

Josef EITZINGER

KLIMAÄNDERUNG - EINE KATASTROPHE FÜR DIE LANDWIRTSCHAFT ?

Ergebnisse aus der Klimafolgenforschung für die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion in Österreich

Die Frage nach einer globalen Klimaänderung aufgrund der Zunahme an Treibhausgasen in der Atmosphäre und seiner möglichen Auswirkungen ist eines der wichtigsten Umweltprobleme vor der die Welt im 21. Jahrhundert steht. Neben dem gemessenen und nachweisbaren kontinuierlichen Anstieg des Kohlendioxidgehaltes unserer Atmosphäre zählten die vergangenen Jahre global zu den wärmsten seit Beginn kontinuierlicher Messungen um 1860 (1). Eine globale Klimaänderung beeinflusst die Ökonomie in allen Teilen, wobei die Landwirtschaft zu den wohl am stärksten betroffenen Wirtschaftszweigen zählt (2). In etlichen Studien wurden die möglichen Auswirkungen einer Klimaänderung auf die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion in verschiedenen Regionen der Welt (3) bisher untersucht, darunter auch in Europa (z.B. 4,5,6) und in Österreich (z.B. 7,8,9). Bevor jedoch einige Ergebnisse aus österreichischen Anbauregionen erläutert werden, soll auf die angewandte grundlegende Methodik und die damit verbundene Unsicherheit der Aussagekraft derartiger Ergebnisse eingegangen werden.

1 Der methodische Ansatz und seine Problematik

Klimaszenarien

Um die Auswirkungen einer Klimaänderung abschätzen zu können, muss zuerst bekannt sein, welche klimatische Faktoren sich in welchem Ausmaß an einem bestimmten Standort voraussichtlich ändern werden. Solche zukünftige „Klimaszenarien“ (1) für die verschiedenen Weltregionen werden heute mit sogenannten „GCM's“ (Global Climatic Models) entworfen. Diese globalen Klimamodelle sind komplexe Simulationsmodelle die das weltweite Klimageschehen langfristig nach den bekannten physikalischen Gesetzen nachbilden und unter Annahme gewisser Rahmenbedingungen in die Zukunft weiterrechnen (so wie auch bei kurzfristigen Wettervorhersagemodellen). Aufgrund der großen Komplexität des Klimasystems, seinen vielfältigen Interaktionen mit z.B. der Art der Landoberfläche und den Ozeanen entwickelte man verschiedene methodische Ansätze und Parametrisierungen in

verschiedenen Modellen. Dies hat auch zur Folge, dass sich die von den verschiedenen Modellen entworfenen zukünftigen Klimaszenarien nicht nur in Abhängigkeit von den angenommen zukünftigen Rahmenbedingungen (z.B. erwartete Zunahme des Kohlendioxidgehaltes, Änderungen in der Landnutzung) bis zu einem gewissen Grad unterscheiden, wobei im wesentlichen nur die erwarteten langfristigen Änderungen in der Temperatur, dem Niederschlag und der Strahlung in Monatsmittelwerten angegeben werden können. Die sich aus den Simulationsläufen verschiedener Modelle ergebenden Unterschiede in den Klimaszenarien sind auch der Grund dafür, dass in der Klimafolgenforschung immer mehrere Klimaszenarien eingebunden werden sollten (10) um die sich daraus ergebenden unterschiedlichen Auswirkungen in ihrer Schwankungsbreite beurteilen zu können. Ein weiteres Problem stellt die Regionalisierung der von den globalen Klimamodellen entworfenen Szenarien dar, da diese nur in einem sehr großen räumlichen Skale vorliegen. An der Regionalisierung von Szenarien globaler Klimamodelle wird derzeit intensiv gearbeitet, wobei zunehmend verbesserte Verfahren wie die regionale Klimamodellierung oder das statistische „Downscaling“ verwendet werden. Aber auch hier können weitere Unsicherheiten und Fehlerquellen auftreten, weshalb man sich damit abfinden muss, dass Klimaänderungsszenarien immer einen Unsicherheitsfaktor aufweisen. Für die Klimafolgenforschung ist insbesondere interessant wie sich klimatische Extremereignisse (wie zum Beispiel die Dauer und Frequenz von Trockenperioden) und die Klimavariabilität in Zukunft verändern könnten. Gerade hier ist jedoch noch keine zuverlässige Aussage möglich, obwohl man grundsätzlich annehmen kann, dass sich zum Beispiel bei einer Erhöhung der Durchschnittstemperatur auch vermehrt heiße Extremtemperaturen (und weniger extreme Frostereignisse) einstellen. Das Ausmaß hängt jedoch davon ab, ob und wie sich die Klimavariabilität und das Zusammenspiel der Klimafaktoren ändern wird, was derzeit noch wenig erforscht ist. Die Ergebnisse regionaler Klimafolgenforschung werden hinsichtlich Ihrer Unsicherheiten in Zukunft daher ganz wesentlich von der Verfügbarkeit und Qualität regionaler Klimaszenarien abhängen, was insbesondere in stark topographisch gegliederten Landschaften wie in Österreich von großer Bedeutung ist.

