

QUANTENSPRUNG

Die neutrale Theorie der Evolution

Vor fast genau 40 Jahren, am 17. Februar 1968, veröffentlichte der inzwischen verstorbene japanische Evolutionsbiologe Motoo Kimura in der berühmten Zeitschrift „Nature“ einen nur zweiseitigen Artikel mit dem Titel „Evolutionary rate at the molecular level“. Zwei kleine Seiten, die sehr großes Aufsehen erregten. 1983 folgte Kimuras berühmtes Buch „The neutral theory of molecular evolution“.

Kimura schrieb dem Zufall eine wichtigere Rolle in der Evolution zu. Seine Theorie besagt, dass die meisten Mutationen neutral, also für die natürliche Auslese weder als positiv noch als negativ zu sehen sind. Gerade in kleinen Popu-

AXEL MEYER

Professor für Evolutionsbiologie, Konstanz



lationen bestimme daher eher der Zufall – die „genetische Drift“ – , welche Genvariante sich durch-

setzt. Dies schien der neo-darwinistischen Idee der Evolution zu widersprechen. Sofort entbrannte eine Kontroverse, wobei zunächst viele Molekularbiologen für und Evolutionsbiologen gegen Kimuras Hypothese waren. Diese Zuordnung der beiden wissenschaftlichen Camps hat sich heute beinahe ins Gegenteil gewandelt.

Es ist klar, dass die Auslese in der adaptiven Evolution, also der Anpassung einer Art an die Umwelt, die Hauptrolle spielt. Neue Daten über Mutationshäufigkeiten und deren selektive Effekte auf die Organismen zeigten aber, dass die meisten Mutationen im Erbgut wirklich selektiv neutral sind.

Wir sind alle Mutanten, keiner gleicht dem anderen genetisch. Die sollte auch wertneutral sein. [wissenschaft@handelsblatt.com](mailto:wissenschaft@handelsblatt.com)

# Parfüm für den Feind des Feindes

Pflanzen locken die Fressfeinde ihrer Parasiten an. Diese Duftstoffe könnten künftig im Dienste der Landwirtschaft stehen.

SUSANNE DONNER | DÜSSELDORF

So sensibel sind normalerweise nur parasitische Wespen. Einer der Mitarbeiter im Labor von Monika Hilker, Biologin an der Freien Universität Berlin, kann tatsächlich erschnupfern, welche Kiefernzweige von der Gemeinen Kiefernbuschhornblattwespe befallen sind. Diese Schädlinge stehen im Visier von Hilkers Forschungsgruppe, und Düfte spielen dabei eine ganz besondere Rolle – allerdings sind diese für die meisten Menschen nicht wahrnehmbar.

Die Larven der Gemeinen Kiefernbuschhornblattwespe können Kiefern völlig kahl fressen. Dagegen wehren sich die Bäume mit einem Duftcocktail, der aus den Poren der Nadeln strömt. Diesen Notruf empfängt der Feind des Schädlings, eine parasitische Wespe (Bild). Sie legt ihre Eier in die Eier des Kiefernschädlings. Noch bevor die Larven schlüpfen, werden sie von der parasitischen Wespe getötet. „Der Duft der Kiefern ist ein Frühalarm gegen Schädlinge“, so Hilker.

Das ist eine verbreitete Abwehrstrategie im Pflanzenreich. Kohlpflanzen wehren sich gegen Eier des Kohlweißlings ebenfalls mit einem Geruch, der Nützlinge anzieht, die die Eier beseitigen. Ähnlich reagiert die Ulme auf Eier des Ulmenblattkäfers. Bäume, Sträucher und Unkräuter rufen mit einer spezifisch komponierten Duftbotschaft nach den Feinden ihrer Feinde, nur wenige Stunden nachdem die Blätter angeknabbert oder mit Eiern belegt wurden.

Der niederländische Insektenforscher Marcel Dicke von der Universität Wageningen hat den Duft-Notruf vor wenigen Jahren als Erster entdeckt – bei Bohnen, die keinen für Menschen wahrnehmbaren Geruch verbreiten. Dicke nahm auch bei Gurken, Ringelblumen, Kohl, Tomaten, Sojabohnen und anderen Pflanzen Witterung auf. Er ist damit der Begründer des neuen Forschungsfeldes Chemieökologie.

