

Frank-Michael Chmielewski

Landwirtschaft und Klimawandel

Zusammengefasst aus dem Beitrag in Geographische Rundschau Heft 9 (September) 2009, S. 28-35

Die Landwirtschaft ist in dreierlei Hinsicht mit dem Klimawandel verbunden: Erstens binden landwirtschaftliche Kulturpflanzen über die Photosynthese das CO₂ in der Luft. Zweitens gehört die Landwirtschaft durch die Freisetzung von „Treibhausgasen“ zu den Mitverursachern des Klimawandels. In Deutschland beträgt der Anteil der Landwirtschaft an der Freisetzung von „Treibhausgasen“ 71 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent. Damit trägt die deutsche Landwirtschaft mit rund sieben Prozent zur Emission von „Treibhausgasen“ bei (davon Lachgas: 4,1 Prozent; Methan: 2,3 Prozent; Kohlendioxid: 0,7 Prozent). Drittens ist sie selbst von klimatischen Veränderungen betroffen, wodurch sich die Bedingungen für die landwirtschaftliche Produktion künftig ändern können.

Die Auswirkungen beginnen bereits bei der Photosynthese, für die der CO₂-Gehalt der Luft von Bedeutung ist. Unter optimaler Licht-, Nährstoff- und Wasserversorgung steigt der Ertrag von Kulturpflanzen, wenn sich der CO₂-Gehalt in der Luft erhöht. Landwirtschaftliche Kulturpflanzen sind entweder vom C3- (Getreide der mittleren Breiten, Hackfrüchte etc.) oder C4-Typ (u.a. Mais, Hirse, Zuckerrohr). C3-Pflanzen sind erdgeschichtlich an Zeiten mit einem höheren atmosphärischen CO₂-Gehalt angepasst. C4-Pflanzen sind erdgeschichtlich jünger und daher bereits an geringere CO₂-Gehalte adaptiert. Künftig werden somit C3-Pflanzen stärker von einem CO₂-Anstieg profitieren als C4-Pflanzen. Freilandexperimente mit einem erhöhten atmosphärischen CO₂-Gehalt zeigen Ertragssteigerungen, z.B. für Winterweizen (16 Prozent), Wintergerste (8 Prozent), Zuckerrüben (7-8 Prozent), Kartoffeln (3-9 Prozent).

Der optimale Temperaturbereich der Photosynthese liegt für die meisten Pflanzen der mittleren Breiten bereits zwischen 18 und 25 °C. Daher werden in unserem nördlichsten Bundesland, Schleswig-Holstein, Spitzenerträge bei Winterweizen, Wintergerste, Roggen und Raps erzielt. Liegen die Temperaturen in einer Region heutzutage unterhalb des pflanzenspezifischen Optimums, so ist bei einer moderaten Erwärmung mit Ertragssteigerungen zu rechnen. Rangieren die Temperaturen bereits heute an der oberen Grenze, so muss eher von Ertragseinbußen ausgegangen werden. Generell könnten sich somit die Anbaugrenzen für Nutzpflanzen in höhere geographische Breiten (100-150 Kilometer pro Grad) und in höhere Lagen (100 Meter pro Grad) verschieben. Der Temperaturanstieg führt weiterhin zu markanten Veränderungen in der Pflanzenentwicklung und generell zu einer Verlängerung der thermischen Vegetationsperiode.

Abnehmende Sommerniederschlägen und zugleich höhere Temperaturen steigern die Verdunstung (rund fünf Prozent mit einem Grad Temperaturanstieg) und verringern die Bodenwasservorräte. Für

Standorte mit einer ohnehin geringen Wasserspeicherkapazität der Böden, wie Brandenburg und einigen Regionen Niedersachsens, könnte dies kritisch werden. Trockenheit beeinträchtigt zudem die Nährstoffaufnahme der Pflanzen und führt zu geringer Produktivität. Starkniederschläge können hingegen die Fruchtbarkeit der Böden nach längerer Trockenheit beeinträchtigen, indem sie die oberste fruchtbare Bodenschicht abtragen.

