

mehrere Arten, die zwar miteinander hybridisieren, deren Nachkommen jedoch meistens steril sind. Es ist bekannt, daß eine der Hefearten, *S. mikatae*, im Vergleich zu *S. cerevisiae* eine Chromosomenumlagerung besitzt, bei der (symmetrisch) je ein Teil der Chromosomen VI und VII miteinander vertauscht ist. Kreuzt man beide Hefe-Arten (*S.c.* x *S.m.*), so sind weniger als 1% der Sporen überlebensfähig, während die Kreuzung innerhalb der Arten (*S.c.* x *S.c.*, bzw. *S.m.* x *S.m.*) über 90% lebensfähige Sporen erzeugt.

Durch neue gentechnische Methoden ist es möglich geworden, die Umgruppierung der Chromosomenabschnitte nachzuvollziehen. DELNERI und Mitarbeiter haben die entsprechende Vertauschung der *S. mikatae*-Chromosomenabschnitte in *S. cerevisiae* künstlich nachvollzogen. Kreuzt man die gentechnisch derart veränderte *S. cerevisiae* nun mit *S. mikatae*, so sind die Sporen bis zu 30% lebensfähig. Dieses Ergebnis zeigt zwar einerseits, daß noch weitere Faktoren an der Kreuzungsbarriere beteiligt sind; andererseits, daß die Vertauschung der Chromosomenabschnitte einen wesentlichen Anteil daran hat. Die künstliche Neugruppierung der Chromosomenabschnitte macht die vorausgegangene Artbildung also teilweise rückgängig. Die Forscher vermuten, daß die Vertauschung den ersten Schritt zur Artbildung darstellt und daß die übrigen trennenden Faktoren durch nachfolgende Mutationen entstehen.

[DELNERI D, COLSON I, GRAMMENOUDI S, ROBERTS IN, LOUIS EJ & OLIVER S (2003) Engineering evolution to study speciation in yeasts. *Nature* 422, 68-71; WOLFE K (2003) Speciation reversal. *Nature* 422, 25-26.] *NW*

Schrumpfende Eier nach Wegfall von Selektion

Bei in Gefangenschaft gehaltenen Lachsen werden nach wenigen Generationen die Eier deutlich kleiner zugunsten einer größeren Anzahl der Eier. Dies stellten Daniel HEATH und Mitarbeiter in Studien

am Königslachs fest. Lachse werden wie manche andere bedrohte Tierarten in Gefangenschaft vermehrt, um damit die natürlichen Bestände zu unterstützen. Die Änderungen in Anzahl und Größe der Eier sind aber nur in der Gefangenschaft vorteilhaft. In der unbedrohten Umwelt der Züchter entfällt die Selektion. Die jungen Lachse müssen dort nicht so robust wie in der Wildnis sein. In dieser Situation ist es für die Weibchen vorteilhafter, mehr Eier zu legen, die dann aber kleiner sind. An den natürlichen Standorten sind diese Veränderungen dagegen wegen der geringeren Vitalität der Fische nachteilig. Die beschriebenen Effekte waren bei den Königslachsen schon nach vier Generationen erkennbar. Wurden größere Anzahlen gezüchteter Lachse freigelassen, schrumpfte in den betreffenden Flüssen die Eigröße, so daß die Tiere nicht so gut überlebten. Die Zucht führte somit nicht zum erwünschten Erfolg zur Rettung der bedrohten Art. Nur bei allmählicher Aufstockung mit gezüchteten Lachsen blieben die unerwünschten Auswirkungen der Selektion auf die Eigröße gering.

[HEATH DD, HEATH JW, BRYDEN CA, JOHNSON RM & FOX CW (2003) Rapid evolution of egg size in captive salmon. *Science* 299, 1738-1740.] *RJ*

