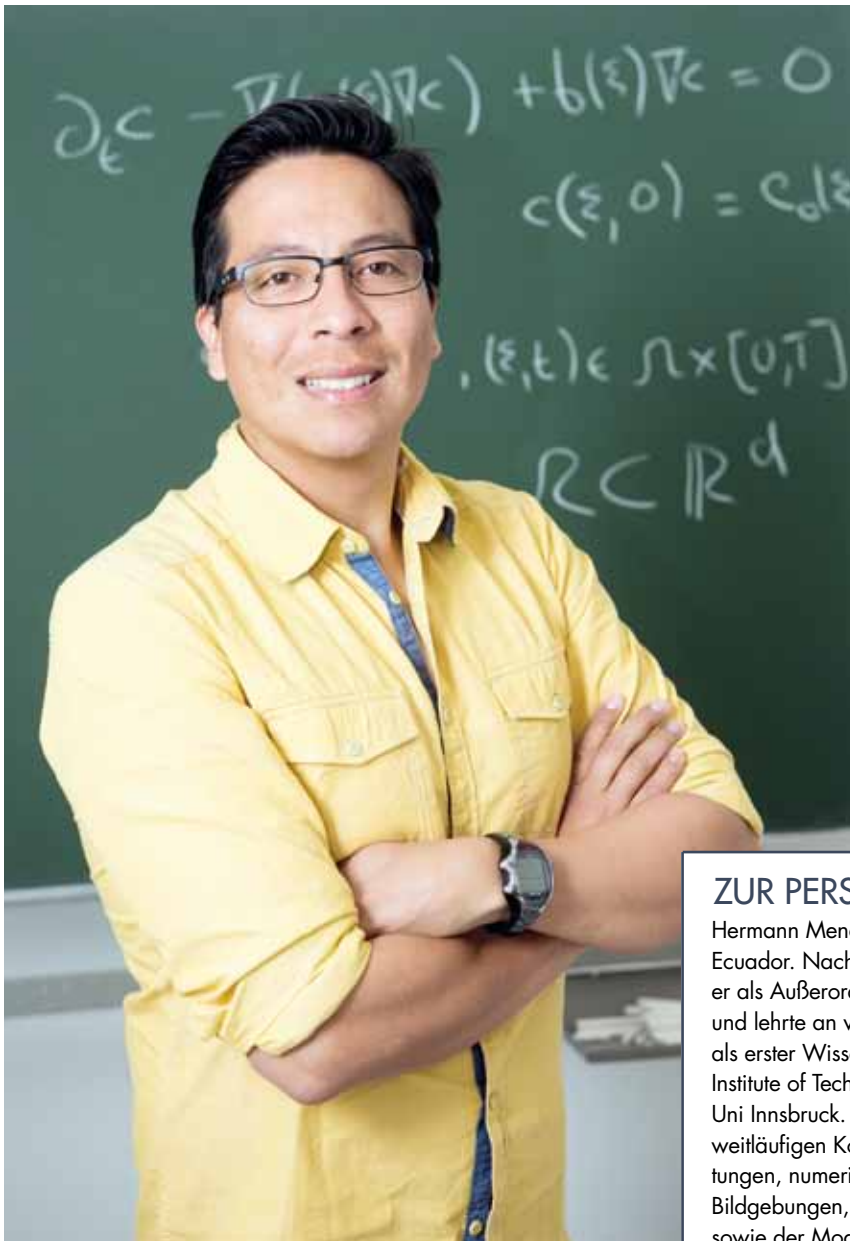


DROGEN, HERBIZIDE UND MATHEMATIK

Ein Unkrautvernichtungsmittel verursacht in Südamerika einen Streit zwischen Ecuador und Kolumbien. Der Innsbrucker Forscher Hermann Mena schreitet mathematisch ein.



Ein Auftrag der etwas anderen Art erhielten der Innsbrucker Wissenschaftler Hermann Mena, PhD und Prof. Peter Benner vom Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme in Magdeburg. Hingegen ihrem mathematischen Alltag standen Drogenanbau, Herbizide und Grenzverletzungen in Südamerika auf ihrem Forschungsplan.

