

Analyse

Mögliche Folgen des Klimawandels für Russland

Von Jörg Stadelbauer, Freiburg

Zusammenfassung

Folgt man den Überlegungen des 2007 veröffentlichten vierten Berichts des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), der in großregionaler Differenzierung die voraussichtlichen Folgen in den kommenden Jahrzehnten analysiert, wird das Ausmaß des Klimawandels davon abhängen, wie die Gesellschaft auf bereits erfolgte Veränderungen reagiert. Daher geht man heute von unterschiedlichen Szenarien aus, die gesellschaftliche Wertevorstellungen und Trends, technologische und wirtschaftliche Entwicklungen sowie Überlegungen zu regionaler Nachhaltigkeit berücksichtigen. Die Szenarien reichen von weitgehender Anpassung der Gesellschaft und maximalem Gegensteuern durch Senkung von Energieverbrauch und CO₂-Ausstoß bis zu einem Szenario, bei dem der Energieverbrauch ohne Gegenmaßnahmen kontinuierlich steigt und sich die Negativfolgen des Klimawandels beschleunigen. Die Folgen des Klimawandels beziehen sich für Russland vor allem auf die Reduktion des Permafrosts und damit auf Probleme für die Infrastruktur, eine Verschiebung der Landwirtschaftszonen und neue Seewege.

Prognosen zum Klimawandel

In den kommenden Jahrzehnten gehört Sibirien – so die Vermutung in den meisten Modellrechnungen – zu den Regionen mit einem besonders ausgeprägten Temperaturanstieg: 3 bis 4°C bis zum Jahr 2030 könnten es im Norden Ostsibiriens und des Fernen Ostens sein. Allerdings gibt es auch zurückhaltendere Annahmen, die von einer eher geringen Temperaturzunahme ausgehen. Mit relativ großer Sicherheit werden in weiten Teilen Russlands die durchschnittlichen jährlichen und insbesondere die winterlichen Niederschlagssummen steigen, vermutlich wiederum am meisten in Ostsibirien. Dadurch erhöhen sich der Grundwasserspiegel und die Überschwemmungsgefahr.

Wenn die Temperaturen ansteigen, kann erwartet werden, dass sich die heutigen Grenzen oder besser Grenzsäume der Vegetationszonen polwärts verlagern. In den Worst-Case-Szenarien, die auf der Annahme eines verstärkten Energieverbrauchs bei einem Ausbleiben von Gegenmaßnahmen beruhen, rechnet man mit Verschiebungen um bis zu 1 000 km. Moderate Szenarien lassen immerhin eine Nordwärtswanderung der Grenzsäume zwischen den Landschaftszonen um 200 bis 350 km erwarten. Dadurch verringert sich vor allem das Areal der Tundrengebiete im Hohen Norden Russlands, was die Zugvögel bedroht, die hier wichtige Brutgebiete haben. Ebenso gefährdet sind die Lemminge; ein Temperaturanstieg um 3 bis 4°C könnte zu einem Rückgang auf weniger als die Hälfte der heutigen Bestände führen.

Reduktion des Permafrosts

Auf nahezu 60 % des russischen Territoriums tritt heute Permafrost auf. Er entwickelte sich in den zurücklie-

genden zweieinhalb Jahrmlionen, unterlag aber in seiner räumlichen Ausdehnung den Klimaveränderungen während der Kaltzeiten und Interglaziale. Während der Untergrund bis zu 200 m, maximal sogar bis 1 500 m Tiefe ganzjährig gefroren bleibt (»Dauerfrostboden«), taut eine dünne Bodenschicht an der Oberfläche bis zu wenigen Metern Mächtigkeit jahreszeitlich auf (»Auftauschicht«). Beim Auftauen wird die betroffene Erdoberfläche zu einer hochmobilen Schlammschicht, während der Untergrund fest und nahezu undurchdringlich bleibt.

In einem breiten Übergangssaum tritt Permafrost nur sporadisch auf. Gerade dieser Übergangssaum wird sich durch den Klimawandel so verschieben, dass die »Inseln« mit Niefrostboden größer werden und auch im kontinuierlichen Permafrostboden Lücken auftreten. Der diskontinuierliche Permafrostboden könnte völlig eisfrei werden, die Grenze des Auftretens von Permafrost könnte sich nach Nordosten verschieben, sodass bis etwa 2080 die Gesamtfläche des Permafrosts um 20 bis 35 % zurückgehen könnte. Die Modellrechnungen unterschiedlicher Forschungseinrichtungen weisen jedoch eine beträchtliche Streuung auf, weil sie von sehr unterschiedlichen Szenarien sowohl bezüglich der erwarteten Klimaveränderung als auch bezüglich der gesellschaftlichen Reaktion darauf ausgehen.