Klimafolgenabschätzung

Basierend auf verfügbaren Klimaszenarien können die möglichen Auswirkungen auf verschiedene Ökosysteme, darunter auch auf Agrarökosysteme und die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion abgeschätzt werden. Auch hier werden weitgehend Simulationsmodelle verwendet, die zum Beispiel die physikalischen und biophysikalischen Vorgänge im System Boden – Vegetation (Pflanze) – Atmosphäre dynamisch nachvollziehen. Wie auch bei den Klimamodellen, gibt es hier verschiedene Ansätze und Methoden und eine große Anzahl von

Modellen, die sich je nach Anwendungsziel unterscheiden. Zur Abschätzung der Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion werden oftmals Pflanzenwachstumssimulationsmodelle (kurz Ertragsmodelle) verwendet, welche die Entwicklung und den Ertrag von Kulturpflanzenbeständen simulieren (10), wobei neben dem Pflanzenwachstum auch der Bodenwasser- und Nährstoffhaushalt simuliert werden kann. Diese Modelle simulieren meist in täglichen Zeitschritten, wodurch das Pflanzenwachstum bezüglich der Ertrags- und Biomasseentwicklung genügend genau beschrieben werden kann. Als Eingabedaten sind die wesentlichen Bodeneigenschaften, tägliche Witterungsdaten, die Beschreibung der (sortenabhängigen) Pflanzeigenschaften und die angewandten Produktionstechniken (z.B. Saatedichte, Anbau- und Düngungszeitpunkte) notwendig, die sich von Modell zu Modell im Detail unterscheiden können. Bisher liegen meist keine täglichen Witterungsdaten aus (regionalen) Klimaszenarien vor, weshalb diese abgeleitet werden müssen. Dies geschieht zum Beispiel durch Verwendung von Wettergeneratoren (Simulationsmodelle die tägliche Witterungsdaten mit statistischen Verfahren erzeugen) oder einfach dadurch, dass die monatlichen Mittelwerte der Veränderungen aus den Klimaszenarien zu den täglichen Klimawerten addiert werden, wobei nach den Empfehlungen des IPCC (11) zumindest 30 Jahre berücksichtigt werden sollen, um ein repräsentatives Bild zu erhalten. Bei der letzteren Methode wird vorausgesetzt dass die bisherige Klimavariabilität gleich bleibt, wobei man bei Wettergeneratoren beliebige Variabilitäten erzeugen kann.

Obwohl die meisten Ertragsmodelle schon an vielen Standorten erfolgreich eingesetzt wurden, müssen sie, bevor sie für Klimafolgenabschätzungen verwendet werden können, zuerst parametrisiert (z.B. für eine bestimmte Pflanzensorte) und dann an unabhängigen Messdaten getestet oder validiert werden. Erst nach einer erfolgreichen Validierung, die sicherstellt dass das Modell reale Vorgänge in akzeptabler Genauigkeit nachvollziehen kann, kann man sie für die Klimafolgenabschätzung einsetzen. Für die Validierung der Ertragsmodelle ist es wichtig dass vor allem die Phänologie und die Biomasse- und Ertragsentwicklung möglichst genau nachvollzogen werden kann, wobei zum Beispiel beim Endertrag eine Genauigkeit von unter 20% erreicht werden sollte. Dies erfordert jedoch eine qualitativ ausreichende und langjährige Datenbasis aus Feldversuchen, wobei die Beurteilung von Messdaten oftmals ein Problem darstellt. Trotz der sich auch daraus ergebenden Unsicherheiten kann man den Modellergebnissen vor allem dann vertrauen, wenn Modelle verwendet werden, die bereits in vielen Studien und an vielen Standorten nachweislich „erfolgreich“ eingesetzt wurden. Da ökologische Modelle immer eine starke Vereinfachung eines komplexen natürlichen Systems darstellen, sind gewisse Einschränkungen in der Aussagekraft von Ergebnissen vorprogrammiert. Zum Beispiel ist