Australische Krabbenspinne: Kontrast statt Tarnung zur Täuschung von Beute

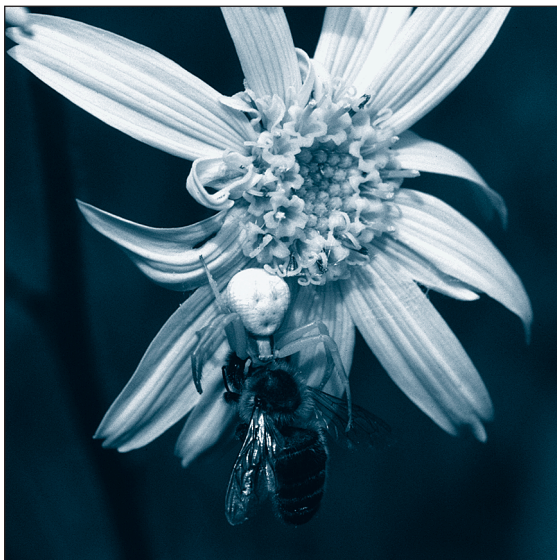
Einige europäische Krabbenspinnen passen sich farblich an Blüten an, in denen sie sich aufhalten und auf ahnungslose Beute warten (Abb. 1.). Die Tarnfarbe kann unterschiedlich ausfallen (z. B. gelb oder rosa). Eine australische Art der Krabbenspinnen, *Thomisus spectabilis*, „verfolgt“ eine andere Strategie. Auf weißblühenden Chrysanthemen ist diese Spinnenart durch Reflektion von UV-Licht für die UV-sichtigen Bienen besonders auffällig (für das menschliche Auge ist die Spinne dagegen getarnt). Die Blüten erscheinen den Bienen auf diese Weise besonders attraktiv. Dies zeigten Versuchsreihen mit Blüten, auf welche betäubte Spinnen gesetzt wurden (HEILING et al. 2003). Im Vergleich zu den kontrastärmeren Blüten wurden die von einer Spinne bewohnten Blüten etwa dreimal so häufig angeflogen. Die australische Krabbenspinne verkörpert damit ein weiteres ausgefallenes Beispiel für eine Täuschung der Beute.

[HEILING AM, HERBERSTEIN ME & CHITTKA L (2003) Crab-spiders manipulate flower signals. *Nature* 421, 334.] *RJ*

Doppelt genäht hält besser

Die Aufschüsselung ganzer Genome von Lebewesen offenbarte einen nicht unwesentlichen Anteil von duplizierten Genen. Dabei handelt es sich um Gene, von denen durch fehlerhafte Kopiervorgänge des Erbmateriale Duplikate erzeugt wurden.

Abb.1: Die veränderte Krabbenspinne mit Beute auf einer Arnikablüte.
(Foto: R. JUNKER)



Handelt es sich bei den Duplikaten nun nur um „Datenmüll“, der sich unweigerlich im Erbgut ansammelt und nach einiger Zeit durch weitere, die Funktion auslöschende Mutationen wieder aussortiert wird? Schon lange wird vermutet, daß es sich hierbei um einen Mechanismus handelt, der Lebewesen hilft, sich an ihre Umwelt gezielter anpassen zu können. Duplizierte Gene könnten im Laufe der Zeit nämlich neue Funktionen annehmen, während das originale Gen nach wie vor seine Aufgabe erfüllt. In diesem Zusammenhang sprach OHNO hier vor dreißig Jahren von der „Spielwiese der Evolution“. Eine experimentelle Bestätigung dieses Konzepts steht jedoch aus; es wird vornehmlich vergleichend-biologisch begründet.

Neue Untersuchungen von GU und Mitarbeitern weisen in eine andere Richtung als von OHNO vermutet: Eventuell sind Duplikationen „Versicherungen“ gegen nachteilige Mutationen und helfen, das Genom zu stabilisieren. Denn wenn eine Kopie ausfällt, kann die andere die entsprechende Funktion immer noch ausüben. Um dies zu untersuchen wurden in der Bäckerhefe *Saccharomyces cerevisiae* systematisch alle Gene, jeweils immer eines, ausgeschaltet und die Auswirkung unter fünf verschiedenen Wachstumsbedingungen beobachtet. Diese Daten wurden nun in Hinblick auf einzeln vorliegende Gene („Singles“) und doppelt vorhandene („Duplizierte“) ausgewertet: In 29% der Fälle war das Ausschalten von Singles für die Hefe tödlich, während dies nur für 12,4% der Duplizierten gilt. Auf der anderen Seite hat das Abschalten eines Duplizierten in knapp 65% aller Fälle keinen oder einen kaum meßbaren Effekt, während dies nur für knapp 40% der Singles gilt.