Schon in den zurückliegenden Jahrzehnten wuchs die Mächtigkeit der sommerlichen Auftauschicht. Dies erhöhte die Gefahr von Bodenerosion und beeinträchtigte den Anbau. Gleichzeitig fördert diese Entwicklung die bereits erwähnte polwärtige Verschiebung der Landschaftszonen, denn als Folge der Zunahme der jährlichen Auftauschicht nimmt auch die Vegetationsbedeckung in nördlicher Richtung zu. Zumindest teilweise wird die

bisherige Tundra durch Taiga ersetzt werden. Andererseits erleiden die Taigawälder verstärkt Schädigungen, wenn die Risiken von Holzbruch, Waldbrandgefahr und Insektenbefall wachsen. Die Erosionsgefahr steigt und Erdrutsche bewirken eine weitere Destabilisierung des Untergrunds. Wo verbliebene Eiskörper im Boden abschmelzen, entsteht eine uneinheitliche, von mit Wasser gefüllten Senken durchzogene Hügellandschaft. Sie wird in der Wissenschaft mit dem etwas unglücklichen Namen Thermokarst bezeichnet. In diesen Gebieten besteht besonders hoher Erschließungsaufwand.

Die Reduktion von Permafrostflächen könnte Nutzungspotenziale erweitern, doch nimmt die dafür notwendige Bodenbildung so viel Zeit in Anspruch, dass zunächst die Gefährdungen überwiegen. Sie resultieren aus der tief reichenden jahreszeitlichen Mobilisierung des Untergrunds, die an steileren Hängen und an Flussböschungen zu Rutschungen führt. Ökologisch wichtige Gewässer, Moore und Sumpfgebiete können austrocknen.

Im Permafrostboden sind große Mengen an Kohlenstoff gebunden, der bei Erwärmung teilweise freigesetzt wird, teils als CO_2 , teils – und dies vor allem in den ausgedehnten Feuchtgebieten, wie sie für Westsibirien typisch sind – als Methan (CH_4). Durch den Klimawandel wird einerseits mit stärkerem Pflanzenwachstum eine höhere Kohlenstoffmenge gebunden, andererseits werden gleichzeitig aus den mächtigeren Auftauschichten höhere Kohlenstoffabgaben in die Atmosphäre erwartet. Die stärksten Zunahmen bei der Methanabgabe sind entlang der arktischen Küste, in Jakutien und in Zentralsibirien zu vermuten. Beide Gase tragen zum Treibhauseffekt in der Erdatmosphäre und damit zur globalen Erwärmung bei. Damit unterliegt die aktuelle Erwärmung in den russischen Permafrostgebieten einem Selbstverstärkungseffekt. Allerdings ist dieser sehr gering und wird auf nur $0,12^\circ\text{C}$ globale Erwärmung im Jahrzehnt geschätzt.

Folgen für die Landwirtschaft

Der Klimawandel zieht auch Folgen für die Landwirtschaft nach sich. Wenn sich die Landschaftszonen polwärts verschieben, verändern sich die Anbaumöglichkeiten für die russische Landwirtschaft, denn auch die Landnutzungszonen dehnen sich polwärts aus, sodass vordergründig das agrarische Potenzial zunimmt. In mittleren und hohen Breiten verlängert sich die Dauer der möglichen Wachstumszeit; es kann früher ausgesät und früher geerntet werden. Damit können vermehrt ertragreichere, früh reifende Sorten genutzt oder Zwischenfruchtbau betrieben werden. Nur im äußersten

Süden, etwa im östlichen Nordkaukasien und in der kaspischen Senke, dürften die durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmengen zurückgehen, was bei gleichzeitigem Temperaturanstieg eine Beeinträchtigung des Anbaus nach sich ziehen würde, denn es fehlt nicht nur Wasser für Regenfeldbau oder Bewässerung, sondern die weniger durchfeuchteten Böden unterliegen auch in höherem Maße der Winderosion. Möglicherweise werden sich die positiven Effekte für den Ackerbau durch die räumliche Ausweitung nach Norden und Ernteeinbußen im Süden Russlands etwa die Waage halten.