Um illegale Kokapflanzen zu zerstören, versprühten Flugzeuge in Kolumbien bis 2006 Glyphosat, ein weltweit häufig verwendetes Mittel zur Unkrautvernichtung, weswegen es wiederholt zu Spannungen zwischen Ecuador und Kolumbien kam. Die Angst, dass sich das Herbizid auch über Kolumbiens Grenzen hinweg ausbreiten und Schaden verursachen könnte, wurde von der Politik sowie den Einwohnerinnen und Einwohnern von Ecuador geteilt. „Glyphosat ist ein besonders starkes Herbizid, das nicht nur die Kokapflanzen, sondern alles vernichtet, was es berührt“, erklärt Mena. Aufgrund gesundheitlicher Beschwerden der an der Grenze lebenden Einwohner unterzeichneten Kolumbien und Ecuador ein Abkommen, das die Verbreitung von Glyphosat auf zehn Kilometer zur Landesgrenze untersagt. Augenzeugenberichten zufolge soll der Vertrag so nicht

ZUR PERSON

Hermann Mena promovierte im Jahr 2007 als erster Mathematiker in Ecuador. Nach einer Postdoc-Stelle an der Universität Chemnitz kehrte er als Außerordentlicher Professor in seine Heimat zurück. Mena lernte und lehrte an vielen internationalen Universitäten, so wurde er etwa als erster Wissenschaftler aus Ecuador eingeladen, am Massachusetts Institute of Technology zu unterrichten. Seit 2013 arbeitet Mena an der Uni Innsbruck. Seine Forschungsinteressen gelten der Optimierung von weitläufigen Kontrollproblemen, wie der Berechnungen von Überflutungen, numerischen Analysen und Simulationen, Visualisierungen und Bildgebungen, Matrix-Gleichungen, parallelen und verteilten Systeme sowie der Modellierung von Unsicherheit und Vagheit in der Ökonomie.

GLYPHOSAT

Glyphosat gehört zu der Gruppe der Phosphonate und ist eine der biologischen Hauptkomponenten einiger Breitbandherbizide. Unter dem Namen „Roundup“ kam es 1974 auf den Markt und ist das weltweit meistverkaufte Unkrautvernichtungsmittel. Glyphosat blockiert ein für die Proteinsynthese in Pflanzen zuständiges Enzym und dringt in alle Bestandteile der Pflanze ein. Im Vergleich zu anderen Herbiziden wird Glyphosat nach kürzester Zeit im Boden absorbiert und kann daher schon nach wenigen Wochen nicht mehr nachgewiesen werden.

eingehalten worden sein, weiß der Mathematiker: „Die Einwohnerinnen und Einwohner gaben immer häufiger an, die Flugzeuge selbst gesehen zu haben. Sie konnten beobachten, dass diese viel zu nahe an der Grenze geflogen sind.“

MATHEMATIK IN DEN ZEUGENSTAND


Um die Übergriffe zu stoppen, reichte Ecuador 2007 eine Klage beim Internationalen Gerichtshof in Den Haag ein. Da es sich bei Glyphosat um einen Stoff handelt, der binnen weniger Wochen im Boden absorbiert wird und so nicht mehr nachweisbar ist, konnten die Vorwürfe nur schwer bestätigt werden. Alternative Herangehensweisen waren daher besonders erwünscht.

Um die Grenzverletzungen von Kolumbien zu beweisen, bewilligte Ecuador vier Forschungsprojekte, die sich auf unterschiedliche Weise mit dem Herbizid Glyphosat und dessen möglicher Ausbreitung und Folgen auseinandersetzten. Untersucht wurden die Auswirkungen des Herbizids auf Menschen, Amphibien, Boden und Pflanzen. Hermann Mena reichte ein Projekt ein, dessen Ziel es war, die Ausbreitung von Glyphosat entlang der Grenze mit Hilfe eines speziell entwickelten Computers und mathematischen Berechnungen numerisch zu simulieren. „Eine numerische Simulation war hier der einzige Weg, um eine internationale Auseinandersetzung zwischen beiden Ländern zu verhindern“, so Mena.

