

**Josef Eitzinger**

## **Einfluss des Klimawandels auf die Produktionsrisiken in der österreichischen Landwirtschaft und mögliche Anpassungsstrategien**

Die Beurteilung der Auswirkungen eines regionalen Klimawandels (d.h. eine Veränderung des regionalen Klimas der vergangenen Jahrzehnte und seiner natürlichen Variabilität) hinsichtlich des regionalen landwirtschaftlichen Produktionsrisikos bzw. möglicher Anpassungsmaßnahmen zur Reduzierung dieser Risiken rückt zunehmend in den Mittelpunkt des Forschungsinteresses und gewinnt an Wert für Entscheidungsträger aus der Politik und der Praxis bzw. für Landwirte. Im Vergleich zu den vielfältigen Einflüssen einer Klimaänderung auf Agrarökosysteme ist die Analyse potentieller Anpassungsmaßnahmen durch den menschlichen Einfluss und zahlreicher Optionen noch komplexer. Potentiell realistische Anpassungsmaßnahmen müssen insbesondere die regionalen Verhältnisse berücksichtigen, sei es hinsichtlich der Klimaszenarien, der vorhandenen natürlichen Produktionsressourcen, der Produktionssysteme und sozio-ökonomischer Szenarien. Zusätzlich sollten Anpassungsstrategien auch eine nachhaltige landwirtschaftliche Produktion gewährleisten und sicherstellen. Alle diese Faktoren führen zu relativ hohen Unsicherheiten bzw. Bandbreiten hinsichtlich regionaler Zukunftsszenarien, was es für Entscheidungsträger erschwert konkrete Maßnahmen zu setzen. Trotz des noch großen Forschungsbedarfes lassen sich mit Hilfe des heutigen Wissens etliche Schlussfolgerungen ziehen bzw. Trends erkennen, welche das künftige Risikopotential und Anpassungsstrategien skizzieren.

### **1. Regionale Klimaänderung und Auswirkungen auf Produktionsressourcen**

Um die regionalen Auswirkungen einer Klimaänderung abschätzen zu können, muss zuerst bekannt sein, welche klimatische Faktoren sich a) in welchem Ausmaß b) innerhalb welchen Zeitraums c) an welchem Standort voraussichtlich ändern werden. Dies wird durch Regionalisierungsmethoden von globalen Klimaszenarien erreicht. Die Szenarien für die Temperatur sind grundsätzlich weniger unsicher als die des Niederschlags und anderer Klimaparameter. Ebenso sind die mittleren Änderungen wesentlich besser abgesichert als

eine mögliche Änderung in der Klimavariabilität d.h. der Häufigkeit, Stärke, Dauer, Zeitpunkt und des räumliches Ausmaßes von Extremereignissen der Witterung (Trockenheiten, Starkniederschläge, Stürme, Hagel, Frost, Hitzeperioden usw.). Weiters ist zu berücksichtigen dass das Schadpotential dieser Extremereignisse für die Landwirtschaft wesentlich von dem Zeitpunkt Ihres Auftretens im Zusammenhang mit der im Jahresverlauf variablen Empfindlichkeit der Rezeptoren abhängt (wie Kulturpflanzen die sich in einem bestimmten phänologischen Stadium befinden). Somit werden in der Forschung zuallererst die Folgen einer mittleren Temperaturerhöhung auf das Produktionspotential der Kulturpflanzen abgeschätzt und stufenweise andere Parameter und auch die Klimavariabilität miteinbezogen.

Die derzeitigen Klimaszenarien zeigen, dass die Temperaturen in den Hauptproduktionsgebieten Oberösterreichs, Niederösterreichs und der Steiermark bis zu den 2050er Jahren (entspricht dem Medium aus dem 30-jährigen Mittel) zwischen 0.9°C und 1.8°C ansteigen werden. Eine weitere Steigerung wird bis zu den 2080er Jahren zwischen 2.9°C und 4.9°C angegeben. Alle Klimamodelle zeigen eine höhere Temperaturzunahme während des Winters und Sommers als in den Übergangszeiten. Auch zeichnet sich mit zunehmender Höhenlage eine stärkere Erwärmung ab.