Weltweit haben sich Chemieökologen 40 bis 50 Arten vorgeknöpft. Das Parfüm von befallenen Tomaten, Gurken, Blumenkohl, Ulmen, Kiefern, Tabakpflanzen, Limabohnen und Aka-



Helferin in der Pflanzennot: Eine Wespe legt ihr Ei in das eines Schädlings auf einer Kiefernadel.

Alle nutzen die Duft-SOS-Strategie. „Pflanzen können zwar nicht wegrennen, aber sie können sich auf äußerst intelligente Weise mit Duft wehren“, betont Dicke.

Lockende Duftkompositionen

Fast alle Pflanzen komponieren ihr Parfüm aus drei Substanzklassen: aus Terpenen, die mit ihrem typisch holzig-harzigen oder blumigen Geruch die größte Gruppe mit einem Anteil von etwa 80 Prozent sind. Hinzu kommen Fettsäureabbkömmlinge, sogenannte Grünblattkomponenten, die ausströmen, wenn ein Blatt verletzt wird. Diese Substanzen erzeugen den Geruch von frisch gemähten Wiesen. Die dritte Stoffklasse im Pflanzenparfüm sind aromatische Verbindungen, beispielsweise Indol oder Methylsalicylat, eine dem Aspirin ähnliche Substanz.

Jede Pflanze komponiert ihren Duft aus mehreren Dutzenden Verbindungen dieser drei Stoffklassen. So bald zum Beispiel die Kiefernbusch-

hornblattwespe ihre Eier auf den Kiefernadeln platziert, verändert der Baum (nicht nur die befallenen Nadeln, sondern auch die benachbarten Zweige ohne Eier) sein Duftmuster so, dass mehr von einem bestimmten Terpen – Trans-beta-Farnesen – abgegeben wird.

Diesen besonders farnesenreichen Kiefernduft bevorzugt die Nützlingswespe im Zusammenhang mit verschiedenen Duftfeldern, wie Hilker beobachtete. Das Insekt hält sich in der farnesenreichen Region besonders lange auf und fliegt suchend umher. „Das Bemerkenswerte ist, dass die Wespen nicht alleine auf diese Substanz reagieren. Sie brauchen zusätzlich den Hintergrundduft der Kiefern“, schildert Hilker. So wie Menschen Rot besonders gut auf schwarzem Grund erkennen, macht die Wespe den Duft eines befallenen Baumes besonders zuverlässig unter gesunden Exemplaren aus.

Vermutlich reicht die Duftbotschaft der Pflanzen Dutzende Meter,

vielleicht sogar einige Hundert Meter weit. „Für die kleinen Tiere sind das beachtliche Distanzen. Das wäre so, wie wenn wir ein Restaurant riechen, das mehrere Kilometer weit entfernt ist“, vergleicht Dicke.

Die Pflanzen senden ihr Duftsignal aber nur, wenn sich tatsächlich ein Schädling an ihnen zu schaffen macht. Dadurch verhindern sie, dass die Insekten die Duftstoffe im Alltag dazu missbrauchen, um die Wirtspflanzen zu orten. „Voraussetzung für diese situationsbezogene Duftproduktion der Pflanzen ist, dass sie erkennen, wann sie gebissen werden und wer sie angreift“, sagt Wilhelm Boland vom Max-Planck-Institut für chemische Ökologie in Jena.

Kiefern registrieren die Eier der schädlichen Blattwespe über den Kleber, den die Insekten verwenden, um ihre Eier an den Nadeln zu befestigen. Andere Pflanzen erkennen ihre Parasiten an der Wunde, die diese ins Blatt nagen. Aber auch am Speichel können sie Raupen, Milben und

Läuse identifizieren. Die Spucke der Spinnmilben führt dazu, dass die Pflanzen besonders viel Methylsalicylat und Terpene absondern und damit kleine, räuberische Spinnen herbeilotsen, die die Spinnmilben fressen.