der sogenannte „Düngungseffekt“ einer erhöhten atmosphärischen CO₂-Konzentration und die damit verbundene verbesserte Wassernutzung der Pflanzen nur aus relativ kurzen Feldversuchen mit bestimmten Pflanzenarten bekannt (z.B. 12), wobei langfristige Anpassungseffekte nur abgeschätzt werden können. Meist werden auch Schadeinflüsse von Krankheiten nicht berücksichtigt, und oft wird optimale Nährstoffversorgung der Pflanzen vorausgesetzt. Langfristige Änderungen in den Bodeneigenschaften werden kaum berücksichtigt oder nur angenommen. Schließlich können auch die weiteren Erfolge in der Pflanzenzüchtung und die zukünftige Art der Produktionstechnik „nur“ abgeschätzt werden. Die größte Stärke validierter Ertragsmodelle (und auch anderer ökologischer Modelle) liegt aber vor allem darin, zahlreiche Szenarien durchspielen und deren Auswirkungen auf beliebige simulierte Vorgänge im System Boden – Pflanze – Klima untersuchen zu können. Diese auch als „Sensitivitätsanalyse“ bekannte Methode stellt ein mächtiges Werkzeug dar um zukünftige Entwicklungen (wie Klimaänderung, Änderungen in der Produktionstechnik oder in der Landnutzung) durch Simulationen verschiedener Szenarien in einem gewissen Rahmen abschätzen zu können, Gefahrenpotentiale oder Grenzwerte aufzuzeigen oder den Einfluss einzelner Einflussfaktoren im Gesamtsystem zu bestimmen.

2 Ergebnisse aus Österreich

Mögliche Auswirkungen auf die Pflanzenproduktion

In mehreren Arbeiten wurden bisher mögliche Auswirkungen einer Klimaänderung auf wichtige Kulturpflanzen in ausgewählten landwirtschaftlichen Produktionsgebieten in Österreich mittels verschiedener Klimaszenarien, Ertragsmodellen und Rahmenbedingungen untersucht und beschrieben (z.B. 7,8,9).

Es wird darauf hingewiesen, dass in den nachfolgend beispielhaft dargestellten Ergebnissen aus diesen Studien bestimmte potentielle limitierende Faktoren wie Nährstoffversorgung, Unkräuter, Krankheiten oder Schädlinge in den Simulationen nicht berücksichtigt sind. Ebenso wurden Schadeinflüsse aus dem Boden (z.B. Bodenversalzung) oder durch extreme Witterungsereignisse (wie z.B. Hagelhäufigkeit) nicht berücksichtigt. Die Ergebnisse beruhen auf den gegenwärtigen Bedingungen und Gegebenheiten der Produktionstechnik, wodurch sich auch der Effekt einer Klimaänderung alleine gut zeigen lässt. Allerdings wird eine mögliche Änderung in der Klimavariabilität (z.B. Auswirkungen durch ein vermehrtes Auftreten von Trockenperioden) hier noch nicht berücksichtigt. Die den hier vorgestellten Ergebnissen zugrundeliegenden Klimaszenarien (siehe Abb. 1 für Oberösterreich) zeigen, dass die Temperaturen in den Hauptproduktionsgebieten Oberösterreichs, Niederösterreichs und der Steiermark in den 2020er Jahren (entspricht dem Medium aus dem 30-jährigen

