



Bitte beachten Sie das EMBARGO: 22. Januar 2018, 21:00 MEZ

Neue Formeln zur Erforschung der Altersstruktur nichtlinearer dynamischer Systeme

Mathematische Modelle, mit denen die Bewegungen von Partikeln innerhalb natürlicher Systeme untersucht werden können, sind in der Medizin, der Biologie und den Geowissenschaften weit verbreitet. Diese Kompartiment-Modelle werden genutzt, um etwa die globalen Kohlenstoff- und Wasserkreisläufe zu untersuchen oder die Ausbreitung von Schadstoffen oder Spurenelementen in Gewässern, Böden oder Organismen vorherzusagen. Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Biogeochemie in Jena haben die mathematische Modellierung von Kompartiment-Systemen einen großen Schritt voran gebracht: Sie entwickelten Formeln und Algorithmen, mit denen sich die Altersentwicklung von Partikeln beschreiben lässt, wenn die Systeme aus dem Gleichgewicht geraten sind. Ihre Ergebnisse, die aktuell in der Fachzeitschrift *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* veröffentlicht wurden, erweitern die bisherige Theorie, die nur für Systeme im Gleichgewichtszustand galt. Die neuen Formeln und Algorithmen werden zukünftig wesentlich schnellere Berechnungen ermöglichen und darüber hinaus auch die Erforschung und das Verständnis nichtlinearer dynamischer Systeme verbessern, die vielen physikalischen und biologischen Prozessen zugrunde liegen.

Wenn Materie in ein natürliches System gelangt, findet ein ständiger Austausch der darin vorhandenen Teilchen oder Atome statt. Ein Baum, der mittels Photosynthese Kohlenstoff aus der Atmosphäre aufnimmt, bindet diesen in seinen Blättern, Stängeln und Wurzeln, aber gleichzeitig wird durch die Atmung des Baums Kohlenstoff wieder aus diesen Kompartimenten entfernt. Die Wissenschaftler interessieren dabei, wie viel Zeit die Kohlenstoffatome in jedem dieser Kompartimente verbringen. „Mit unserer allgemeinen Herangehensweise wollen wir erfahren, wie lange die Atome oder Teilchen in den Kompartimenten bleiben und wie viel Zeit sie benötigen, um durch ein System zu reisen“, sagt Holger Metzler, Erstautor der Studie und Doktorand am Max-Planck-Institut für Biogeochemie (MPI-BGC). „In vielen Fällen wissen wir, basierend auf hochempfindlichen Messungen, dass es eine Mischung von Altersgruppen in Kompartiment-Systemen gibt. Aber bis jetzt hatten wir keine Formeln, um den Anteil der Atome in verschiedenen Altersgruppen zu berechnen und wie sich diese Altersstruktur im Laufe der Zeit mit der Entwicklung des Systems ändert“, erklärt Carlos Sierra, Leiter der Gruppe Theoretische Ökosystemökologie.

Die neue mathematische Theorie, die die Wissenschaftler des MPI-BGC in Jena entwickelten, konzentriert sich auf die Beschreibung der Altersstruktur der Partikel in einem Kompartiment-System. Mit dem neuen Formelsatz können die Forscher die komplette Altersstruktur jedes einzelnen Kom-

Postfach 10 01 64
07701 Jena
Hans-Knöll-Straße 10
07745 Jena
Tel.: +49 (0)3641 57-60
Fax: +49 (0)3641 57-70
www.bgc-jena.mpg.de

Direktorium

Prof. Susan Trumbore, PhD (GfD)
Tel.: +49 (0)3641 57-6110
susan.trumbore@bgc-jena.mpg.de

Prof. Dr. Markus Reichstein
Tel.: +49 (0)3641 57-6273
mreichstein@bgc-jena.mpg.de

Forschungskoordination & Presse

Dr. Eberhard Fritz
Tel.: +49 (0)3641 57-6800
efritz@bgc-jena.mpg.de

Presse- & Öffentlichkeitsarbeit

Susanne Héjja
Tel.: +49 (0)3641 57 6801
shejja@bgc-jena.mpg.de

partiments sowie des gesamten Systems berechnen und beobachten, wie sich das System im Laufe der Zeit entwickelt. Die Wissenschaftler entwickelten dazu auch ein Computerprogramm, welches in der Lage ist, diese komplexen Berechnungen durchzuführen.

„Diese neuen Formeln und Algorithmen sind äußerst vielseitig und können für eine Reihe unterschiedlicher wissenschaftlicher Fragestellungen eingesetzt werden. Wir haben sie in einer Open-Source-Software umgesetzt, die anderen Wissenschaftlern frei zugänglich ist, die dann hoffentlich unsere Erkenntnisse bestätigen und in anderen wissenschaftlichen Studien nutzen“, verdeutlicht Markus Müller, der an der Entwicklung der Software beteiligt war. Anhand der Formeln lässt sich beispielsweise berechnen, wie lange es dauern würde, das gesamte Kohlendioxid aus der Atmosphäre zu entfernen, das der Mensch bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe freisetzt. Darüber hinaus können sie angewendet werden, um festzustellen, wie lange es dauert, bis eine Substanz von einem Organismus, der sich aktiv bewegt, aufgenommen wird, wie beispielsweise von einem Sportler. Man kann damit auch ermitteln, wie lange es währt, bis ein Schadstoff in einem See, der unter Dürreperioden leidet, auf natürliche Weise abgebaut wird. Viele verschiedene Fragestellungen, ob mit wissenschaftlichem oder gesellschaftlichem Interesse, können nun mit der neuen mathematischen Theorie angegangen werden.

Originalveröffentlichung

Metzler H., Müller M., Sierra C. (2018) Transit-time and age distributions for nonlinear time-dependent compartmental systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* doi:10.1073/pnas.1705296115

Weitere Informationen:

Metzler, H., & Sierra, C. A. (2018). Linear Autonomous Compartmental Models as Continuous-Time Markov Chains: Transit-Time and Age Distributions. *Mathematical Geosciences*, 50(1), 1–34. doi:10.1007/s11004-017-9690-1

Kontakt:

Holger Metzler, hmetzler@bgc-jena.mpg.de, 03641 57 6144

Carlos Sierra, csierra@bgc-jena.mpg.de, 03641 57 6133



Steinkohlekraftwerk Staudinger in Hessen, exemplarisch für die Verbrennung fossiler Brennstoffe und den damit verbundenen Kohlendioxidemissionen in die Atmosphäre. (© Dr. Klaus-Uwe Gerhardt /pixelio.de)