des Laufes 55 bei nahezu null, während der Lauf 00 etwa 8 % anzeigt. In Oschatz und Görlitz ist ein Anstieg auf 25 bis 33 % erkennbar. In Görlitz sinkt die Anzahl der Tage bis zur Dekade 2000 bis 2010 wieder auf das Ausgangsniveau, während in Oschatz eine Zunahme auf 32 bis 40 % zu erkennen ist. Auch in Chemnitz ist ein Anstieg auf 8 bis 10 % erkennbar. Die in die Zukunft projizierten Zeiträume zeigen an allen Orten eine Zunahme bis zur Dekade 2041 – 2050. Während in Oschatz und Chemnitz der weitere Anstieg erst in der letzten Dekade gezeigt wird, ist in Görlitz eine kontinuierliche Zunahme der Tage mit Bodenfeuchten unter 50 % nFK in der Vegetationszeit des Winterweizens zu erkennen. Die unterschiedliche Standortcharakteristik prägt sich aber bei den Absolutzahlen durch, so werden in Oschatz 40 bis 45 %, in Görlitz etwa 35 % und in Chemnitz etwa 15 % an Tagen dieser Art von der gesamten Vegetationsperiode erwartet. Die Trends sind dabei in Chemnitz als schwach signifikant, in Görlitz als nicht signifikant und in Oschatz als sehr bis hoch signifikant geprüft worden.

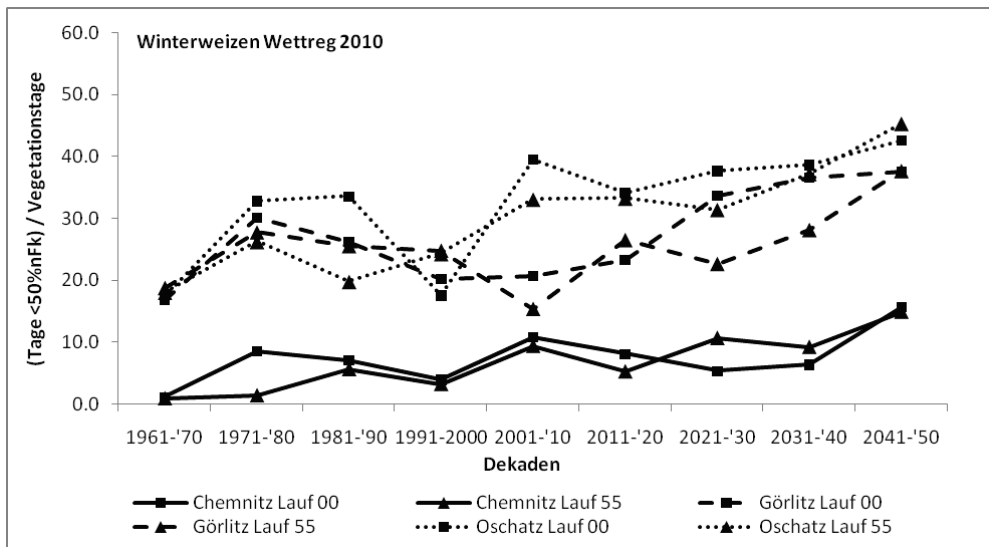


Abb. 5 Mittlere Anzahl der Tage mit Bodenfeuchten  $< 50\%$  nFK in Oschatz, Görlitz und Chemnitz, berechnet mit METVER auf der Basis von zwei Läufen des regionalen Klimamodells WETTREG2010, für Winterweizen.

Fig. 5 Average number of days with soil moisture  $< 50\%$  of the available water content in Oschatz, Görlitz and Chemnitz, METVER charged on the basis of two runs of the regional climate model WETTREG2010, for winter wheat.