Solidarität unter Pflanzen

Ein bloßes Einreißen der Blätter genügt noch nicht für einen Hilfeschrei – zumindest bei Tabakpflanzen. Erst als die Forscher aus Bolands Gruppe einen Roboterwurm konstruierten, der den Raupenspeichel des Tabakschwärmers abgab, produzierte die Pflanze Duftstoffe, um Wespen anzulocken, die die Raupen töten. Mit ihrem Bouquet warnte die befallene Tabakpflanze sogar gesunde Nachbarn. Diese sendeten daraufhin ebenfalls das Duft-SOS-Signal. Solidarisch schreien Pflanzen derselben Art gemeinsam um Hilfe und erhöhen damit die Chance, von Nützlingen gehört zu werden. „Das ist für mich das raffinierteste Phänomen. Diese Art der Kommunikation zwischen Pflanzen geht sehr schnell, binnen einiger Minuten. Es ist der Informationshighway der Flora“, begeistert sich Boland. Wie die Pflanzen den Duft ihrer Nachbarn riechen, ist allerdings bislang unbekannt.

Wenn der Mensch sich die Pflanzensprache aneignen könnte, wäre er in der Lage, Äcker, Plantagen und Nutzwälder auf natürliche Weise besser vor Schädlingen zu schützen. „Das ist sicher ein Fernziel“, so Boland. Zumal viele Nutzpflanzen wie Gurken, Tomaten und Baumwolle infolge der Hochleistungszüchtung ihre Fähigkeiten als Parfümeur eingebüßt haben und daher besonders empfindlich gegen Schädlinge sind, wie Chemieökologen vermuten.

Aus wirtschaftlicher Perspektive gibt es allerdings noch ein Problem: Die Erzeugung des Dufts ist an die Photosynthese, die Energiegewinnung aus Sonnenlicht, gekoppelt. Bei den befallenen Kiefern, die Duftnotrufsignale sendeten, war die Photosynthese deutlich messbar vermindert, wie Hilker nachweisen konnte. Der Aufwand für die Abwehr schwächt den Baum, vielleicht wächst er sogar langsamer. Das ist nicht im Interesse der Landwirte.

| UNSERE THEMEN                 |
|-------------------------------|
| MO ÖKONOMIE                   |
| DI ESSAY                      |
| MI GEISTESWISSENSCHAFTEN      |
| <b>DO NATURWISSENSCHAFTEN</b> |
| FR LITERATUR                  |

## Genetisch bedingte Unterschiede

DÜSSELDORF. Menschen europäischer und afrikanischer Herkunft reagieren verschieden auf bestimmte Medikamente oder Krankheitsreize. Dafür sind offensichtlich Unterschiede im Niveau der Gen-Ausprägung (Expression) verantwortlich, wie Forscher von der Universität Chicago in der Fachzeitschrift „American Journal of Human Genetics“ schreiben.

Unter Gen-Expression versteht man die Herstellung von Proteinen aus den genetischen Informationen. Das Ausprägungsniveau von etwa fünf Prozent der 9156 Gene, die die Forscher verglichen, variiert deutlich zwischen den weißen und schwarzen Individuen. Die Forscher untersuchten die Erbanlagen von 60 Familien (jeweils Vater, Mutter und ein Kind), 30 davon europäischstämmige Einwohner des Bundesstaates Utah, die anderen waren vom Volk der Yoruba in Nigeria.

Die Unterschiede traten bei vielen unzusammenhängenden Genen auf, vor allem solchen, die für die körpereigene Abwehr zuständig sind. „Wir wollen verstehen, warum verschiedene Bevölkerungen verschiedene Grade von Vergiftungen erleben bei der Einnahme gewisser Medikamente“, sagt Eileen Dolan, Krebspezialistin an der Universität Chicago. Bei den Untersuchungen hätten sie aber auch viele andere Unterschiede festgestellt, die unerwartet waren.

Die Forscher können belegen, dass auch die Ausprägung von Genen, die grundlegende Prozesse bestimmen, wie etwa die Entstehung der Ribosomen (der Proteinfabriken der Zelle), verschieden ist. *fk*

Leser werben Leser:

# Best of Entertainment ...

Freie Auswahl – für einen neuen Handelsblatt-Leser.