Es wird zudem erwartet, dass der Klimawandel zu einer Erhöhung der Niederschläge in weiten Teilen Russlands führt. Dies wird zwar eine Grundwasseranreicherung und größere Abflussmengen mit sich bringen, birgt aber auch die Gefahr von Überschwemmungen. Sie werden insbesondere fruchtbare Auenlandschaften betreffen. Ferner könnte die notwendige Ausweitung der Bewässerungslandwirtschaft in den besten Anbaugebieten zu regionaler Wasserknappheit führen. In weiteren Gebieten mit hohen Bodenqualitäten wird die Variabilität der Erträge von Jahr zu Jahr größeren Schwankungen unterliegen wie heute bereits in den Steppengebieten an der Wolga und im Südrural. Auch hier mögen sich positive und negative Folgen etwa ausgleichen. Aber die Wahrscheinlichkeit von Ernteaussfällen wegen Extremereignissen im Witterungsablauf wird eher zu- als abnehmen. Da dies relativ dicht besiedelte Waldsteppen- und Steppengebiete betrifft, kann sich die Zahl der von massiven Ernteaussfällen betroffenen Menschen von derzeit rund 50 Millionen auf 81 bis 139 Millionen erhöhen. Die Gefahr regionaler Engpässe bei der Versorgung mit Getreide, ein weit in die Geschichte zurückreichendes Phänomen, ist also trotz der räumlichen Ausweitung potenzieller Anbaugebiete nicht beseitigt.

Ferner erfordert die absehbare Expansion des Anbaus einen erhöhten Pflanzenschutz, denn mit dem trockenwärmeren Klima in den südlichen Anbaugebieten ist für die Pflanzen auch eine erhöhte Gefahr von Insektenbefall verbunden, wenn für die Schädlinge eine größere Zahl an Reproduktionszyklen möglich wird. Außerdem können sich verändernde Windsysteme die Ausbreitung von Pflanzenkrankheiten in bislang verschonte Gebiete begünstigen.

Der optimistischen Einschätzung, dass wenigstens in einzelnen Jahren höhere landwirtschaftliche Erträge erwartet werden dürfen, müssen die fortbestehenden natürlichen und ökonomischen Mängel gegenübergestellt werden: Die Ertragsmesszahlen der Böden nehmen nach Norden hin ab, die Bodenfruchtbarkeit wird geringer. Gleichzeitig würde die Ertragszunahme vor allem

marktmäßig schlechter erschlossene Gebiete betreffen, in denen eine Verbesserung der Infrastruktur erforderlich wäre. Immerhin scheint es nicht ausgeschlossen, dass dem von Staats- und Parteichef Nikita Chruschtschow in den 1950er Jahren mit zunächst mäßigem Erfolg eingeführten Maisanbau nunmehr größere Chancen einzuräumen sind – soweit er nicht bereits durch die Einführung angepasster Hybridvarietäten expandieren konnte.

Damit sind positive Folgen des Klimawandels für die Landwirtschaft nur nutzbar, wenn sich die landwirtschaftlichen Produktionssysteme daran anpassen. Einzelstrategien sind die Nutzung früherer Aussaattermine, eine Änderung der Bodennutzungssysteme mit Zwischenfruchtanbau, erhöhter Pestizideinsatz mit seinen Folgeproblemen für die Böden, der verstärkte Einsatz von Stickstoffdünger, der nötig wird, wenn eine höhere CO₂-Konzentration in der Atmosphäre stärkeres Pflanzenwachstum ermöglicht. Um zu verhindern, dass der aufgrund größerer Phytomasse erhöhte Kohlenstoff-Umsatz schnell wieder zu einer Anreicherung von Treibhausgasen in der Atmosphäre führt, ist es ferner sinnvoll, Kohlenstoff in der Kulturvegetation zu binden; Aufforstung und die Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland sind zwei mögliche Optionen.

Die Nordostpassage als Zugang zu neuen Ressourcen?