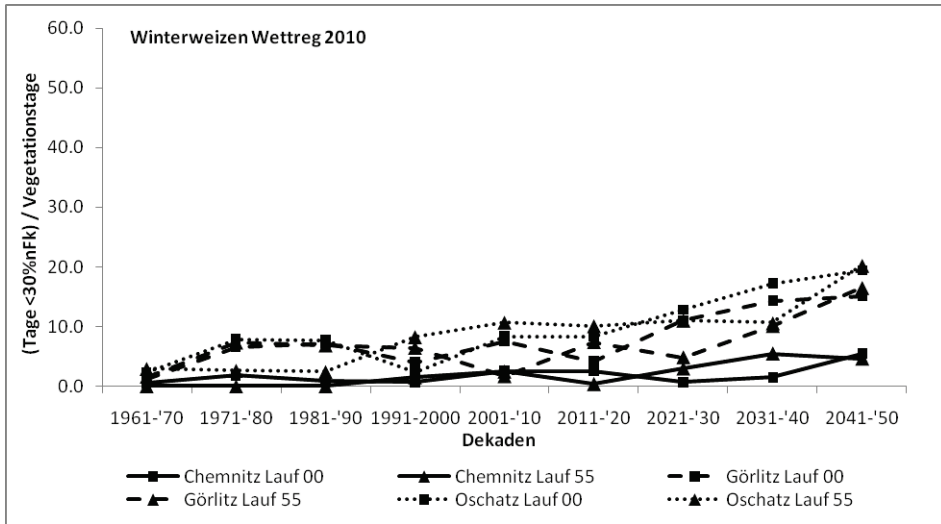


Abb. 6 Mittlere Anzahl der Tage mit Bodenfeuchten < 30 % nFK in Oschatz, Görlitz und Chemnitz, berechnet mit METVER auf der Basis von zwei Läufen des regionalen Klimamodells WETTREG2010, für Winterweizen.

Fig. 6 Average number of days with soil moisture < 30 % of the available water content in Oschatz, Görlitz and Chemnitz, METVER charged on the basis of two runs of the regional climate model WETTREG2010, for winter wheat.

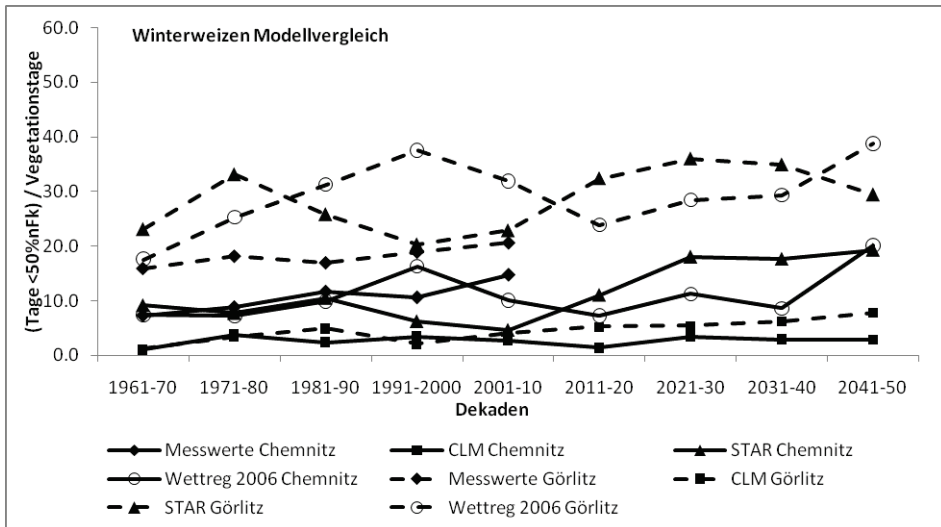


Abb. 7 Mittlere Anzahl der Tage mit Bodenfeuchten < 50 % nFK in Oschatz, Görlitz und Chemnitz, berechnet mit METVER auf der Basis der regionalen Klimamodelle WETTREG2006, CLM und STAR für die Dekaden von 1961 – 1970 bis 2041 – 2050 sowie auf der Basis meteorologischer Messwerte in den Dekaden von 1961 – 1970 bis 2001 – 2010 für Winterweizen.

