

## Forschungsschwerpunkte – Prof. Dr. Almut Arneth

---

Ich und mein Team beschäftigen uns – sehr allgemein gesprochen – mit den Interaktionen zwischen Landnutzungswandel, Klimawandel und Landökosystemen. Konkreter: wie wirkt sich Klimawandel auf das Wachstum in Wäldern aus, und was bedeutet dies für die zukünftige Aufnahme und Speicherung von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre (was ja wiederum den Klimawandel verlangsamt)? Wie können wir die Landoberfläche unseres Planeten so nutzen, dass „Platz“ ist für unterschiedlichste Erfordernisse: Arterhaltung, Nahrungsmittel, Wasser, Erholung? Welche Synergien und welche Konflikte ergeben sich aus der Tatsache, dass die Landoberfläche räumlich begrenzt ist? Wir verwenden und entwickeln hierzu Simulationsmodelle, die räumlich aufgelöst sind und somit für einzelne Regionen, aber auch global verschiedene Prozesse in Ökosystemen berechnen – wie zum Beispiel die Photosynthese und deren Interaktionen mit dem Wasserhaushalt und dem Stickstoffkreislauf. Gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) koppeln wir diese Modelle auch an sozioökonomische Modelle der Landnutzung, um besser abbilden zu können, wie sich Bevölkerungswachstum und Pro-Kopf-Verbrauch oder Maßnahmen zur Klimawandelminderung auswirken und welche Rückkopplungen zwischen natürlichen und sozioökonomischen Systemen möglich sein könnten. Und schließlich beschäftigen wir uns seit einiger Zeit auch damit, bessere Modelle zu entwickeln, die es auch ermöglichen, Ökosystemprozesse und -funktionen mit Artenvielfalt zu verknüpfen.

Lassen Sie mich einige Beispiele herausgreifen: Derzeit stammen um die 25 Prozent aller menschlichen Treibhausgasemissionen aus der Land- und Forstwirtschaft, und von diesen 25 Prozent kommen etwa die Hälfte auf CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Entwaldung; der Rest Methan- und Lachgasemissionen durch Dünger, Reisanbau oder Wiederkäuer. Der Weltklimarat hat diese Zahlen in seinem 2019er Sonderbericht zum Land im Klimasystem, an dem ich als Leitautorin mitbeteiligt war, zusammengetragen. Terrestrische Ökosysteme nehmen ihrerseits jedes Jahr fast 30 Prozent des emittierten CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre wieder auf. Das heißt, Landökosysteme (und deren Nutzung durch den Menschen) tragen sowohl zum Klimawandel als auch zu seiner Verlangsamung bei. In Klimamodellen werden die zugrunde liegenden Prozesse aber derzeit nur unvollständig erfasst. Typischerweise werden zum Beispiel in diese Modelle die Entwaldung und damit zusammenhängende CO<sub>2</sub>-Emissionen einbezogen, nicht jedoch Emissionen, die sich durch unterschiedliche Intensität der Nutzung ergeben – sei es durch das Pflügen von Ackerland oder unterschiedliche Arten der Forstwirtschaft. Wir konnten

in verschiedenen Simulationen zeigen, dass dies zu Unterschätzungen der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Landnutzung führt – ein wichtiges Argument dafür, dass das Landmanagement besser in Klimaprojektionen berücksichtigt werden sollte.