Ein für die Landwirtschaft wesentlicher Faktor - insbesondere dort wo Wasser als produktionslimitierender Faktor in Erscheinung tritt - ist, wie sich die Niederschläge in den Klimaszenarien darstellen. Hier liegt Österreich grundsätzlich in einem Übergangsbereich, wobei im Mittelmeerraum sehr düstere Aussichten mit bis zu 50% weniger Sommerniederschlag bis zu den 2080er Jahren bestehen, während in den höheren Breitengraden mit einer Niederschlagszunahme zu rechnen ist. Regional gesehen könnten nach den vorliegenden Szenarien die Jahresniederschläge im Osten und Süden leicht abnehmen, und im Westen eher zunehmen, jedoch mit einer relativ hohen Unsicherheit verbunden. Neuere Studien zeigen jedoch auch im nördlichen Alpenraum eine Zunahme der Häufigkeit und Stärke von agrarmeteorologischen Trockenperioden bzw. Abnahme von Niederschlägen im Sommer unter Klimaszenarien. Ein besonderer Faktor für die Wasserversorgung in der Pflanzenproduktion ist aber auch die Niederschlagsverteilung und eine mögliche Zunahme von Starkniederschlägen, die sich aus Messungen regional abzeichnet. Weiters zeigen die Szenarien vor allem bei den Sommerniederschlägen eher eine Abnahme und eine Zunahme bei den Niederschlägen im Winterhalbjahr. Es ist daher vor allem während der Vegetationsperiode mit zunehmend trockenen Verhältnissen zu rechnen. Dadurch nehmen auch die regionalen Differenzierungen hinsichtlich der Wasserversorgung zu, wobei für die Pflanzenproduktion insbesondere die Bodenwasserspeicherfähigkeit eine wichtige Rolle spielt (z.B. generell zunehmender

Wassermangel im Nord-Osten, Osten und Süden Österreichs, verstärkt aber auf den leichteren Böden).

Bisherige Forschungsergebnisse zu den Auswirkungen auf die Landwirtschaft in Österreich zeigen folgendes allgemeines Bild :

- Etliche Studien für den mitteleuropäischen Raum kommen zu dem Ergebnis das bei einer mäßigen mittleren Temperaturerhöhung bis ca. 2°C (wie bis zu den 2040er Jahren erwartet) die positiven Effekte auf das Ertragspotential in der Landwirtschaft in Summe überwiegen könnten, darüber hinaus dann zunehmend negative Effekte auftreten würden. Allerdings würden unter den „extremere“ klimatischen Bedingungen auch stärkere regionale Unterschiede auftreten, die bisher aber kaum untersucht wurden.
- Es erfolgt eine Verschiebung der Temperaturzonen mit entsprechenden Auswirkungen auf die Phänologie und das Wachstum der Kulturpflanzen (die Vegetationszeit wird um ca. 7-10 Tage pro Dekade länger, beginnt früher und die Entwicklungsraten der Pflanzen werden beschleunigt). Das Produktionspotential in bisher von der Temperatur begrenzten Anbauregionen würde sich insbesondere durch eine verlängerte Vegetationsperiode verbessern, wie z.B. der Futtergewinnung in vielen niederschlagsreichen Grünlandregionen. Das Risiko von Frostschäden durch Spätfröste, insbesondere bei Obstkulturen, könnte sich durch die frühere Vegetationsperiode erhöhen.
- Die zunehmenden Temperaturen erhöhen das Verdunstungspotential überproportional, was eine Zunahme der Beanspruchung der Bodenwasserressourcen durch die Vegetation bedeutet. In den niederschlagsarmen Anbauregionen Österreichs würden insbesondere Sommerkulturen zunehmendem Hitze- und Trockenstress ausgesetzt sein. Wassersparende Kulturen, Anbautechniken, Fruchtfolgen werden dadurch an Bedeutung gewinnen. Eine Zunahme des landwirtschaftlichen Bewässerungsbedarfes wäre ebenfalls eine logische Folge. Andererseits würde eine Zunahme der witterungsbedingt verfügbaren Feldarbeitstage durch trockenere Bedingungen kombiniert mit einer längeren Vegetationsperiode die Flexibilität in der Produktionstechnik erhöhen bzw. erlauben bestimmte maschinelle Kapazitäten (als Kostenfaktor) zu verringern.
- Durch den Düngungseffekt des zunehmenden Kohlendioxidgehaltes der Luft würde sich das Ertragspotential der gängigen Kulturpflanzen erhöhen. Simulationsstudien ergaben einen bei Getreide bis zu den 2050er Jahren im Schnitt leicht positiven Ertragstrend unter der Annahme gleichbleibender Klimavariabilität. Allerdings ist allgemein durch den Einfluss zunehmender Witterungsextreme auch mit geringerer Ertragsstabilität und

höherem Ertragsrisiko zwischen den Jahren zu rechnen (mit entsprechenden Implikationen auf die Betriebsführung und Risikoabsicherung). Auch belegen neuere Studien mit steigender Kohlendioxidkonzentration eine veränderte Qualität des Erntegutes wie z.B. eine Verschlechterung der Kleberqualität bei Weizen.