Mittel) zwischen 0.9°C und 1.8°C steigen. Eine weitere Steigerung wird bis zu den 2080er Jahren zwischen 2.9°C und 4.9°C errechnet. Alle Klimamodelle zeigen eine höhere Temperaturzunahme während des Winters und Sommers als in den Übergangszeiten. Der Niederschlag wird im wesentlichen in den 2020ern von den Modellen höher angegeben als unter gegenwärtigen (1961-1990) Klimabedingungen, obwohl während des Sommers auch leichte Abnahmen im Niederschlag angezeigt werden. Bis zu den 2080ern wird vorwiegend eine Zunahme der Niederschläge während der kalten Jahreszeit und eine leichte Abnahme während der warmen Jahreszeit simuliert. Die modellierten Änderungen in der Globalstrahlung bewegen sich im Rahmen von $\pm 10\%$ während des 21. Jahrhunderts.

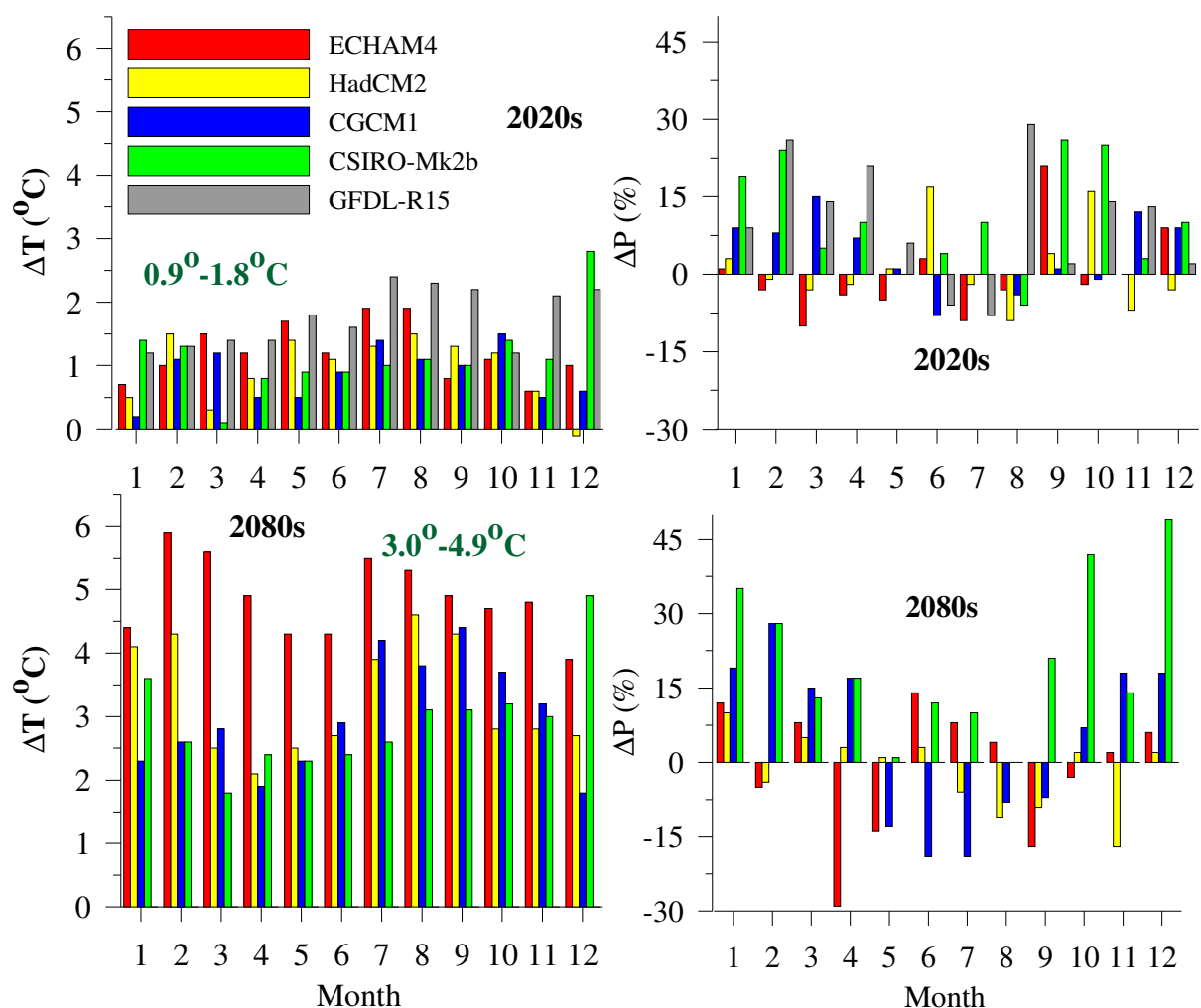


Abb. 1. Fünf Klimaszenarien für Temperatur (T) und Niederschlag (P) in den 2020ern und 2080ern in Oberösterreich.