In eine andere, aber ähnliche Kerbe schlagen Arbeiten, in denen wir untersuchen, inwieweit Pflanzen dazu beitragen können, CO<sub>2</sub> der Atmosphäre zu entziehen, beispielsweise durch großflächige Aufforstung oder den Anbau von Bioenergiepflanzen. In vielen Klimawandelmin-derungsszenarien wird stark auf derlei Lösungen gesetzt, vor allem in Szenarien, die versu-chen zu berechnen, wie wir die Ziele des Pariser Klimaabkommens erreichen können. Die dafür angesetzten notwendigen Flächen in den Modellen (Größenordnung 1 bis 7 Mio. km<sup>2</sup>; die Fläche von Deutschland ist 0,36 Mio. km<sup>2</sup> groß) sind immens. Leider werden diese Szena-rien immer noch in der Klimacommunity simuliert, obwohl es zahlreiche Publikationen gibt – von meiner AG wie auch von vielen Kolleginnen und Kollegen weltweit –, die nachweisen, dass dieser Flächenverbrauch unter verschiedensten Gesichtspunkten weder umwelt- noch sozialverträglich ist und vermutlich auch nicht die gesteckten Klimaziele erreicht. So können wir mit unseren Berechnungen, die viele biologische und physiologische Prozesse berücksich-tigen, beispielsweise nicht die CO<sub>2</sub>-Aufnahme nachvollziehen, die in den Modellen errechnet wird, die diesen Aufforstungs- oder Bioenergieszenarien zugrunde liegen. Diese Diskrepanz muss noch weiter untersucht werden, rät aber wie viele, viele andere Studien zu größter Vor-sicht, sich auf „das Land“ zu verlassen, um den Klimawandel in Griff zu bekommen.

Die Herausforderungen der Übernutzung von Landökosystemen durch den Menschen gehen aber über den Klimawandel weit hinaus. Bereits heute sind mehr als 70 Prozent der eisfreien Landfläche durch den Menschen in irgendeiner Art und Weise genutzt, 50 Prozent sogar sehr intensiv als Ackerland, Weiden oder Forst. Wie können wir damit umgehen angesichts einer wachsenden Weltbevölkerung, des immer noch existierenden Hungers, des wachsenden Be-darfs an nachwachsenden Rohstoffen in der Bioökonomie (s.o.) und des immensen Verlusts an Artenvielfalt und intakten Ökosystemen? Wir sind diesen Fragen in einer Arbeit nachge-gangen, in der wir den Naturschutz stark in den Vordergrund gestellt und Zukunftsszenarien mit Modellen untersucht haben, die Prozesse in natürlichen Systemen wie auch sozioökono-mische Prozesse berücksichtigen. Insbesondere haben wir untersucht, welche Auswirkungen es haben könnte, wenn man 30 Prozent der eisfreien Landoberfläche unter Schutz stellt. Hier-bei handelt es sich um eines der derzeit diskutierten neuen Ziele der UN-Konvention zum Schutz der Biodiversität – ein Ziel, das auch in der wissenschaftlichen Community viel Rück-halt bekommt, wenn es richtig umgesetzt wird. In unseren Simulationen zeigen wir, dass solch eine drastische Erhöhung des Flächenschutzes zum Anstieg der Nahrungsmittelpreise führen

kann, mit Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit. Diese könnten potenziell sehr unterschiedlich sein – auch positiv, da teurere Nahrungsmittel auch dazu führen, dass Überkonsum eingeschränkt wird und dadurch Übergewicht und Fettleibigkeit. Allerdings führen teurere Lebensmittel auch dazu, dass Unter- und Mangelernährung zunehmen. Unterm Strich schätzen wir in diesen Simulationen, dass es zu ca. 200 000 mehr Todesfällen kommen könnte als in einem Vergleichsszenario ohne 30 Prozent Flächenschutz.