- Zunehmende Temperaturen erhöhen auch bei gleichbleibender Klimavariabilität die Zahl der Hitzetage und Trockenperioden im Vergleich zur vergangenen Klimaperiode, was vor allem in den wärmeren und trockeneren Lagen eine Zunahme der Stresssituationen durch Trockenheit und Hitze für die bisher angebauten Kulturen bedeutet. Auch andere ertragsbeeinflussende Stressfaktoren die in Kombination mit Hitze auftreten, wie z.B. ertragsreduzierende Ozonschäden könnten zunehmen.
- Eine Zunahme der Temperaturen verändert ökologische Nischen für Unkräuter, Krankheiten und Schädlinge. Diese können sich weiter ausbreiten, neu auftreten oder verschwinden, oder sich schneller entwickeln (z.B. zusätzliche Generationen). Insbesondere von Seiten der sehr temperatursensitiven Insekten droht hier Gefahr.
- Eine Zunahme von Witterungsextemereignissen birgt generell ein sehr hohes Schadpotential für die Landwirtschaft, und könnte positive Auswirkungen durch z.B. eine längere Vegetationsperiode wieder zunichte machen. Dabei sind vor allem Trockenheit und Hitze (Trocken- und Hitzeschäden), Starkniederschläge (Bodenerosionsschäden, Auswinterungsschäden), Zunahme der Gewitterhäufigkeit (Hagelschäden), Stürme (Schäden im Forstbereich) zu nennen. In welchem Ausmaß sich die Häufigkeit dieser Extreme unter den Klimaszenarien verändert ist nach wie vor mit großer Unsicherheit verbunden, obwohl sich aus Messreihen - regional unterschiedliche - Veränderungen abzeichnen (wie z.B. Zunahme von Starkregenereignissen).

## **2. Mögliche Anpassungsmaßnahmen der Landwirtschaft in den verschiedenen Klimaregionen und Produktionssparten in Österreich**

Anpassungsmaßnahmen der österreichischen Landwirtschaft an den Klimawandel wurden bisher erst ansatzweise untersucht (z.B. im laufenden EU-Projekt ADAGIO), was einen noch großen Forschungsbedarf hinsichtlich regionaler Analysen bedeutet. Durch Simulation verschiedener Szenarien z.B. in der Produktionstechnik lassen sich mögliche Anpassungsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf das langjährige Produktionspotential bewerten. Endgültig lassen sich Auswirkungen und mögliche Anpassungsmaßnahmen natürlich nur unter Berücksichtigung der zu erwartenden sozio-ökonomischen Randbedingungen bewerten, welche durch den fortlaufenden Strukturwandel

in der Landwirtschaft mittelfristig einen größeren Einfluss haben dürfte als der Klimawandel alleine. Allerdings kann der Klimawandel durch eine Veränderung des Produktionsrisikos bzw. Ertragspotentials dazu beitragen entsprechende Trends zu verstärken oder abzuschwächen. Die jeweiligen Niederschlags- und Temperaturverhältnisse und deren mögliche Änderung sind immer in Verbindung zu einem bestimmten Produktionssystem zu sehen, da hierfür unterschiedliche kritische klimatische Grenzen gelten. So sind für die Grünlandproduktion andere Niederschlags- und Temperaturverhältnisse für das Produktionspotential optimal als für den Ackerbau. Auch innerhalb des Ackerbaus können wieder unterschiedliche Grenzen gezogen werden bis hin zu kulturartenspezifisch klimatischen Grenzen. Produktionssysteme die unter den gegebenen Standortbedingungen nahe oder an den klimatischen Grenzwerten liegen würden durch den Klimawandel als erstes – positive oder negative - Änderungen im klimatisch bedingten Produktionspotential bzw. -risiko zu spüren bekommen. Im folgenden werden mögliche Anpassungsmaßnahmen der wichtigsten landwirtschaftlichen Produktionssparten Österreichs an den Klimawandel skizziert :

- Ackerbau :