Die folgend dargestellten Ergebnisse (7) der Ertragsmodelle sind Mittelwerte beruhend auf 30-jährigen Simulationen. Sie zeigen generell eine verkürzte Dauer der simulierten Vegetationsperiode einjähriger Kulturpflanzen, wie zum Beispiel bei Winterweizen und

Sommergerste, die durch die von den verwendeten Klimaszenarien angezeigte Erwärmung verursacht wird (Abb.1). Die angezeigte leichte Zunahme der Niederschläge während der Vegetationsperiode hat zum großen Teil keinen positiven Effekt auf den Ertrag, da die Temperaturerhöhung den wesentlichen ertragslimitierenden Faktor bei Getreide, ausgehend von den gegebenen Klima- und Standortbedingungen in diesen Anbauregionen, darstellt. Nur auf Böden mit geringer Wasserspeicherfähigkeit hat die Zunahme des Niederschlags einen deutlich positiven und umgekehrt einen deutlich negativen Ertragseffekt, da der Boden weitaus weniger Pufferkapazität aufweist. Die Sensitivitätsanalyse auf Temperatur- und Niederschlagsänderung zeigt diese deutliche Abhängigkeit vom Bodenwasserspeichervermögen (Abb.2).

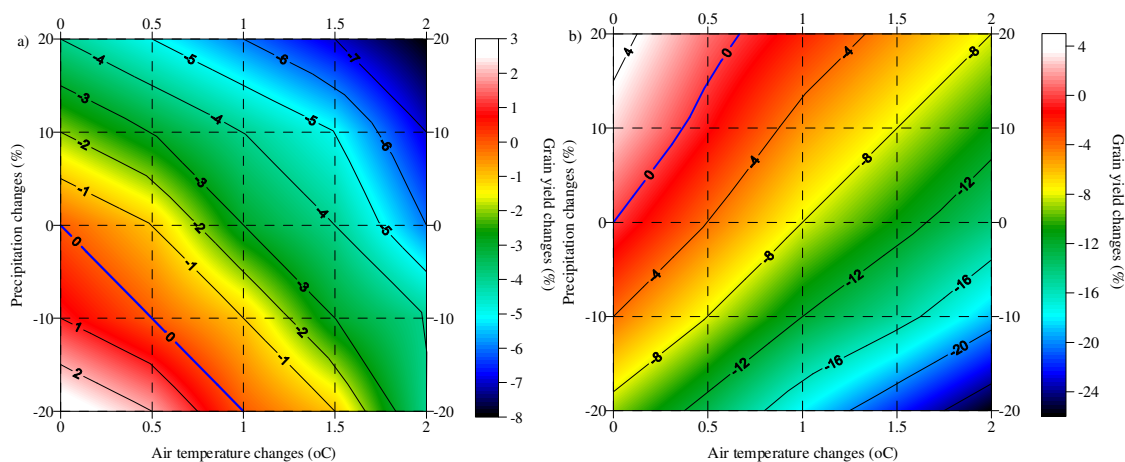


Abb. 2. Änderungen beim Ertrag von Winterweizen bei stufenweisen Änderungen der Temperatur und des Niederschlags in a) Hohenau (Niederösterreich, kalkhaltiger Kulturrohboden, 318mm Bodenwasserspeicher) und b) Rohrbach (Oberösterreich, kalkfreie Felsbraunerde, 100mm Bodenwasserspeicher); CERES Modell