Der Klimawandel könnte eine Verschiebung von Seewegen nach sich ziehen. Die kürzeste Schifffahrtsverbindung zwischen Nordatlantik und Nordpazifik bietet der Weg durch das Nordpolarmeer und seine Randmeere, doch verhindert winterlicher Eisgang die Nutzung. 1878/79 gelang es Adolf Erik Nordenskjöld erstmals mit seinem Schiff Vega, die Nordostpassage zu befahren, doch musste er den Winter im Eis nordwestlich der Beringstraße verbringen und bis zum Eisbruch im Frühjahr warten. Mit dem Klimawandel kann wärmeres Wasser aus dem Atlantik weiter nach Osten vordringen, sodass der Salzgehalt des Wassers zunimmt. Weiter östlich senken zwar die Zunahme der Niederschläge und des Zuflusses aus dem Binnenland den Salzgehalt, doch verkürzt sich die Zeit der Eisbedeckung. In der Laptev-See und Ostsibirischen See nördlich Ostsibiriens und des Fernen Ostens wird die relativ stärkere Erwärmung im zweiten Drittel des Jahrhunderts den Eisgang reduzieren.

Bereits in wenigen Jahrzehnten könnte die Nordostpassage ganzjährig schiffbar sein, wenn die geringere und kürzere Eisbedeckung mit Eisbrechern bewältigt werden kann. Allerdings gibt es Einschränkungen durch die Zunahme von Stürmen und heftigem See-

gang. Immerhin erscheint die Öffnung der Nordostpassage eine Option zu sein, wie auch die Nordwestpassage im Norden Kanadas zu den Schifffahrtsrouten der Zukunft gehören kann. Damit werden auch Ressourcen im Nordpolarmeer zugänglich, sodass der gesamte Nordpol-Raum an geopolitischem Gewicht gewinnt; 2008 versuchte die internationale Arktis-Konferenz widerstreitende Interessen abzuklären.

Folgen für die Infrastruktur im Hohen Norden

Folgen von Erderwärmung und Rückgang des Permafrosts zeigen sich auch in Bauwesen und Infrastruktur. Betroffen sind hier insbesondere die Pipelines und damit ein wichtiger Teil der Infrastruktur für den Export: Die heutigen Pipelines werden meist stark isoliert, um die Wärmeleitung zu reduzieren. Häufig wird dafür Torf verwendet, weil er die Wärme besonders schlecht leitet. Auf eine aufwendigere Konstruktion, bei der die Pipelines auf gekühlten Betonstelzen über dem Boden geführt werden, verzichtete man in Sibirien angesichts der hohen Kosten. Jetzt besteht die Gefahr, dass vor allem die vor 1990 gebauten Pipelines bei tieferem Auftauen einsinken und dann durch den Wechsel von Auftauen und Gefrieren der Umgebung unterschiedlichem Druck von oben und von den Seiten ausgesetzt werden, sodass sie im schlimmsten Falle bersten.

Eine weitere Folge könnten massive Umweltverschmutzung und Bodenkontaminierung sein, wenn Schäden an den Pipelines zunehmen. Die aufwendigere Bauweise auf Stelzen andererseits könnte die Kosten für die Erdöl- und Erdgaserschließung erhöhen und damit die Einfuhr für Abnehmerstaaten wie Deutschland verteuern.

Der Bau der Baikal-Amur-Magistrale war das umfangreichste Infrastrukturprojekt, das die Sowjetunion im Permafrostbereich ausführte. Etwa 60 bis 70 % der Trasse wurden über Permafrostboden angelegt. Mangelhafte Drainage (Entwässerung) führt jetzt schon häufig zu Verformungen des Gleisbettes; mit der globalen Erwärmung und dem tieferen Auftauen des Bodens wird die damit verbundene Gefährdung des Betriebs noch zunehmen. Ein Teil der Verkehrserschließung des Hohen Nordens beruht auf Eisstraßen. Im Winter werden über der gefrorenen und überschneiten Erdoberfläche Pisten angelegt, die mit Kraftfahrzeugen befahren werden können; mit Beginn der Tauperiode werden sie jedoch unbenutzbar. Der Zeitraum, in dem sie pro Jahr genutzt werden können, wird sich verringern, sodass die Kosten im Verhältnis zum Nutzen steigen, was wiederum alle Erschließungs- oder Versor-

gungsaufwendungen teurer werden lässt. Der Transport mit dem Flugzeug, als mögliche Alternative, ist ebenfalls deutlich kostspieliger.