Das klingt zunächst sehr nach einem „Doomsday“-Szenario, nach dem sich Biodiversitäts- und Menschenschutz nahezu ausschließen. Aber das ist nicht unbedingt der Fall. Zum einen haben wir in dieser und einigen vorherigen Arbeiten angenommen, dass auf den geschützten Flächen menschliche Nutzung völlig unterbunden wird, was eine recht extreme Annahme ist. Zum anderen kristallisiert sich aber immer stärker heraus, dass wir zu nachhaltiger Nutzung unserer Landressourcen nur dann kommen, wenn wir versuchen, zum Beispiel sowohl Treibhausgasemissionen in der Produktion zu reduzieren als auch das menschliche Konsumverhalten anzupacken. In einer Arbeit haben wir verglichen, wie viel landwirtschaftliche Fläche wir benötigen, wenn die ganze Menschheit das gleiche Essverhalten wie das einer „durchschnittlichen“ Person aus Indien hätte oder einer „durchschnittlichen“ Person aus den USA. Dies bezog sich natürlich nicht auf die Nationalität, sondern darauf, dass in Indien in vielen Landesteilen eine fast vegetarische Diät vorherrscht mit vergleichsweise wenig Konsum von tierischen Produkten, vor allem von Rindfleisch. In den USA wiederum ist der Pro-Kopf-Verzehr von Fleisch und tierischen Produkten im weltweiten Durchschnitt sehr hoch. Im Falle einer „USA-Diät für alle“ würden wir knapp 100 Prozent der gesamten Landoberfläche benötigen, um das hierfür notwendige Tierfutter zu produzieren. Im Falle einer „Indien-Diät“ würde etwa die Hälfte der derzeit weltweit als Acker- oder Weideland genutzten Fläche ausreichen. Natürlich sind diese Szenarien nicht realistisch, aber sie zeigen das enorme Potenzial, wenn wir – vor allem in den reichen Ländern – den Fleischkonsum reduzieren. Der Flächenbedarf für Naturschutz wäre dann wesentlich einfacher zu realisieren.

Ein recht neuer Aspekt in meiner Forschung, an dem ich in den kommenden Jahren verstärkt arbeiten möchte, ist es, Ansätze zu verbinden, mit denen wir wesentlich konkreter als bisher Ökosystemfunktion und Biodiversität verknüpfen können. Dass die Artenvielfalt wichtig ist für ein funktionierendes Ökosystem, steht außer Frage. Somit sind arten- und nischenreiche Ökosysteme auch resilienter unter Stress wie zum Beispiel dem Klimawandel und Wetterextremen. Aber tatsächlich zu berechnen, wie sich zum Beispiel ein Wald mit einem funktionierenden Nahrungsnetz und intakten trophischen Ketten in seiner Kohlenstoffspeicherung unterscheidet von einem Wald, in dem durch menschlichen Einfluss wichtige Glieder des Nahrungsnetzes

entfernt wurden – denken Sie zum Beispiel an die Abwesenheit der großen Karnivoren oder großen Herbivoren: das ist derzeit nicht möglich. Wir wissen daher nicht, ob die Renaturierung von Wäldern, und die damit auch geförderte ökologische Vielfalt, den Kohlenstoffspeicher in einem Wald weiter erhöht oder verringert. Diese Frage soll die immensen positiven Aspekte von Renaturierung nicht negieren, ist aber im Spannungsfeld von Klimawandel, Biodiversitätsverlust und deren Interaktionen trotzdem spannend.

Generell ist es die interdisziplinäre Zusammenarbeit, die meine Forschung durchzieht, und ich war beziehungsweise bin in der glücklichen Lage, in meinem Team und mit vielen Kolleginnen und Kollegen weltweit an großen gesellschaftlichen Herausforderungen zu forschen und hier unterschiedliche Expertisen gemeinsam zu kombinieren. Wir versuchen, ökologische, ökonomische und soziale Dimensionen besser zu berücksichtigen. Es gibt hinreichend Belege dafür, dass der Einfluss des Landnutzungswandels auf die Klimawandelminderung oder -anpassung neben ökonomischen Erwägungen auch abhängig ist von Faktoren wie dem biologischen Potenzial von Land einerseits und der Bildung, Gleichberechtigung, Wertschätzung der Natur und/oder politischen Rechten andererseits. Quantitative Methoden, die es erlauben, dieses viel umfassendere Spektrum menschlicher Entscheidungsfindung in die globale Umwelt- und Klimawandelmodellierung einzubeziehen, gibt es aber noch nicht wirklich. Auch unsere Arbeiten hierzu müssen noch einen weiten Weg zurücklegen.