Fig. 7 Average number of days with soil moisture < 50 % of the available water content in Oschatz, Görlitz and Chemnitz, METVER charged on the basis of the regional climate models WETTREG2006, CLM and STAR, for the decades 1961 – 1970 to 2041 – 2050 and based on results of measured meteorological data for winter wheat.



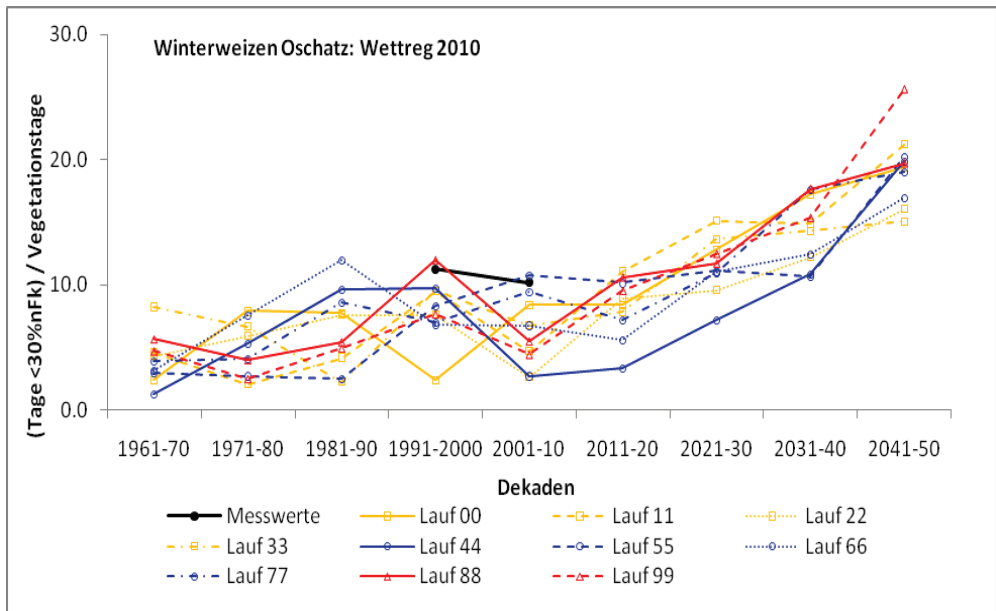


Abb. 8 Mittlere Anzahl der Tage mit Bodenfeuchten  $< 30\%$  nFK in Oschatz, berechnet mit METVER auf der Basis der Läufe 00 bis 99 des regionalen Klimamodells WETTREG2010 für die Dekaden von 1961 – 1970 bis 2041 – 2050 sowie auf der Basis meteorologischer Messwerte in den Dekaden 1991 – 2000 und 2001 – 2010 für Winterweizen.

Fig. 8 Average number of days with soil moisture  $< 30\%$  of the available water content in Oschatz, METVER charged on the basis of the runs 00 and 99 of the regional climate model WETTREG2010, for the decades 1961 – 1970 to 2041 – 2050 and based on results of measured meteorological data for the decades 1991 – 2000 and 2001 – 2010 for winter wheat.

An der Grenze von  $30\%$  nFK sind beim Winterweizen auch zunehmende Tage des Unterschreitens des Grenzwertes zu sehen (Abb. 6). In Chemnitz ist die Zunahme von nahe null auf etwa  $5\%$  gering, während in Oschatz ein Zuwachs von 3 auf knapp  $20\%$  deutlich ist und in ähnlicher Weise steigt auch die Anzahl der Tage mit einer Bodenfeuchte von weniger als  $30\%$  nFK in Görlitz.

Der Modellvergleich zwischen CLM, WETTREG2006 und STAR an den Standorten Görlitz und Chemnitz zeigt (Abb. 7), ähnlich wie beim Mais, dass CLM gegenüber den messwertbasierten Modellergebnissen die Beregnungsbedürftigkeit eher unterschätzt, während die statistischen regionalen Klimamodelle der Realität näher kommen beziehungsweise WETTREG2006 am Standort Görlitz zu einer Überschätzung tendiert.