Das Auftreten von Pflanzenkrankheiten und -schädlingen wird ebenfalls durch die klimatischen Verhältnisse beeinflusst und hat Einfluss auf die landwirtschaftliche Produktivität. Schäden durch Pilzkrankungen, die durch feuchte Witterung begünstigt werden, können möglicherweise abnehmen, Erreger mit höheren Temperaturansprüchen können sich dagegen ausbreiten. Insgesamt werden steigende Temperaturen die Verbreitungsgrenze mancher Schädlinge in Europa weiter nach Norden verschieben und dafür verantwortlich sein, dass im Jahresverlauf zusätzliche Generationen heranwachsen.

Gerd Jendritzky

Der Klimawandel und gesundheitliche Auswirkungen

Zusammengefasst aus dem Beitrag in Geographische Rundschau,
Heft 9 (September) 2009, S. 36-42

Die Folgen des Klimawandels für die Gesundheit hängen von direkten (Extremereignisse wie Hitzewellen, Überflutungen etc.) und indirekten Faktoren (Zunahme von Krankheitserregern durch Störung ihrer Ökologie etc.) ab.

Hitzebelastungen werden in mitteleuropäischen Breiten eine immer größere Rolle spielen. Daten zu Sterblichkeitsraten innerhalb Deutschlands belegen, dass besonders ältere Menschen, Kleinkinder und solche mit Herz-Kreislaufkrankungen den Hitzebelastungen zum Opfer fallen. Zudem wirken sie sich nachteilig auf Krankheitshäufigkeit, Leistungsfähigkeit und Wohlbefinden aus. Die Einführung geeigneter Hitzewarnsysteme, sogenannte Heat Health Warning Systems, in Europa könnte Leben retten. Sie lösen Alarm aus, sobald der von Gesundheitsbehörden festgelegte biometeorologische Schwellenwert für Hitzebelastung überschritten ist. Als langfristige Anpassung ist eine klimaorientierte Stadtplanung erforderlich.

Zunehmende Extremereignisse wirken sich ebenfalls nachteilig auf die Gesundheit aus. Ein Beispiel sind Starkregenfälle, die zu Hochwasser und Überschwemmungen führen können. Neben Ertrinken und Verletzungen sind psychische Störungen die häufigste Krankheitsfolge in Mitteleuropa.

Mit dem Anstieg des Meeresspiegels nehmen Sturmfluten und Überschwemmungen landwirtschaftlicher Nutzflächen zu. Hinzu kommen die Versalzung von Trinkwasser und eine Beeinträchtigung der Abwasserentsorgung. Indirekte Konsequenzen sind Schäden an persönlichem Besitz oder der Infrastruktur. Da sich Extremereignisse in Art und Ablauf jedoch generell stark voneinander unterscheiden, ist die Einschätzung der Anzahl gesundheitlicher Folgen sehr schwierig.

Infektionskrankheiten werden von Insekten (Stechmücken, Läuse etc.), Spinnentieren (Zecken etc.) und Nagetiere (Ratten, Mäuse) übertragen. Diese Tierarten zeichnen sich durch eine relativ schnelle Anpassung an sich verändernde Umweltbedingungen aus. Der Überlebensraum von Zecken zieht sich vom gesamten Mittelmeerraum bis Südsandinavien. Deren Überlebensdauer ist bisher durch niedrige Wintertemperaturen und kurze Sommer begrenzt. Die Klimaerwärmung lässt diese Grenzen verschwinden. Krankheiten wie Lyme-Borreliose und Frühsommer-Meningoenzephalitis nehmen zu. Auch die bisherigen Klimagrenzen für Malaria-Erreger lösen sich aufgrund sich verändernder Temperaturbedingungen auf. Bisher kommt deren Vermehrung in

den Mücken bei Temperaturen unter 18 °C bzw. 14 °C zum Stillstand.

Es gibt Hinweise auf Synergieeffekte zwischen Luftverschmutzung und Wärmebelastung. Ozon kann die Sensitivität von Asthmapatienten gegenüber Allergenen erhöhen. Ferner können erhöhte Ozonwerte auch Asthmaerkrankungen, Allergien sowie Herzerkrankungen bei bisher gesunden Menschen auslösen.

