

Mathematik und – Biologie!

Forschungsprojekte, Fokus Mathematik

Bernadette Ralser (Redaktion) am 7. Mai 2008

In der dritten Ausschreibung im Rahmen des Programms "Mathematik und ..." des WWTF wurden acht der insgesamt zehn Förderungen hochqualifizierten JungwissenschaftlerInnen – sogenannten "High Potentials" – verliehen, die in ihren Forschungsprojekten Mathematik mit einer angewandten Wissenschaft verbinden. Einer der StipendiatInnen ist der Biologe und Mathematiker Claus Rüffler von der Fakultät für Mathematik: Er beschäftigt sich mit der mathematischen Modellierung evolutionärer Prozesse.

Dass sich die Umwelt nicht an den Kalender hält, stellt Pflanzen und Tiere vor eine Herausforderung: Was zu früh blüht oder schlüpft, wird den Sommer vielleicht nicht mehr erleben. Deshalb haben viele Lebewesen im Laufe der Evolution Mittel und Wege gefunden, mit der "Unvorhersehbarkeit" der Natur umzugehen.

"Wenn die äußeren Bedingungen zeitlich und räumlich variieren, etwa durch Jahreszeiten, Trockenperioden, Nahrungskonkurrenz etc., müssen Lebewesen 'erfinderisch' sein, um ihre Gene an die nächste Generation weitergeben zu können", sagt Dr. Claus Rüffler von der Fakultät für Mathematik: "Wenn eine Mutation zu besseren Anpassungsstrategien führt und ihre Vorgänger verdrängt, ist das ein evolutionärer Schritt." Welche Umweltbedingungen welche evolutionären Reaktionen auslösen, will der deutsche Biomathematiker in einem neuen Projekt im Rahmen des WWTF-Schwerpunkts "Mathematik und ..." mit Hilfe mathematischer Modelle nachzeichnen.



Der Biomathematiker Claus Rüffler versucht, evolutionäre Prozesse in mathematischen Modellen nachzustellen.

[Fakultät für Mathematik](#)

[Homepage von Claus Rüffler](#)

"Mathematik und ...", WWTF
Projektcall 2007

Ist diese Nische noch frei?

Denn Organismen gehen unterschiedlich mit den räumlichen und zeitlichen Variationen in der Umwelt um. Artenbildung ist nicht die einzige "evolutionäre Antwort" auf die räumliche Variation in einem bestimmten Lebensraum: "In der Karibik kommen z.B. bestimmte Kolibri-Arten vor, deren Männchen einen kürzeren Schnabel haben als die Weibchen. Die Geschlechter trinken ihren Nektar also aus Blumen mit unterschiedlich langen Blütenkelchen. Dadurch wird eine Nahrungskonkurrenz verhindert", sagt Ruffler: "Dies veranschaulicht, dass räumliche Variation - also das Vorkommen verschiedener Blumenarten - zur erhöhten phänotypischen Variation innerhalb einer Kolibri-Art beitragen kann."

Wenn das Wetter nicht mitspielt

Ein überdurchschnittlich langer Winter oder ein plötzlicher Kälteeinbruch nach Frühlingsbeginn sind Beispiele für zeitliche Umweltvariationen. Um für den Fall der Fälle gewappnet zu sein, produzieren manche Genotypen (Erbbilder) eines Organismus nach Zufallsprinzip verschiedene Phänotypen (Erscheinungsbilder). Durch diese "Randomisierung" wird die Chance erhöht, dass zumindest ein Teil der Nachkommen optimal angepasst ist: "So gibt es viele Pflanzenarten, deren Samen nicht alle gleichzeitig, sondern zeitlich versetzt keimen, oder Insekten, bei denen Phänotyp A schlüpft und Phänotyp B zur Sicherheit erst einmal in ein Überdauerungsstadium tritt", erklärt der Nachwuchswissenschaftler: "So wird das Risiko verteilt. Denn wenn sich alle gleichzeitig entwickeln und es noch einmal schneit, stirbt möglicherweise der gesamte Nachwuchs."