In Oschatz wurden die zehn verfügbaren Modellläufe von WETTREG2010 getestet (Abb. 8). Es zeigt sich, dass die messwertbasierten Ergebnisse etwas mehr bewässerungsbedürftige Tage beim Winterweizen zeigen als dies die Mehrzahl der Modellläufe suggeriert. Insofern deutet sich eine leichte Unterschätzung an, aber die absoluten Zahlen der Tage sind insgesamt im Messintervall gering. Auch beim Winterweizen zeigt sich bei allen WETTREG2010-Läufen eine deutliche Zunahme der Anzahl der Tage mit Bodenfeuchten unter  $30\%$  nFK. Je nach Modelllauf ist eine Verdrei- bis Verfünfachung zu erkennen. Die Trends sind dabei sehr signifikant.

## 4 Zusammenfassung

LILIENTHAL, F., BÖTTCHER, F.: Veränderungen der Beregnungsbedürftigkeit landwirtschaftlicher Kulturpflanzenarten in Sachsen vor dem Hintergrund des Klimawandels. - *Hercynia* N. F. 45 (2012): 161–171.

Um die Bewässerungsbedürftigkeit in Sachsen auszuwerten, wurden die Orte Chemnitz, Görlitz und Oschatz hinsichtlich einer landwirtschaftlichen Sommerkultur (Mais) und einer Winterkultur (Winterweizen) entsprechend der jeweils gegebenen Böden untersucht. Zur Berechnung der Bodenfeuchte aus meteorologischen Mess- und Projektionsdaten zwischen 1961 und 2050 wurde das Bodenwasserhaushaltsmodell METVER (MÜLLER & MÜLLER 1988a, b, 1989) eingesetzt. Als untere Grenze für die Bodenfeuchte hinsichtlich Beregnungsbedürftigkeit gelten hier die Werte 30 und 50 % nFK. Für den genannten Zeitraum wurden Dekaden gebildet und für die beiden Kulturpflanzenarten jeweils die mittlere Anzahl der Tage mit Unterschreiten der genannten Grenzwerte errechnet.

Die Ergebnisse für die verschiedenen Standorte fallen sehr unterschiedlich entsprechend ihrer geographischen Lage aus. Am wenigsten bedenklich ist die Beregnungsbedürftigkeit für Regionen, die vom Nordstau des Erzgebirges profitieren können, das betrifft hier hauptsächlich Chemnitz, so dass Beregnung hier keine vordergründige Frage der Wasserversorgung zur Ertragsstabilisierung ist. Vielmehr kann Beregnung in dem Fall zur Qualitätssicherung beitragen. In Görlitz und in Oschatz liegt der Fokus bei der Beregnung demgegenüber eher auf der Stabilisierung der Erträge. Die Ergebnisse zeigen, dass eine starke Zunahme der Beregnungsbedürftigkeit erst zum Ende des betrachteten Zeitraumes im Vergleich mit der durch Messwerte abgedeckten Periode erwartet werden muss. Durch Vergleiche mit unterschiedlichen regionalen Klimamodellen an den bearbeiteten Orten konnte gezeigt werden, dass die Spannweite zwischen den Modellen aber auch innerhalb der Modelle recht groß ist. Gleichzeitig kann aber festgestellt werden, dass die Tendenzen gleichgerichtet sind und sich in unterschiedlicher Stärke auch zu Trends erärten lassen.