Vorhandene Klimaprojektionen enthalten zahlreiche wissenschaftliche Unsicherheiten, weshalb das Ausmaß künftiger gesundheitlicher Auswirkungen lediglich zu erraten ist. Zudem ist die weitere politische, sozioökonomische, demographische und technologische Entwicklung unklar, welche ebenfalls gesundheitliche Auswirkungen haben. Trotz Unsicherheiten ist die Entwicklung von Anpassungsstrategien sehr wichtig, um das gesundheitliche Risiko möglichst gering zu halten. Dazu zählen die regelmäßige öffentliche Aufklärung, Frühwarnsysteme, Katastrophenvorsorge, verbesserte Wasser- und Schadstoffkontrolle sowie Hygieneprogramme.

Claudia Kemfert

Die Ökonomie des Klimawandels

Warum Nichtstun teuer werden kann

Zusammengefasst aus dem Beitrag in Geographische Rundschau Heft 9 (September) 2009, S. 20-26

Weltweit wächst die Nachfrage nach fossilen Rohstoffen. Schon jetzt lässt der weltweite Energiehunger die Preise steigen. Vor allem aber führt die Verbrennung von Öl, Kohle oder Erdgas zu einer Konzentration von „Treibhausgasen“ in der Atmosphäre, was die bodennahen Temperaturen weiter ansteigen lässt. Ein Signal also an die Industriestaaten, frühzeitig nach Alternativen zu suchen. Nur so kann es gelingen, drohende volkswirtschaftliche Kosten gering zu halten.

Der Internationale Klimarat IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) hat 2007 errechnet, dass ein CO₂-Anstieg auf über 450 ppm (parts per million, Teile pro Million) einen Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur von 2 Grad Celsius im Jahr 2100 zur Folge hätte. Die heutige CO₂-Konzentration liegt bereits bei 400 ppm. Hauptverursacher von Treibhausgasemissionen sind die USA, gefolgt von China, Europa, Russland und Japan.

Mit Hilfe des globalen Simulationsmodells WIAGEM können die ökonomischen Auswirkungen des Klimawandels langfristig geschätzt werden. Eine Temperaturänderung von 4,5 Grad Celsius bis zum Jahr 2100 hat Schäden in Höhe von vier Prozent des Bruttoinlandprodukts zur Folge.

Versicherungsunternehmen zufolge verursachte die Hitzewelle im Jahr 2003 in Europa Schäden in Höhe von rund 10 bis 17 Milliarden Euro. Ferner müssen Schäden der Infrastruktur und Landwirtschaft sowie zunehmend Krankheiten und Todesfälle. Für sie muss der Staat aufkommen. Es sind Ausgaben, die an anderer Stelle im Haushalt fehlen. Ökonomische Wachstumseffekte würden dadurch gemindert und es entstünden zusätzliche Sozialeinbußen.

Allein für die deutsche Volkswirtschaft würden Kosten bis zu 800 Milliarden Euro in den kommenden 50 Jahren entstehen. Durch eine Versteigerung der Emissionsrechte, einer globalen Vorgabe von Emissionsgrenzen sowie einem raschen Ausbau CO₂-freier Techniken könnten die Kosten deutlich verringert werden. Dazu wäre lediglich ein Aufwand von einem Prozent der aktuellen weltweiten Wirtschaftsleistung notwendig. Die Kosten des Handelns wären deutlich geringer als die Kosten des Nichthandelns.

Fazit: Die künftige Energieversorgung muss CO₂-frei, sicher und bezahlbar sein. Eine zentrale Herausforderung des 21. Jahrhunderts ist es, nachhaltige Energien zu fördern. Dadurch würden Wirtschaftszweige wie die Baubranche gefördert. Zudem könnten innovative Energietechniken zum weltweiten Absatzschlager werden, was den Wirtschaftszweig erneuerbare Energien weiter stärkt. Schon jetzt arbeiten 250.000 Menschen in diesem Bereich.