Mit den Berechnungen sollte dargestellt werden, wie und ob Glyphosat theoretisch auch nach Ecuador gelangen kann, wobei vor allem zwei physikalische Größen berücksichtigt wurden: die Diffusion, eine zufällige Bewegung, und die Konvektion, der Transport durch Luftströmungen. Für Mathematiker ist diese Art der Modellberechnung keine Besonderheit, denn dafür werden bereits sogenannte Konvektions-Diffusions-Modelle genutzt. Die numerischen Gleichungen solcher Mo-

delle beschreiben, wie Teilchen durch zufällige Bewegungen oder durch großräumige Strömungen durcheinanderwirbeln und sich so ausbreiten. Aufbauend auf den internationalen Richtlinien zur Ausbringung von Unkrautvernichtungsmitteln per Flugzeug, wurden in der Literatur bereits genaue Anleitungen für diese Art der mathematischen Darstellungen veröffentlicht. Mena erläutert, dass diese Angaben für seine Arbeit nur bedingt hilfreich waren: „Auch wenn die mathematische Berechnung der Verbreitung der Tröpfchen Standard ist, so wurde noch nie eine Simulation unter solch schwierigen Bedingungen, wie wir sie an der Grenze vorgefunden haben, angefertigt.“ Notwendige Angaben wie Höhe und Geschwindigkeit des Flugzeuges sowie die Konstruktion der Düsen, durch die das Mittel gespritzt wird, wurden den Wissenschaftlern falsch übermittelt oder gänzlich verwehrt, weshalb sie sich auf Abschätzungen und Literaturwerte verlassen mussten. Um die enorme Datenmenge, die aus den untersuchten Gebieten resultierte, zu komprimieren, wurden hocheffiziente numerische Methoden angewendet. Trotz der schwierigen Rahmenbedingungen konnten die Forscher mit ihren mathematischen Simulationen in ausgewählten Grenzregionen zeigen, wie sich die Streuweite von Glyphosat entwickelt und dass diese weiter reicht, als von Kolumbien angegeben wurde.

WISSENSCHAFTLICHE ENTWICKLUNGSHILFE

Trotz der vagen Aussagen war das Projekt in vielerlei Hinsicht erfolgreich. „In der Geschichte von Ecuador war es das erste Mal, dass ein Grundlagenforschungsprojekt finanziert wurde“, freut sich Mena. Mit einem Teil der finanziellen Mittel konnte der Mathematiker das erste leistungsfähige Rechenzentrum für Simulationen an der Universität von Quito aufbauen. Hermann Mena freut sich: „Dies allein ist schon ein großer Erfolg für das Land!“ Aufgrund der starken politischen Involvement war das Projekt für die Wissenschaftler eine Gratwanderung. Der Mathematiker ist stolz: „Es ist schön zu sehen, dass mathematische Werkzeuge helfen, eine soziale und politische Krise zu überwinden.“ Dass Ecuador die Klage am Internationalen Gerichtshof im Jahr 2013 zurückzog, war für Mena sehr erfreulich, denn erst jetzt dürfen die Ergebnisse der Simulation, wie sie bereits in einem Buch zusammengefasst wurden, publiziert werden. Für den Mathematiker war die Arbeit aber auch auf einer nichtwissenschaftlichen Ebene erfolgreich: „Die Aufmerksamkeit für das Problem an der Grenze wurde verstärkt, und damit werden alle Beteiligten vorsichtiger.“ dp 

GRENZEINSATZ



- 1: Schematische Darstellung der Wirbelschleppe hinter dem Flugzeug. Durch den Auftrieb entstehen an den Tragflächen Luftwirbel, die die Ausbreitung von Glyphosat beeinflussen.
- 2: Grenzgebiet zwischen Kolumbien und Ecuador. Ein Abkommen sollte die Verbreitung von Glyphosat nahe der Grenze verbieten.
- 3: Auf der Karte sind die Anbaugelände von Kopfpflanzen (blau) und von Schlafmohn (rot) eingezeichnet. Die Grenze zu Ecuador verläuft im Südwesten des Landes, wo sich der Anbau konzentriert.