## 5 Literatur

- BÖTTCHER, F., MÜLLER, J., SCHMIDT, M. (2010): Das agrarmeteorologische Bodenwasserhaushaltsmodell METVER. - Arb.papier d. Dt. Wetterdienstes.
- CHMIELEWSKI, F., MÜLLER, A., KÜCHLER, W. (2004): Mögliche Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf die Vegetationsentwicklung in Sachsen (KLIVEG). - Eigenverlag HU-Berlin.
- CLIMATE & ENVIRONMENT CONSULTING POTSDAM GMBH (2009a): Klimamodell WETTREG. <http://www.cec-potsdam.de/Produkte/Klima/WettReg/wettreg.html> (abgerufen am 07.06.2011).
- CLIMATE & ENVIRONMENT CONSULTING POTSDAM GMBH (2009b): Klimamodell CLM. <http://www.cec-potsdam.de/Produkte/Klima/CLM/clm.html> (abgerufen am 07.06.2011).
- CLIMATE & ENVIRONMENT CONSULTING POTSDAM GMBH (2009c): Klimamodell STAR. <http://www.cec-potsdam.de/Produkte/Klima/STAR/star.html> (abgerufen am 07.06.2011).
- JUNGHÄNEL, T. (2010): Vergleich verschiedener Wasserhaushaltsmodelle mit gemessenen Parametern an Bodendauerbeobachtungsflächen in Sachsen. - Bachelorarb., Univ. Leipzig.
- KAYSER, M. (2002): Aspekte zum Wasserhaushalt von Sandlössen im Mitteldeutschen Trockengebiet. - Diss., Techn. Univ. Berlin.
- KNOBLAUCH, S. (2009): Langjährige Ergebnisse über das pflanzenspezifische Aneignungsvermögen von Bodenwasser landwirtschaftlicher Kulturen auf einem tiefgründigen Braunerde-Tschernosem aus Löss. Ber. 13. - Gumpensteiner Lysimetertagung.
- KUTSCHERA, L., LICHTENEGGER, E., SOBOTIK, M. (2009): Wurzelatlas der Kulturpflanzen gemäßigter Gebiete. Wurzelatlasreihe Bd. 7. - DLG-Verlag, Frankfurt / Main.
- MICHAEL, A. (2009): Auswirkungen des Klimawandels auf die Bodenerosion durch Wasser. - Abschlussber., Techn. Univ. Bergakademie Freiberg.
- MÜLLER, J., JÖRN, P., THIÈRE, J. (1995): Erarbeitung einer Karte der pflanzennutzbaren Feldkapazität für die neuen Bundesländer. - Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges. 76: 1149 – 1152.
- MÜLLER, J., MÜLLER, G. (1988a): Berechnung der Verdunstung landwirtschaftlicher Produktionsgebiete, 1. Mitt. - Z. Meteorol. 38: 332 – 336.

- MÜLLER, J., MÜLLER, G. (1988b): Berechnung der Verdunstung landwirtschaftlicher Produktionsgebiete, 2. Mitt. - Z. Meteorol. 38: 361 – 365.
- MÜLLER, J., MÜLLER, G. (1988c): Berechnung der Verdunstung landwirtschaftlicher Produktionsgebiete, 3. Mitt. - Z. Meteorol. 39: 142 – 149.
- NIEMANN, C. (2003): Charakterisierung von Phänophasen und Vegetationsperiode auf Datenbasis des Internationalen Phänologischen Gartens Tharandt und der Ankerstation Tharandter Wald. - Dipl.arb., Techn. Univ. Dresden.
- RICHTER, D. (1995): Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Messfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers. - Ber. d. Dt. Wetterdienstes 194, Offenbach am Main.
- SCHÖNWIESE, C.-D. (2006): Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler. 4. Auflage. - Gebrüder-Bornträger-Verlag, Berlin, Stuttgart

*Manuskript angenommen: 20. November 2012*

Anschriften der Autoren:

Friederike Lilienthal

Universität Leipzig, Leipziger Institut für Meteorologie, Stephanstr. 3, 04103 Leipzig

E-Mail: pge08cbr@studserv.uni-leipzig.de

Falk Böttcher

Deutscher Wetterdienst, Abteilung Agrarmeteorologie, Außenstelle Leipzig, Kärnerstr. 68, 04288 Leipzig

E-Mail: Falk.Boettcher@dwd.de