Die heutige Gesellschaft steht vor großen Herausforderungen. Sie muss die Konsequenzen volkswirtschaftlichen Handelns der Vergangenheit verstehen und die volkswirtschaftlichen Produktionsprozesse in völlig neue Bahnen lenken. Ein globales Konzept und eine internationale Klimaschutzpolitik, welche die Aspekte Klimaschutz und nachhaltige Energieversorgung miteinander koppeln, sind dazu notwendig.

Heiko Paeth

Globale Zukunftsprojektionen und Folgen für den Klimaschutz

Zusammengefasst aus dem Beitrag in Geographische Rundschau Heft 9 (September) 2009, S. 44-51

Bisherige Klimamodelle zeichnen sich durch eine unzureichende Darstellung der Komplexität des Klimasystems aus. Zeitgemäße Klimastudien können daher niemals auf ein einzelnes Modell zurückgreifen. Um ein Gesamtbild einer Klimasituation zu erhalten, ist eine Verknüpfung mehrerer Klimasimulationen mit unterschiedlichen Anfangsbedingungen notwendig. Aus 150 Klimasimulationen weltweit wurde jüngst vom Internationalen Klimarat (International Panel on Climate Change, IPCC) ein künftiges Klimaszenario berechnet. Da sich die Simulationen nicht vollständig decken, bleibt ein Unsicherheitsbereich von fünf bis zehn Prozent. Eine exakte Vorhersage ist jedoch aufgrund der Komplexität des Klimasystems ohnehin nicht möglich.

Alle Experimente mit Klimamodellen und Emissionsszenarien zeigen eine Erwärmung an, die proportional zum Treibhausgasanstieg verläuft. Selbst bei einem konstant bleibenden CO₂-Ausstoß in den kommenden Jahren auf dem Niveau des Jahres 2000 würde sich wegen der langen Verweilzeit der atmosphärischen Spurengase eine Temperaturerhöhung von 0,5 Grad Celsius ergeben. Auch eine konsequente internationale Klimaschutzpolitik in den kommenden Jahrzehnten würde sich nicht merklich auf die globale Erwärmung auswirken.

Wäre das Ergebnis nun ähnlich, wenn sich die Berechnungen allein auf den Einfluss natürlicher Faktoren bezögen? Ein Vergleich zwischen einer Klimasimulation natürlicher Einflussfaktoren, wie Vulkanausbrüche, Sonnenaktivität etc., mit global gemittelten Temperaturdaten des 20. Jahrhunderts, ergibt eine Abweichung bzw. Irrtumswahrscheinlichkeit von fünf bis zehn Prozent, dass der Mensch nicht Hauptverursacher der globalen Erwärmung ist.

Ist diese Wahrscheinlichkeitsrate gering genug, um überhaupt Anstrengungen im internationalen Klimaschutz zu unternehmen? Denn obwohl der Mensch nach allen Studien einen maßgeblichen Einfluss auf den Klimawandel hat, weigern sich viele Staaten den Vorgaben von Kyoto zu entsprechen. Dieses sieht den weltweiten Rückgang der Treibhausgasemissionen um rund fünf Prozent gegenüber dem Referenzwert von 1990 bis zum Jahr 2012 vor. Eine solche Weigerung vieler Staaten wird von der wirtschaftswissenschaftlichen Spieltheorie unterstrichen: Individuell rationales Verhalten bedeutet kollektiv ein schlechtes Ergebnis. Daher warten viele Nationalstaaten erst auf die Anstrengungen anderer Unterzeichnerstaaten, bevor sie selbst den ersten Schritt tun.

Bei der Erklärung solcher Einstellungen helfen psychologische Studien, die sich mit Unsicherheiten bei zentralen Lebensentscheidungen beschäftigen. Bei Eheschließungen in Deutschland gibt die aktuelle Statistik eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 51 Prozent vor. Demnach wäre es sicherer nicht zu heiraten. Trotzdem entscheiden sich viele Menschen für diesen Schritt.

Abbildung 2 veranschaulicht, welchen zeitlichen Verlauf die CO₂-Konzentration und der globale CO₂-Ausstoß nehmen müssen, um die 2 °C-Grenze (zumutbare Erwärmungsrate) einzuhalten. Es wird deutlich, dass mit der Emissionsreduzierung bereits heute begonnen werden muss. Dies wird Anpassungsstrategien der Menschen in allen Lebensbereichen nach sich ziehen. Die künftige Herausforderung der Klimamodelle wird folglich darin bestehen, die Darstellung der Klimaänderung auf regionaler Maßstabsebene zu verfeinern.

