

Vorwort

Olaf Christen, Halle

Weltweit und auch in Deutschland ist der langfristige Trend zu steigenden Temperaturen ungebrochen. Die Folgen des Klimawandels werden alle Länder treffen. Steigende Temperaturen und Extremwetterereignisse stellen besonders die Landwirtschaft vor neue Herausforderungen. Um den Folgen des Klimawandels seitens der Landwirtschaft erfolgreich zu begegnen muss zu den Ergebnissen der Klimaforschung eine interdisziplinäre Institutionalisierung, Diskussion und Forschung stattfinden.

Neben der Analyse der langfristigen Entwicklung des deutschen Agrarsektors im internationalen Vergleich unter verschiedenen Rahmenbedingungen, werden die Auswirkungen des Klimawandels auf die pflanzliche und tierische Erzeugung diskutiert sowie notwendige und mögliche Anpassungen dargestellt.

Darüber hinaus ist das Management von Wetterrisiken im Klimawandel ein wichtiger Faktor für Landwirte, Rückversicherer und Politik. Die Analyse, wie sich die Wetterrisiken im Klimawandel ändern werden und die richtigen Anpassungsstrategien sind wichtige Forschungsfragen. Diese wurden auf der DAF Jahrestagung 2012 diskutiert und werden in dieser Schriftenreihe „*agrarspectrum, Band 46*“ vorgestellt.

Besonderer Dank gilt der Programmkommission, die das Konzept der Tagung erarbeitet und Referenten und Autoren gewonnen hat. Ohne das Mitwirken maßgeblicher Akteure wäre das Informationsangebot in der gebotenen Tiefe nicht möglich gewesen.

I Szenarien und Rahmenbedingungen

Klimawandel in Deutschland: Stand und neuere Erkenntnisse

Paul Becker, Deutscher Wetterdienst, Offenbach

Einleitung

Nach Berichten des UNO-Klimarates (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) bestehen kaum noch Zweifel, dass das Klima durch menschliches Handeln nachhaltig beeinflusst wird. Die untere Erdatmosphäre hat sich zwischen 1906 und 2005 im globalen Mittel um 0,74°C erwärmt (linearer Trend, s. den letzten Bericht des Klimarates: IPCC, 2007). Dieser Temperaturanstieg erfolgte nicht gleichmäßig, sondern ist besonders stark seit Beginn der 1980er Jahre. Auch in Deutschland wurde seit Beginn des 20. Jahrhunderts eine Erwärmung beobachtet: im linearen Trend betrug der beobachtete Anstieg der Jahresmitteltemperatur seit 1901 0,9°C, also noch etwas mehr als im globalen Mittel. Auch die Menge und Verteilung des Niederschlags und weiterer Klimaparameter haben sich verändert.

Um eine dramatische Weiterentwicklung des Klimawandels in der Zukunft möglichst zu vermeiden, sind internationale Absprachen und gemeinsame Strategien notwendig. Dazu wurde 1997 im Rahmen der UN-Klimarahmenkonvention das Kyoto-Protokoll vereinbart, das 2005 in Kraft getreten ist. Die wichtigste Maßnahme hierin ist eine verbindliche Reduzierung der Treibhausgas-Emissionen. Dieses Abkommen gilt allerdings nur bis 2012 und bisher konnte sich noch nicht auf ein Nachfolgeabkommen geeinigt werden. Bei der letzten UN-Klimakonferenz Ende 2011 in Durban wurde lediglich ein Fahrplan für ein verbindliches weltweites Klimaschutzabkommen beschlossen. Danach soll ein solches Abkommen bis 2015 beschlossen und ab 2020 umgesetzt werden. Ein wesentliches Ergebnis aus den Diskussionen war, dass die Ambitionen zur Minderung der Treibhausgasemissionen gesteigert werden sollen, um das Ziel einer Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs unter 2°C (oder

eventuell sogar unter 1,5°C) halten zu können. Da aber zunächst noch keine konkreten Maßnahmen festgelegt wurden, gibt es zur Zeit kaum Fortschritte bei der Treibhausgasminderung.

