

Editorial

Mathematik als Sprache der Geowissenschaften



Der deutsche Mathematiker David Hilbert formulierte zu Beginn des 20. Jahrhunderts: „Die Mathematik ist das Instrument, welches die Vermittlung bewirkt zwischen Theorie und Praxis, zwischen Denken und Beobachten: sie baut die verbindende Brücke und gestaltet sie immer tragfähiger. Daher kommt es, dass unsere ganze gegenwärtige Kultur, soweit sie auf der geistigen Durchdringung und Dienstbarmachung der Natur beruht, ihre Grundlage in der Mathematik findet.“ Dabei ist die Mathematik nicht nur Instrument, sondern selbst Wissenschaft. Genau besehen handelt es sich um einen rückgekoppelten Mechanismus: die gelungene Beschreibung des

Naturprozesses als Resultat der Forschung ist zugleich die Basis für einen neuen Ansatz zur weiteren Erkenntnis. Das breite mathematische Instrumentarium der Geowissenschaften bildet da keine Ausnahme.

Dabei stößt man auf das Problem, dass die Geowissenschaften es im Regelfall mit gekoppelten, meist nichtlinearen Gleichungssystemen zu tun haben, bei denen eine analytische Lösung nicht oder nicht eindeutig möglich ist. Einen Lösungsansatz bietet das moderne Hilfsmittel der numerischen Mathematik durch Diskretisierung der Gleichungsgrößen: moderne Differenzen- oder Finite-Elemente-Verfahren erlauben computergestützt die Lösung solcher komplexen Gleichungssysteme.

Zugleich zeigen sich aber auch die Grenzen einer rein deterministischen Betrachtungsweise. Die Gleichungssysteme der Naturwissenschaften setzen üblicherweise voraus, dass sich im Experiment unter exakt gleichen Anfangs- und Randbedingungen stets das gleiche Ergebnis einstellt. So hilfreich dieses Vorgehen unter präzise definierten Laborbedingungen für den Erkenntnisgewinn ist, so wenig entspricht es der Realität um uns herum: die Natur ist nicht statisch und deterministisch, ihr ist ein hohes Maß an Zufall inhärent. Die Darstellung dieser Zufallsprozesse mit Hilfe der Stochastik ist ebenfalls ein blühender Zweig der Naturwissenschaften, so sind auch in unserem Fach probabilistische Verfahren, beispielsweise in der Gefährdungseinschätzung von Geohazards, üblich.

Es ist wohl kein Zufall, dass es ein Geowissenschaftler war, welcher der Physik Anfang der 1960er Jahre einen neuen Ansatz gab, der zunächst rein mathematisch begründet war: der Umschlag einer laminaren Strömung in ein nicht vorhersagbares, turbulentes Verhalten brachte den Meteorologen Edward Lorenz auf die Idee, dieses scheinbar chaotische Verhalten in ein passendes mathematisches Formelwerk zu kleiden, die Chaostheorie. Dass sie auf einem Feld der Geowissenschaften entstand, liegt nahe: die komplexen Abläufe im System Erde sind ja durchweg dynamisch, nichtlinear und rückgekoppelt.

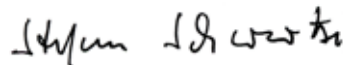
Zu diesen modernen Ansätzen kommt die Möglichkeit, auch riesige Datenmengen zu erfassen und zu verarbeiten, was wiederum ein neues Instrumentarium der mathematisch gestützten Datenorganisation und Darstellung hervorbrachte. Die numerische Modellierung und die Geoinformatik sind nicht mehr nur Werkzeuge der „klassischen“ Geo-Disziplinen, sondern haben sich zu eigenen Methodiken entwickelt, welche in die genannten Disziplinen zurückwirken. In der Natur sind evolutionäre Vorgänge der Normalfall, also lernende Systeme, nicht nur in der Biosphäre unseres Planeten. Die Modellierung solcher Vorgänge hat unter dem Stichwort „neuronale Netze“ in den letzten Jahren beträchtliche Fortschritte gemacht, ihre Anwendung ist auch in den Geowissenschaften ein vielversprechender Ansatz.

Die in dieser Ausgabe von „System Erde. GFZ-Journal“ ausgewählten Arbeiten von GFZ-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftlern zum Schwerpunkt Mathematik in den Geowissenschaften geben einen Einblick in die Vielfalt der angewandten Verfahren.

Ist das Buch der Natur in der Sprache der Mathematik geschrieben, wie Galileo es 1623 in seiner Schrift „Il Saggiatore“ formulierte? Sie ist sprachliches Werkzeug zur Erkenntnis der Natur und zugleich eigene Wissenschaft. Und wie jede Sprache unterliegt sie dem Wandel, weil sie ständig gezwungen wird, neue Erkenntnisse adäquat zu beschreiben.



Prof. Dr. Dr. h.c. Reinhard F. Hüttl
Wissenschaftlicher Vorstand



Dr. Stefan Schwartze
Administrativer Vorstand