Eine weitgehend effektive Maßnahme ist die Anpassung von Anbaumaßnahmen an eine verlängerte Vegetationsperiode (frühere Anbauzeitpunkte im Frühjahr, Auswahl spätreifenderer Sorten) bei vielen einjährigen Kulturpflanzen. Bei Sommergetreide und Mais bringt diese Maßnahme eine Beibehaltung bzw. Verlängerung der Wachstumsperiode – ein wesentlich ertragbeeinflussender Faktor. Trockenheiten können sich allerdings 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. Dabei zeigte sich zum Beispiel in den niederschlagsarmen Regionen Österreichs eine deutliche Abhängigkeit vom Bodenwasserspeichervermögen. Dies bedeutet im Allgemeinen dass jegliche Anpassungsmaßnahmen welche die Effizienz der Wassernutzung im Pflanzenbau erhöhen von Bedeutung sind. Diese Maßnahmen beinhalten entsprechende Landschaftsgestaltung (Wind- und Verdunstungsschutz durch Hecken), bodenwasserschonende Fruchtfolgegestaltung (z.B. Winterungen bevorzugen), Bodenbedeckungen als Verdunstungs- und Erosionsschutz (Mulchdecken), auf Bodenvariationen reagierende und/oder effiziente Bewässerungssysteme, Auswahl trocken- und hitzeresistenter Sorten bzw. Kulturen mit geringem Wasserverbrauch, Verbesserung des Bodenwasserspeichervermögens durch Förderung einer guten Bodenstruktur usw..

Alternativen wie die Art der Biomasseproduktion werden sich wegen ihres hohen Wasserbedarfes stark an den regionalen Niederschlagsverhältnissen und verfügbaren Bodenwasserreserven orientieren müssen. Das verstärkte oder neue Auftreten klimasensitiver Schadfaktoren wie Unkräuter, Schädlinge (insbesondere Insekten) und Krankheiten wird eine hohe Flexibilität und schnelle Reaktionszeit der Produktionstechnik erfordern. Auch die Anforderungen an die Pflanzenzüchtung und an die Methoden des Pflanzenschutzes werden dadurch zunehmen. So wird eine größere Bandbreite von robusten, stress- und krankheitsresistenter Sorten gefragt sein, als auch eine Zunahme der angebauten Sorten- und Artenvielfalt (auch aus regionaler Sicht) um das Produktionsrisiko des Einzelbetriebes als auch einer Region durch die verschiedenen biogenen Schadfaktoren und der zunehmenden Witterungsextreme zu minimieren.

- Grünland :

Bei der Grünlandproduktion dürften die bedrohten Grenzlagen in Österreich ungefähr bei 600mm Jahresniederschlag angesiedelt werden, wobei neben der Topographie zusätzlich die Temperaturverhältnisse und die Bodeneigenschaften (Nährstoff- und Wasserspeichervermögen) das Produktionspotential wesentlich mitbestimmen.

Durch die in den Klimaszenarien angezeigten gleich bleibenden oder leicht abnehmenden Niederschläge am Ostalpenrand bzw. auch nördlich und südlich der Alpen und der zunehmenden unproduktiven Verdunstung durch die Temperaturzunahme sind ebendiese Regionen betroffen. Insbesondere dürften aufgrund schlechter Bodenverhältnisse das Mühlviertel und das Waldviertel verstärkt mit abnehmendem Produktionspotential und zunehmendem Produktionsrisiko (Häufigere extreme Ertragseinbussen durch häufigere Trockenheiten) im Grünlandbereich zu kämpfen haben. Am Ostalpenrand sind es vor allem die Übergangsregionen von Grünland und Ackerland, die durch eine im Osten eher deutlichere Niederschlagsabnahme und wärmere Temperaturen betroffen sein könnten. In Lagen mit deutlich höheren Niederschlägen (ca. über 800mm Jahresniederschlag) würden durch die höheren Temperaturen das Produktionspotential ansteigen. In höheren Lagen, wo vor allem die Temperatur und die Länge der Wachstumsperiode begrenzend wirkt dürfte dieser Effekt noch stärker ausfallen. Allerdings sind dadurch auch Änderungen in der Artenzusammensetzung des Dauergrünlands zu erwarten, welche die Futterqualität beeinflussen. Auch für das Grünland bedeutende klimasensitive Schädlinge wie Engerlinge könnten verstärkt auftreten und großflächige Schäden verursachen.

Da regionale Anpassungsstudien bisher kaum vorliegen, kann derzeit nur auf Einschätzungen von Experten zurückgegriffen werden. Adaptionsmöglichkeiten sind im

Grünlandbereich sicher viel begrenzter als im Ackerbau, da oft nur schwer auf eine andere Produktionsform umgestiegen werden kann wenn Randbedingungen (wie Bodeneigenschaften, Topographie oder Landnutzungsbeschränkungen) z.B. keinen Ackerbau zulassen. Ansonsten wäre ein Umstieg auf Biomasseproduktion und Futterpflanzenbau - wenn auch nur auf Teilflächen - eine Option die eine wesentlich bessere Flexibilität ermöglicht. Eine Anpassungsmöglichkeit wäre auch die Bewässerung von Grünland, falls das Wasser dazu lokal kostengünstig zugänglich und vorhanden ist. Durch den weiterhin anhaltenden Strukturwandel (Trend zu zunehmenden Betriebsgrößen), könnte auch der Druck auf möglichst hohe Flächenerträge durch eine größere verfügbare Produktionsfläche zum Teil kompensiert werden (was allerdings auch höhere Produktionskosten verursachen würde und wesentlich von Grundkosten beeinflusst wird).