Neben Maßnahmen zur Minderung der Treibhausgase sind auch Bemühungen zur Anpassung an die schon jetzt unvermeidlichen Folgen des Klimawandels notwendig. Für eine erfolgreiche Anpassung an den Klimawandel stellen umfangreiche Klimainformationen eine unverzichtbare Grundlage dar. Um diese Informationen möglichst nutzergerecht bereitzustellen, wurden Klimaservices geschaffen. Ein Klimateil besteht in der Regel aus Messwerten, Klimaprojektionen und Modellen zur Berechnung der Auswirkungen des Klimawandels auf die unterschiedlichen Sektoren, wie z.B. die Landwirtschaft. Darüber hinaus beinhaltet ein Klimateil Elemente zur Nutzerberatung und zum Capacitybuilding für Schwellen- und Entwicklungsländer.

Modellierung des Klimas

Um die zukünftige Entwicklung des Klimas abschätzen und um Aussagen über die Auswirkungen menschlichen Handelns auf das Klima machen zu können, werden Klimamodelle und Klimaszenarien benötigt. Für ein Klimaszenario wird mit einem Klimamodell die Entwicklung des Klimas auf der Erde in die Zukunft gerechnet, wobei bei den bis heute verfügbaren Klimaszenarien die künftige Entwicklung der für den Treibhauseffekt relevanten Emissionen jeweils vorgegeben ist. In diesen sogenannten Emissions-Szenarien, auch SRES-Szenarien genannt (Special Report on Emission Scenarios, Nakicenovic et al., 2000), sind neben den zukünftigen Änderungen der Treibhausgasemissionen außerdem auch zukünftige gesellschaftliche, ökonomische und technologische Entwicklungen mit enthalten. Es gibt mehrere verschiedene Szenarien, um eine Spannbreite von möglichen zukünftigen Entwicklungen betrachten zu können. Dabei wird im Wesentlichen zwischen der wirtschaftlichen und demographischen Entwicklung sowie dem Grad der Globalisierung differenziert. Die verschiedenen Szenarienfamilien werden mit A1, A2, B1 und B2 bezeichnet, wobei z.B. im pessimistischen A2-Szenario ausschließlich von einer Zunahme der Treibhausgasemissionen ausgegangen wird, im mittleren A1B-Szenario von einer Abnahme nach 2060 und im eher optimistischen B1-Szenario von einer Abnahme bereits nach 2040.

Globale Klimamodelle simulieren die wesentlichen physikalischen Vorgänge im Klimasystem Erde, d.h. in der Atmosphäre, in den Ozeanen

und auf der Erdoberfläche sowie die komplizierten Wechselwirkungen zwischen diesen Teilsystemen. Dabei wird derzeit ein Rechengitter von etwa 100 bis 500 Kilometern verwendet und die Reaktion des Klimasystems auf Veränderungen externer Randbedingungen wie der Treibhausgase aus den Emissions-Szenarien und der Strahlungsintensität der Sonne berechnet. Es gibt verschiedene solcher Klimamodelle, die sich in den wesentlichen Aussagen allerdings kaum unterscheiden. Die Simulationen, die im IPCC-Bericht von 2007 diskutiert wurden, berechnen auf Basis der SRES-Szenarien einen Anstieg der globalen Mitteltemperatur von etwa zwei bis sechs Grad zum Ende des 21. Jahrhunderts.

Durch die hohe Komplexität der Klimamodelle ist eine Betrachtung kleinräumiger Strukturen und somit die Untersuchung der Folgen des Klimawandels auf der lokalen Ebene aufgrund der begrenzten Rechenleistung auf der globalen Skala nicht möglich. Dazu werden regionale Klimamodelle zur Gitterverfeinerung in bestimmten Regionen der Erde „eingenestet“, um die Ergebnisse der globalen Modelle auf die regionale Ebene herunterzurechnen. Die regionalen Modelle betrachten also nur einen kleinen Ausschnitt der Erdoberfläche, sind dafür aber detaillierter sowohl in der räumlichen Gitterweite, als auch in der Beschreibung der physikalischen Prozesse. So können z.B. der Einfluss von Gebirgen und eine Verfeinerung der Landnutzung besser berücksichtigt werden. Die Auflösung der regionalen Modelle liegt derzeit bei etwa 10 bis 50 Kilometern Gitterweite. Um die Unvollkommenheit der Modelle zu berücksichtigen, wird immer ein Ensemble an verschiedenen Simulationen mit unterschiedlichen Modellen betrachtet, um so die Schwankungsbreite der Ergebnisse abschätzen zu können.