Die in diesen Arbeiten verwendeten Klimaänderungsszenarien für die 2050er und 2080er Jahre verursachten unter Anwendung zweier verschiedener Ertragsmodelle meist eine Reduktion des simulierten Ertrages bei Winterweizen und Sommergerste, wenn der direkte Effekt eines erhöhten CO_2 -gehaltes auf die Assimilation nicht berücksichtigt wird (siehe Abb. 3 für Winterweizen). Die Ursache dafür liegt zum Teil in der verkürzten Dauer der simulierten Vegetationsperiode und zum Teil im zunehmenden Wasserstress während kritischer phänologischer Phasen. Bei Berücksichtigung des direkten Effektes jedoch (soweit er aus der bisherigen Forschung angenommen wird) wurde unter den meisten Klimaszenarien und an den meisten Standorten eine deutliche Steigerung des Ertrages bei beiden Getreidearten simuliert (umso deutlicher, je höher der atmosphärische Kohlendioxidgehalt angenommen wird).

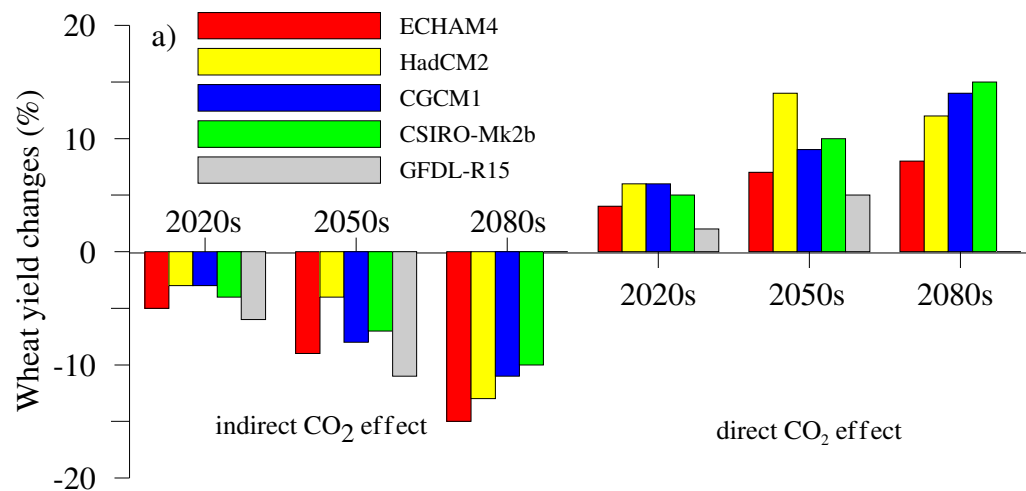


Abb. 3. Erträge von a) Winterweizen und b) Sommergerste, im Vergleich zu den gegenwärtigen Erträgen für die Szenarien der 2020er, 2050er und 2080er Jahre in Niederösterreich (a) Laa/Thaya (Braunerde, 337mm Bodenwasserspeicher); mit und ohne direkten Effekt eines erhöhten Kohlendioxidgehaltes auf das Pflanzenwachstum; CERES Modell

Die Produktionstechnik in der Pflanzenproduktion wird versuchen sich auf veränderte klimatische Bedingungen einzustellen um eine nachhaltige ökonomische Produktion sicherzustellen. Simulationen mit Anpassungsstrategien zeigen, dass unter den zugrundeliegenden Klimaszenarien z.B. durch Änderungen im Anbauzeitpunkt (Abb.4) negative Auswirkungen auf die Getreideproduktion zu einem großen Teil vermieden werden können.