Auch der Siedlungsbau muss sich auf die veränderten Permafrostbedingungen einstellen. Mit Workuta, Norilsk und Jakutsk existieren in Russland drei Städte mit mehr als 100 000 Einwohnern, die auf Permafrost errichtet wurden. Einfache Gebäude, die nicht auf gekühlten Betonpfählen standen, verzogen sich rasch, wenn sie beim Auftauen und Gefrieren des Bodens in die natürliche Bodenbewegung, die Kryoturbation, einbezogen wurden. Diese Gefährdung nimmt weiter zu. Der Permafrost bot für Städte und Flusshäfen einen einigermaßen festen Baugrund, wenn die Fundamente der Anlagen unter der Auftauschicht lagen. Mit der Erwärmung geht die Fähigkeit des Untergrunds, die Last großer Gebäude zu tragen, zurück. Wurden die Gebäude bisher mit einem Sicherheitsfaktor von 120 % bezogen auf 100 % Tragfähigkeit errichtet, so verringert sich diese Sicherheit in einem Ausmaß, das zu großen Gebäudeschäden oder gar Unbewohnbarkeit führen kann. Bereits 1992 wiesen 10 % der Gebäude in Norilsk, 22 % in der Hafenstadt Tiksi, 55 % in Magadan und gar 80 % in Workuta erhebliche Schäden auf, die teils auf Baumängel, teils auf die bisherigen Klimaveränderungen zurückzuführen waren.

Die Gefährdung von Infrastruktur und Gebäuden tritt nicht in allen Teilen Sibiriens und des Fernen Ostens in gleichem Umfang auf. Geht man von einem mittleren Szenario in Hinblick auf die Klimaveränderungen aus, sind die Küstenbereiche und ihre Hinterländer am Nordpolarmeer und ein breiter Südsaum des aktuellen Verbreitungsgebietes von Permafrost in besonders hohem Maß gefährdet, ebenso weite Bereiche am Amur und im fernöstlichen Sichote-Alin-Gebirge, während die übrigen Bergländer zwischen dem Baikalsee und dem Ochotskischen Meer eher geringere Beeinträchtigungen erleben werden. Im Küstenbereich gehö-

ren die Häfen, die für die Nordostpassage angelegt wurden, zu den besonders gefährdeten Siedlungen. Damit relativieren sich auch die Potenziale, die sich aus der längeren Eisfreiheit dieses Seewegs ergeben.

Eine neue Dimension von Umweltbedrohung?

Die ersten Darstellungen der Umweltbelastungen in der Sowjetunion erschienen erst gegen Ende der 1980er Jahre. Die Politik von Glasnost und Perestroika unter Michail Gorbatschow machte es möglich, offen über Mängel im Umweltmanagement zu diskutieren. Ende der 1980er Jahre etablierten sich in Russland erste Umweltorganisationen, die den globalen Umweltdiskurs aufgriffen und ins Land brachten. Spätestens während der Präsidentschaft Putins sorgten allerdings administrative Bestimmungen dafür, dass die Tätigkeit dieser NGOs wieder deutlich eingeschränkt wurde. Aber auch in der Öffentlichkeit spielen die Umweltbelange eine nachgeordnete Rolle. Es hat nicht den Anschein, als würde über die aktuellen Gefahrenpotenziale so offen diskutiert, wie es der Brisanz der Probleme entspräche.

Tatsächlich muss die Frage aufgeworfen werden, inwieweit die derzeitigen Klima- und Umweltveränderungen in Russland durch Lernprozesse in der Gesellschaft abgeschwächt werden können oder ob sich die daraus resultierenden Schäden über das heutige Ausmaß hinaus erhöhen. Denn die Folgen des globalen Klimawandels bringen neue Umweltbedrohungen mit sich, die unter anderem die aktuelle Basisinfrastruktur der russischen Exportwirtschaft, das Pipelinenetz, betreffen werden. Zwar konnten die technologischen Standards nach der Auflösung der Sowjetunion verbessert und an internationale Normen angepasst werden, doch besteht hohes Gefährdungspotenzial für dieses Netz. Es bleibt abzuwarten, wie die russische Gesellschaft und insbesondere ihre politischen und wirtschaftlichen Eliten darauf reagieren.

Über den Autor

Prof. Dr. Jörg Stadelbauer ist Direktor des Instituts für Kulturgeographie der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br. Der vorliegende Beitrag basiert auf seinem Kapitel im neuen Länderbericht Russland der Bundeszentrale für politische Bildung, der im Herbst erscheinen wird.