- Tierhaltung :

Für den Bereich der Tierhaltung kann direkt durch die Zunahme von Hitzetagen mit zunehmendem Stress durch Hitze gerechnet werden (d.h. schlechtere Zuwachsrate oder Milchleistung, Ausfälle), und die Anforderungen an entsprechende Stallsysteme oder Lüftungsanlagen werden in dieser Hinsicht steigen. Indirekt kann auch eine Verschlechterung der Futterqualität (z.B. aus dem Grünland durch eine veränderte Artenzusammensetzung oder aus der Maisproduktion durch verstärkten sekundären Fusariumbefall) mittelfristig die Produktionskosten erhöhen. Grundsätzlich werden auch die Anforderungen an die (häufig relativ kostenintensiven) Kapazitäten der Lagerhaltung steigen, um für eine ev. zunehmende Häufigkeit größerer Ertragsausfälle durch Extremereignisse besser gerüstet zu sein. Das Auftreten neuer klimabedingter Krankheiten im Bereich der Tierhaltung ist ebenfalls ein weitgehend unerforschtes Gebiet.

- Dauerkulturen :

Für den Obst- und Weinbau liegen derzeit nur vereinzelte Abschätzungen zu Anpassungsmaßnahmen von Experten vor. So wird beim Wein mit einer Veränderung der regionalen Weinqualitäten und Sortenverschiebungen gerechnet, die bereits ansatzweise stattfinden. Langfristig ist auch die Erschließung neuer Wein- bzw. Obstanbaugebiete in bisher zu kühlen Regionen denkbar. Eine nach wie vor große Unbekannte ist das neue oder veränderte Auftreten von klimasensitiven Schädlingen oder Krankheiten wie z.B. der Rebzikade, die neue Methoden des Pflanzenschutzes oder rasche Reaktionen in der Pflanzenzüchtung erforderlich machen. Bei Obstkulturen könnte eine Zunahme der Gewittertätigkeit, wie es unter einem wärmeren Klima erwartet wird, die Hagelgefahr weiter

steigen lassen. Entsprechende Absicherung durch Hagelschutzmassnahmen bzw. eine Hagelversicherung werden hier besonders an Bedeutung gewinnen. Die Zunahme von Starkniederschlägen hat besonders in Dauerkulturen durch den oft unbedeckten Boden negative Auswirkungen auf die Bodenwassererosion. Hier sind verstärkt Schutzmassnahmen wie Mulchdecken oder landschaftsgestaltende Massnahmen zu treffen, die insbesondere in den Hanglagen wichtig sind, um langfristig enorme und irreversible Schäden an der Bodenstruktur und -fruchtbarkeit zu vermeiden.

Natürlich sind etliche Anpassungsmaßnahmen auch auf allgemeiner und überregionaler Ebene, im Bereich der Politik und von Steuerungsmaßnahmen unerlässlich. Dazu zählen neben der Bereitstellung von Notfallfonds für Entschädigungen ein möglichst umfassend abdeckendes Versicherungssystem gegen Schäden aus extremen Witterungsereignissen. Andere Bereiche betreffen Regelungen hinsichtlich effektiver Ressourcennutzung wie der Nutzung von Wasser für Bewässerungszwecke, was in den kommenden Jahrzehnten vor allem in den niederschlagsarmen Regionen sicherlich zunehmend an Bedeutung gewinnen wird. Auch der Ausbau von Monitoringsystemen zur raschen räumlichen Abschätzung von aufgetretenen kulturartenspezifischen Schäden, zur Früherkennung von Schäden oder für Warnhinweise wie z.B. bei Krankheiten oder Schädlingen, oder der Abschätzung langfristiger Risiken wird zunehmend an Bedeutung gewinnen. Diese und andere ähnliche Maßnahmen sollten verstärkt Eingang in operationelle Anwendungen finden und für die Praxis entwickelt werden.

**Autor:*****Ao. Prof. Dipl. Ing. Dr. Josef Eitzinger***Universität für Bodenkultur, Institut für Meteorologie,  
Peter-Jordan Str. 82, A-1150 Wien

Tel : (+43) 1/47654/5622,

Fax: (+43) 1/47654/5610

E-mail: josef.eitzinger@boku.ac.at