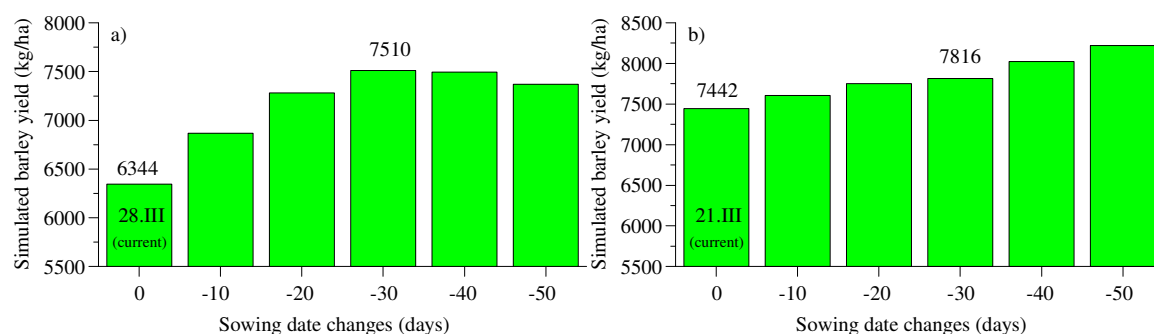


Abb. 4. Simulierter Sommergerstenertrag in a) Gross-Enzersdorf (Niederösterreich) und b) Graz (Steiermark) unter dem ECHAM4 Szenario für die 2080er und bei unterschiedlichen Anbauzeitpunkten; CERES (a) und WOFOST (b) Ertragsmodell

Die Ergebnisse dieser in Österreich durchgeführten Studien bestätigen auch jene aus anderen Untersuchungen über potentielle Auswirkungen einer Klimaänderung auf die

landwirtschaftliche Produktion in Europa (5, 13, 14). Generell kann gesagt werden, dass sich unter Zugrundelage der hier verwendeten Klimaszenarien, der Beginn der Vegetationsperiode im Frühjahr bis zu den 2080er Jahren um bis zu 30 Tage nach vor verschoben wird. Bei Fröhsommerkulturen wie Getreide kann der Landwirt entsprechenden negativen Auswirkungen durch frühere Anbauzeitpunkte begegnen. Durch das im Jahresdurchschnitt größere Verdunstungspotential durch die höheren Temperaturen könnte es aber im Sommer, trotz gleichbleibender oder leicht höherer Niederschläge in den Klimaszenarien, vermehrt zu Wassermangel und Trockenstress bei Sommerkulturen (z.B. Sojabohnen, Zuckerrübe, Mais, usw.) kommen, vor allem auf Böden mit geringerer Wasserspeicherefähigkeit. Tatsächlich zeigen Simulationen mit Getreide auf leichten Böden eine geringere Ertragszunahme unter zukünftigen Klimaszenarien, eine höhere Sensitivität zur Niederschlagsmenge und -verteilung und wesentlich höhere Ertragsvariabilitäten als auf schwereren Böden (9). Trockenheiten können sich insbesondere bei Kulturen auswirken, die weit in den Sommer hineinreichen, wobei bei früh geernteten Kulturen (Getreide) die negativen Auswirkungen durch eine mögliche bessere Nutzung der Winterfeuchte während kritischer phänologischer Phasen (wie z.B. Blüte, Kornfüllung) im Mittel geringer sind. Bei Wintergetreide und bei Sommergetreide, werden sich unter den gegebenen Bedingungen der in den Studien verwendeten Klimaszenarien (Temperaturerhöhung, leichte Zunahme des Niederschlags, keine Änderung in der Klimavariabilität) und unter Ausnutzung vorgeschobener Anbauzeitpunkte im Frühjahr, vor allem durch den direkten Effekt einer erhöhten CO₂-konzentration nach heutigem Wissen Ertragssteigerungen erzielen lassen, vorausgesetzt es treten keine anderen Limitationen auf die in den Simulationen noch nicht berücksichtigt sind. Dies gilt insbesondere für den Fall, wenn sich die hydrologische Wasserbilanz langjährig verschlechtern sollte (z.B. Grundwasserabsenkung bei grundwasserbeeinflussten Böden oder weniger Bodenwasserspeicherung im Winter) oder zum Beispiel Trockenperioden vermehrt auftreten sollten. Bei Sommerkulturen werden Ertragssteigerungen nur bei guter Wasserversorgung erreicht werden können (Bewässerung), wobei wassersparenden Produktionsmethoden eine besondere Bedeutung zukommen wird. Aufgrund der erwähnten vielfältigen Unsicherheiten, vor allem in den regionalen Klimaszenarien, müssen noch viel umfangreichere und weitergehende Forschungen angestellt werden um deutlichere und spezifischere Aussagen für die zukünftige Produktion im Pflanzenbau in Österreich treffen zu können.

Literatur

- (1) IPCC, (2001a): Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group 1 to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.