Beobachtete und projizierte Veränderungen

Um Nutzern möglichst klare Handlungsoptionen geben zu können, ist eine Abschätzung der Unsicherheiten in den Klimaprojektionen nötig. Dafür wird ein Ensembleansatz verwendet. Aus einem Pool von Informationen bezüglich verschiedener möglicher Treibhausgas-emissionsentwicklungen, Entwicklungen des globalen und regionalen Klimas mit unterschiedlichen Modellen sowie der Folgen des Klimawandels auf der regionalen Skala müssen die wesentlichen Aussagen gefiltert werden. Dabei sind auch die speziellen Anforderungen der Nutzer zu berücksichtigen. Mit dem Ensembleansatz kann die Spannweite an möglichen Ergebnissen sowie der Grad der Übereinstimmung verschiedener Modelle oder Methoden bestimmt werden.

Zur Darstellung dieser Ergebnisse sind Perzentile sehr hilfreich. Ebenso können sie für eine statisch basierte Definition von Extremen verwendet werden. Bei Perzentilen handelt es sich um Schwellenwerte, die von einem bestimmten Prozentsatz an Werten einer Datenmenge unterschritten werden. Beim 50. Perzentil liegen beispielsweise die Hälfte der Daten unterhalb dieses Wertes, die Hälfte darüber; beim 85. Perzentil unterschreiten 85% der Datenpunkte diesen Schwellwert, nur 15% liegen darüber. Perzentile lassen sich daher verwenden um darzustellen, welcher Anteil eines Modellensembles welche Aussagen liefert. Dabei betrachten Klimatologen gewöhnlich eine konservative untere Grenze, die so gut wie sicher überschritten wird, und eine hohe Grenze für eher unwahrscheinlich drastische Änderungen, die nur von wenigen Modellen simuliert werden.

Im Folgenden werden die Ergebnisse eines Ensembles aus 19 regionalen Klimamodellsimulationen diskutiert, die im Rahmen des Forschungsprojektes ENSEMBLES (Hewitt, 2004; van der Linden and Mitchell, 2009) für Europa bis zum Ende des 21. Jahrhunderts die Entwicklung des Klimas auf Basis des A1B-Szenarios berechnet haben.

Temperatur

Betrachten wir zunächst die Temperaturentwicklung in Deutschland in Vergangenheit und Zukunft. Die gemessene Änderung der Mitteltemperatur zwischen 1881 und 2009 zeigt für die Sommermonate für den größten Teil Deutschlands eine Zunahme. Ähnliches gilt für die Modellergebnisse, die für die Zukunft eine ziemlich gleichmäßige deutliche Erwärmung der Jahresmitteltemperatur über das ganze Land erkennen lassen. Auf Basis des erwähnten Ensembles aus 19 regionalen Klimamodellen ergibt sich ein Anstieg der Jahresmitteltemperatur gemäß dem 15. Perzentil um mindestens ein halbes Grad bis 2050. Laut dem 85. Perzentil, also der Wert, der immerhin noch von 15% der Simulationen überschritten wird, beträgt die Zunahme sogar etwa 2°C. Hierbei ist die Zunahme in Süddeutschland etwas stärker als in Norddeutschland. Für das Ende des 21. Jahrhunderts (Vergleich der Perioden 2071-2100 und 1961-1990) liegt für Deutschland bereits der 15. Perzentil-Wert bei etwa 1,5°C Zunahme und die Zunahme kann sogar bis zu 3,5°C in Nord- und 4°C in Süddeutschland betragen (85. Perzentil).

Auch die Extreme nehmen zum Teil zu. Ein Indikator dafür ist z.B. die Anzahl Heiße Tage in Deutschland. Heiße Tage sind definiert als Tage mit einem Temperaturmaximum größer oder gleich 30°C. Im Vergleich der