Christian-D. Schönwiese

Der Klimawandel im Industriezeitalter

Fakten und Interpretationen der Vergangenheit

Zusammengefasst aus dem Beitrag in

Geographische Rundschau, Nr. 9 (September) 2009, S. 4-11

Der globale Klimawandel ist grundsätzlich nichts Neues. Paläoklimatische Studien beweisen, dass es schon immer Klimaänderungen gegeben hat, wenn auch zunächst allein aus natürlichen Gründen. Spätestens seit dem Industriezeitalter ist jedoch der Klimafaktor Mensch hinzugetreten. Diese Zeit ist durch eine ungewöhnlich rasche Erwärmung geprägt, wie die globalen Mittelwerte der bodennahen Lufttemperatur zeigen. Dagegen sind die regionalen Strukturen des Klimawandels sehr kompliziert. So ist die globale Erwärmung durchaus auch von regional begrenzten Abkühlungen begleitet. Beim Niederschlag haben wir es generell mit regionalen und jahreszeitlichen Umverteilungen zu tun.

Die Folgen der globalen Erwärmung sind dramatisch. Bekannte Beispiele hierfür sind der Rückgang von Meereis und Gletschern. Während der Jahre 1980-2007 ist die arktische Eisfläche um rund 40 % zurückgegangen. Seit 1850 haben die Alpengletscher ungefähr die Hälfte ihres Volumens verloren, und ähnliches gilt für viele weitere Regionen dieser Erde. Der Niederschlag reagiert fatalerweise so, dass verbreitet sowohl Starkniederschläge als auch Niederschlagsarmut häufiger werden. Dabei verstärkt die Kombination von Hitze und Dürre die Waldbrandgefahr. Generell ist weltweit eine Zunahme witterungsbedingter Extremereignisse festzustellen.

Es wäre aber falsch, dafür den Faktor Mensch allein verantwortlich zu machen. Das Klima wird nach wie vor auch von natürlichen Vorgängen gesteuert, und zwar zunächst durch die Wechselwirkungen im Klimasystem. Das ist der Verbund aus Atmosphäre (Luft), Hydrosphäre (Salzwasser des Ozeans und Süßwasser der Landgebiete), Kryosphäre (Land- und Meereis), Landoberfläche (Boden und Gesteine) und Vegetation. Ein prominentes Beispiel dafür ist das El-Niño-Phänomen, das sich in episodischen Erwärmungen der tropischen Ozeane, insbesondere des Ostpazifiks, äußert. Hinzu kommen so genannte externe Einflüsse auf das Klimasystem, allen voran der Vulkanismus und die Sonnenaktivität.

Bei näherer Betrachtung kann jedoch kein Zweifel daran bestehen, dass zumindest die globale Erwärmung der letzten Jahrzehnte vor allem auf den Klimafaktor Mensch zurückgeht. Entscheidend ist dabei die Freisetzung klimawirksamer Spurengase, kurz „Treibhausgase“, wie Kohlendioxid, Methan und andere, gefolgt von Sulfatpartikeln, die aus der Schwefeldioxid-Emission stammen. Diese bewirken zwar eine Abkühlung, aber die Erwärmung durch die „Treibhausgase“ ist wesentlich stärker.

Dabei hat insbesondere der Ausstoß des „Treibhausgases“ Kohlendioxid (CO₂) gravierend zugenommen, von 1900 noch 2 Gigatonnen (Gt) auf 2006 schon 29 Gt, wozu noch indirekt 8 Gt durch Waldrodungen kommen.

Die Konsequenz angesichts dieser Problematik muss sein: Einerseits Anpassung an den schon nicht mehr vermeidbaren Klimawandel und andererseits energische Maßnahmen, um ihn auf einem hoffentlich noch erträglichen Niveau zu begrenzen. Dazu zählt vor allem die Verringerung des CO₂-Ausstoßes.