- (2) PARRY, M. L. (Editor) (2000): Assessment of potential effects and adaptations for climate change in Europe : The Europe ACACIA Project, Jackson Environment Institute, University of East Anglia, Norwich, United Kingdom, 320pp.
- (3) IPCC (2001b): Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group 2 to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (McCarthy, James J. (ed.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1032pp.
- (4) DOWNING, T.E., P.A. HARRISON, R.E. BUTTERFIELD and K.G. LONSDALE (Editors) (2000): Climate change, climate variability and agriculture in Europe - An integrated assessment. Res. Report No. 21, Environmental Change Unit, Univ. of Oxford, 1a Mansfield Road, Oxford OX1 3TB, UK, 445pp.
- (5) HARRISON, P.A., R.E. BUTTERFIELD and T.E. DOWNING (1995): Climate change and agriculture in Europe - Assessment of impacts and adaptation. Res. Report No. 9, Environmental Change Unit, Univ. of Oxford, 1a Mansfield Road, Oxford OX1 3TB, UK, 411pp.
- (6) WOLF, J. (1993): Effects of climate change on wheat production potential in the European Community.- Eur. J. Agron.2, 281-292.
- (7) ALEXANDROV, V., J. EITZINGER, E. KLAGHOFER und M. OBERFORSTER (2001): Auswirkungen einer Klimaänderung auf Agrarökosysteme in ausgewählten landwirtschaftlichen Produktionsgebieten in Österreich. Proceedings, Deutsch - Österreichisch - Schweizerische Meteorologen - Tagung, 18. bis 21. September 2001, Wien, Österreich.
- (8) EITZINGER J., V. ALEXANDROV, E. KLAGHOFER und M. OBERFORSTER (2001): Die Auswirkungen einer Klimaänderung auf den Wasserhaushalt von Kulturpflanzen bei unterschiedlichem Bodenwasserspeichervermögen. Proceedings, Deutsch - Österreichisch - Schweizerische Meteorologen - Tagung, 18. bis 21. September 2001, Wien, Österreich.
- (9) EITZINGER, J., Z. ŽALUD, V. ALEXANDROV, C.A. VAN DIEPEN, M. TRNKA, M. DUBROVSKÝ, D. SEMERÁDOVÁ and M. OBERFORSTER (2002) : A local simulation study on the impact of climate change on winter wheat production in north-eastern Austria. Austrian Journal of Agricultural Research (Die Bodenkultur), 1/2002, in print.
- (10) HANKS, J. and J.T. RITCHIE (1991): Modeling soil and plant systems.-Soil Science Society of America, Agronomy Monograph No. 31, American Society of Agronomy, Madison Wisconsin, USA.
- (11) INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – TASK GROUP ON SCENARIOS FOR CLIMATE IMPACT ASSESSMENT (IPCC-TGCI), (1999): Guidelines on the use of scenario data for climate impact and adaptation assessment, 69 pp..
- (12) PINTER, P.J.J., B.A. KIMBALL, R.L. GARCIA, G.W. WALL, D.J. HUNSAKER and R.L. LAMORTE (1996): Free-Air CO₂-enrichment: responses of cotton and wheat crops. In: G.W. Koch and H.A. Mooney (Eds.) - Carbon Dioxide and Terrestrial Ecosystems. Academic Publishers, San Diego, pp. 215-249.
- (13) ALEXANDROV, V. and G. HOOGENBOOM (2000): Vulnerability and Adaptation Assessments of Agricultural Crops under Climate Change in the Southeastern USA. Theoretical and Applied Climatology , Vol. 67(1-2), pp. 45-63.
- (14) SEMENOV, M.A., J.R. PORTER and R. DELECOLLE (1993): Simulation of the effects of climate change on growth and development of wheat in the U. K. and France. In: EPOCH Project: The Effects of Climate Change on Agricultural and Horticultural Potential in the EC. Final Project Report, University of Oxford-European Communities.

Autor:

Univ. Ass. Dipl. Ing. Dr. Josef EITZINGER

Universität für Bodenkultur, Institut für Meteorologie and Physik,

Türkenschanzstrasse 18, A-1180 Wien, Tel : (+43) 1/ 470 58 28 34,

Fax: (+43) 1/ 470 58 28 61, E-mail: josef.eitzinger@boku.ac.at