Apple iPod nano 8 GB

Mit dem weltweit beliebtesten digitalen Musik-Player können Sie jetzt sogar Videos, Video-Podcasts und mehr genießen. Das 2" große Farb-Display mit exzellenter Darstellungsqualität macht das Blättern in Ihren Musikalben, das Betrachten Ihrer Fotos und Ihrer Videos zu einem wahren Vergnügen.

Artikel-Nr.: M 1158903  
Ganzjahresprämie ohne Zuzahlung

Apple iPod classic 80 GB

Der iPod classic bietet jetzt noch mehr Speicherkapazität als seine Vorgänger und ist dennoch merklich flacher. Mit seinen 80 GB Kapazität speichert er bis zu 20.000 Ihrer Lieblingshits. Zusätzlich können Sie selbstverständlich auch Fotos und Videos auf dem iPod speichern und auf dem 2,5" großen Display wiedergeben lassen.

Artikel-Nr.: M 1158906  
Ganzjahresprämie mit nur 20,- € Zuzahlung



Apple iPod shuffle 1 GB

Der iPod shuffle besitzt ein Gehäuse aus widerstandsfähigem Aluminium. Mit dem integrierten Clip lässt er sich einfach an der Kleidung befestigen. Er wiegt nur 15 Gramm und ist nicht einmal halb so groß wie sein Vorgänger.

Artikel-Nr.: G 107615  
Halbjahresprämie ohne Zuzahlung

**Jeder kann mitmachen!**

Jetzt mitmachen:

- Leser werben
- Prämie aussuchen
- Coupon ausfüllen und per **Fax** an **02 11.887 36 05** oder per **Post** an Kundenservice Handelsblatt, 97060 Würzburg senden.

Ja, ich möchte das Handelsblatt deutlich günstiger als im Einzelkauf beziehen. (Preise inkl. MwSt. und Versand im Inland.)

- 12 Monate für € 441,-
- 6 Monate für € 224,-

Firmenschrift  Privatanschrift

Name

Vorname  Geburtsdatum

Firma (nur bei Angabe der Firmenschrift)

Funktion / Abteilung / Beruf

Straße, Nr.

PLZ, Ort

Telefon (für evtl. Rückfragen)

E-Mail

Für das Abonnement erhalte ich eine Rechnung.

Datum  1. Unterschrift des neuen Abonnenten

Widerrufsgarantie: Die Bestellung kann ich innerhalb der folgenden zwei Wochen ohne Begründung bei der Verlagsgruppe Handelsblatt GmbH, Berner Str. 2, 97084 Würzburg, schriftlich, per Brief, Fax etc. widerrufen. Zur Fristwahrung genügt die rechtzeitige Absendung. Dies bestätige ich mit meiner zweiten Unterschrift. Ich bin damit einverstanden, zukünftig über interessante Produkte der Handelsblatt-Gruppe per E-Mail oder telefonisch informiert zu werden (bitte ggf. streichen).

Datum  2. Unterschrift des neuen Abonnenten

Ja, ich habe das neue Abonnement vermittelt und wähle:

- Apple iPod classic 80 GB Art.-Nr.: M 1158906 Ganzjahresprämie mit 20,- € Zuzahlung
- Apple iPod nano 8 GB Art.-Nr.: M 1158903 Ganzjahresprämie
- Apple iPod shuffle 1 GB Art.-Nr.: G 107615 Halbjahresprämie

Firmenschrift  Privatanschrift

Name

Vorname  Geburtsdatum

Firma (nur bei Angabe der Firmenschrift)

Funktion / Abteilung / Beruf

Straße, Nr.

PLZ, Ort

Telefon (für evtl. Rückfragen)

E-Mail

Datum  Unterschrift des Vermittlers

Bestellen Sie diese oder weitere Prämien ganz einfach per **Telefon** unter **0 180 5.99 00 10** (0,14 €/Min. a. d. dt. Festnetz\*) oder **online** unter **www.handelsblatt-praemie.com**

\*ggf. abweichende Preise aus Mobilfunknetzen