Friedrich-Wilhelm Gerstengarbe, Peter C. Werner
Klimaextreme und ihr Gefährdungspotential für Deutschland
Zusammengefasst aus dem Beitrag in Geographische Rundschau
Heft 9 (September) 2009, S. 12–19

Beim Klimawandel spielen kurzzeitig auftretende Extremereignisse eine größer werdende Rolle. Erstmals können nun konkrete Angaben über die künftige Häufigkeit und Intensität derartiger Ereignisse in Deutschland gemacht werden. Zu ihnen zählen Hitze- und Kälteperioden, Dürre- bzw. Trockenperioden sowie Starkniederschläge. Die Daten setzen sich aus Ergebnissen von 265 Klimastationen und 2072 Niederschlagsmessstellen in Deutschland zusammen.

Bereits im Zeitraum 1951/2006 hat die Wahrscheinlichkeit, dass ausgeprägte Hitzeperioden auftreten, deutlich zugenommen. Erkennbar ist dies an den Trends von +17.6 d für Sommertage und +5.3 d für heiße Tage.

Die Rekorddauer für Sommertage – hier definiert als Tage mit einem Temperaturmaximum über 25 °C – liegt bei 54 (in Karlsruhe im Sommer 2008) und für heiße Tage – solche mit über 30 °C – bei 19 (in Freiburg im Sommer 2006). In einigen Regionen, wie Nordostdeutschland, Ostbayern und dem Münsterland, findet der Sommereintritt meist zehn und selten bis zu 30 Tage eher statt. In anderen Gebieten Deutschlands wiederum ergibt sich eine Rückverlegung des Eintritts von bis zu 20 Tagen. Diese Regionen liegen bevorzugt in Norddeutschland.

Westlich der Linie Rügen–südlicher Schwarzwald hat sich das Eintrittsdatum des letzten heißen Tages um bis zu 32 Tage zum Jahresende hin verschoben. Östlich dieser Linie ist eine Verfrühung um bis zu 24 Tage zu beobachten. Zudem ist ein Rückgang der Kälteperioden zu verzeichnen. Auch hier ist Deutschland zweigeteilt. Westlich einer Linie Fehmarn–südlicher Schwarzwald lagen die Werte der Eistage zwischen 0 und 20 (Tage mit weniger als 0 °C Höchsttemperatur), östlich davon bis zu 40 Tage. Der Trend beträgt im Mittel –9.6 Tage.

In Zukunft wird das Auftreten von Hitzeperioden wahrscheinlicher. Dies ist aus Projektionen für den Zeitraum 2051/2060 ersichtlich. Die maximale Andauer für Sommertage liegt bei 54. Für heiße Tage steigt der Wert auf 26 Tage.

Kälteperioden nehmen künftig ab. Die mittlere Häufigkeit der Eistage erreicht im Zeitraum 2051/2060 nur noch 9.7 Tage. Damit beträgt die Differenz zu 1951/2006 –15.4 Tage. Der stärkste Rückgang von Eistagen findet sich in den Gebirgslagen und in Südostdeutschland.

Die Anzahl der niederschlagsfreien Tage wird besonders im Osten Deutschlands zunehmen und damit vermehrt Dürreperioden verursachen. Die geringsten Abweichungen von bisher gemessenen Niederschlagswerten gibt es in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen.

Die räumliche Verteilung der Starkniederschlagstage bleibt weitgehend erhalten. Während sich ein Rückgang im Zeitraum 1951/2006 lediglich im Nordosten vollzog, weitet sich dieser auf fast ganz Baden-Württemberg und Bayern aus. Im Norden und Westen überwiegt eine Zunahme.

Insgesamt kann in Deutschland von einer Zunahme der Hitzeperioden und in einigen Regionen sogar Dürren ausgegangen werden. Die Häufigkeit sehr kalter Perioden geht dagegen zurück. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass der klimatische Wandel regional in Deutschland deutlich unterschiedlich ist.

Definitionen

Sommertag: ≥ 25.0 °C

Heißer Tag: ≥ 30.0 °C

Eistag: < 0.0 °C

Niederschlagsfreier Tag: 0.0 mm

Starkniederschlagstag: ≥ 10.0 mm