Vorsicht ist besser als Nachsicht

Eine andere Möglichkeit, auf zeitliche Variationen in der Umwelt zu reagieren, ist die "Phänotypische Plastizität": Manche Lebewesen nehmen während

ihrer Entwicklung zum erwachsenen Organismus bestimmte Umweltstimuli auf, die ihnen etwas über die Umwelt verraten, etwa ob es kalt oder warm, feucht oder trocken ist, ob der Boden ausreichend Nährstoffe enthält oder ob sich feindliche Organismen in der Umgebung aufhalten. Abhängig von diesen Informationen wird aus einer im Laufe der Evolution entstanden Palette an Phänotypen der an die jeweiligen Umweltbedingungen am besten angepasste ausgewählt: "Wasserflöhe z.B. bilden eine Art 'Schutzhelm' aus, wenn Mückenlarven - ihre Fressfeinde - in der Umgebung sind. Ein bekannteres Beispiel sind Pflanzen: Ein Löwenzahn wird, abhängig von der Bodenbeschaffenheit, groß oder klein", sagt Rüffler.

Evolution nachrechnen

Mit Hilfe der angewandten Mathematik versucht der junge Biomathematiker nun die Frage zu beantworten, wovon es abhängt, dass die gleiche Umweltbedingung einmal zu Artenvielfalt oder Randomisierung, ein anderes Mal zu phänotypischer Plastizität führt. "Es ist auch durchaus vorstellbar, dass alle diese Phänomene kombiniert werden und ein Organismus nicht nur von einem Umweltstimulus Gebrauch macht, sondern zusätzlich nach Zufallsprinzip unterschiedliche Phänotypen produziert", beschreibt Claus Rüffler einen Aspekt der herausfordernden Aufgabe, die vielfältigen Wege der Evolution in ein mathematisches Gerüst zu zwängen: "So ein Modell muss alle alternativen Möglichkeiten zulassen."

Auf der Suche nach dem evolutionären Endpunkt

Empirische Daten benötigt Claus Rüffler für seine Berechnungen vorläufig noch keine: "Ich arbeite zuerst auf einer sehr abstrakten Ebene." Dabei "erfindet" der Biomathematiker sozusagen seinen eigenen Modellorganismus und versieht ihn mit bestimmten Charakteristika: "Dann simuliere ich zum Beispiel eine Mutation in einem dieser

Merkmale. Wenn die Mutation dem Organismus einen Fitnessvorteil bringt und der neue Genotyp den alten verdrängt, so ist das ein Teilschritt auf dem evolutionären Pfad." Diesen evolutionären Pfad mittels eines mathematischen Modells zu zeichnen und seinen potenziellen Endpunkt ausfindig zu machen, ist die Herausforderung des WWTF-Stipendiaten. Erst im zweiten Schritt wird das Modell an einem "echten Organismus" getestet: "Idealerweise findet früher oder später ein Wechselspiel zwischen Theorie und Empirie statt, so dass einerseits die Modelle ständig auf ihre Folgerichtigkeit überprüft und verbessert werden können, andererseits können die mathematischen Modelle Empiriker dazu anregen, die neuen Hypothesen zu testen", sagt Rüffler: "Das langfristige Ziel ist, die generellen Prinzipien der Evolution besser zu verstehen." (br)

*Das vierjährige Projekt "**Multidimensional adaptive dynamics and the evolution of phenotype determination**" unter der Leitung von Dr. Claus Rüffler vom Institut für Mathematik startete im Februar 2008 und wird im Rahmen des Calls "Mathematik und ..." 2007 des WWTF (Wiener Wissenschaft- und Technologiefonds) gefördert. Projektpartner sind Univ.-Prof. Dr. Joachim Hermisson (Max F. Perutz Laboratories, Universität Wien) und Prof. Dr. Günter Wagner (Yale University).*