Weiterhin gibt es eine Korrelation zwischen den ausgeschalteten Duplizierten: War der Effekt des Ausschaltens bei der einen Kopie schwach, so war es meistens auch bei der anderen, war der Effekt stark oder tödlich, so galt das für die Kopie ebenso. Die damit zusammenhängende Beobachtung ist: Je ähnlicher sich die Kopien sind, desto mehr überlappt ihre Funktion, und um so mehr können die Duplizierten füreinander eintreten. Angesichts dieser Ergebnisse fragt MEYER in einem begleitenden Kommentar: „[...] es könnte darauf hindeuten, daß OHNO nach allem doch falsch lag. Sind duplizierte Gene eher der Stoff für eine Stabilisierung in der Entwicklung und der Konservierung einer Funktion als der Stoff für evolutionäre Innovation? Wenn dem so ist, wie entstand die Vielfaltigkeit der Lebewesen um uns herum?“ MEYER vermutet, daß die Antwort für die evolutionäre Entwicklung dafür mehr in regulativen Genen, in der Synthese mehrerer unterschiedlicher Proteine vom selben Gen, sowie in der Einbindung von Duplikaten in andere Funktionszusammenhänge gesucht werden muß (vergleiche hierzu aber NEUHAUS 2002). Wir dürfen mit Spannung die zukünftige Forschung abwarten, ob Funktionszusammenhänge in Lebewesen durch

Veränderung von Regelkreisen tatsächlich erweitert werden können und damit eine Evolution möglich wird. Es ist zu vermuten, daß die Antwort, wozu duplizierte Gene gut sind, nicht in einem „entweder-oder“ liegt. So ist es denkbar, daß Duplikationen zwar eine Feinanpassung der Lebewesen (Mikroevolution) zulassen, gleichzeitig aber einen stabilisierenden Effekt auf das Genom ausüben, um das Überleben der jeweiligen Art zu sichern.

[GU Z, STEINMETZ LM, GU X, SCHARFE C, DAVIS RW & LiW-H (2003) Role of duplicate genes in genetic robustness against null mutations. *Nature* 421, 63-66; MEYER A (2003) Duplication, duplication. *Nature* 421, 31-32; NEUHAUS K (2002) Gene-tinkering: Kann in komplexe biologische Systeme neue Information eingeflickt werden? *Stud. Int. J.* 9, 59-66] NW

Kupfermineral in Kiefer eines marinen Bluteegels

Mit Biomineralisation werden Prozesse bezeichnet, durch welche Lebewesen aktiv Mineralien als Bestandteile zum Aufbau und Wachstum ihres Körpers integrieren können. Bekannte Beispiele sind Phosphatmineralien (Hydroxylapatit) im Knochenskelett und in den Zähnen oder Kalkmineralien (Kalzit, Aragonit) in den Schalen von Schnecken und Muscheln. In geologischen Prozessen oder im Labor müssen zur Synthese von Mineralien häufig extreme Temperatur- und/oder Druckbedingungen angewendet werden, während Organismen diese biosynthetisch unter sehr viel mildereren Bedingungen herstellen.

LOWENSTEIN beschrieb 1962 erstmals das magnetische Eisenoxid-Mineral Magnetit als Bestandteil der äußeren Zahnschicht bei der Meereschnecke *Chiton*. Seither ist eine Vielzahl von Mineralien als Bestandteil von Organismen gefunden und charakterisiert worden.¹ Als jüngstes Beispiel publizierten LICHTENEGGER et al. (2002) die Entdeckung, daß der marine Bluteegel *Glycera dibranchiata* das Kupferchlorid-Mineral Atakamit $\text{Cu}(\text{OH})_3\text{Cl}$ in seine Zähne einlagert. (Benennung nach der chilenischen Wüste Atacama, wo das Hauptvorkommen dieses Cu-Minerals ist.)

Bereits 1980 war der Befund publiziert worden, daß Kupfer in den Zähnen von marinen Polychäten (Vielborstern) der Gattung *Glycera* einen Anteil von 13 Gewichts-% ausmacht und zwar unabhängig vom Kupfergehalt im Meerwasser. *Glycera* setzt seine vier 1,5 mm langen Zähne ein, um die Körperhülle der Beutetiere zu durchstoßen und Gift zu injizieren.

LICHTENEGGER und Mitarbeiter wiesen nun mittels stoffspezifischer mikroskopischer Untersuchungsmethoden (electron microprobe) das Vorkommen von Atakamit in der Zahnschmelze nach. Das Mineral ist dort nicht gleichmäßig verteilt, sondern in spezifischer Weise eingelagert.

Elektronenmikroskopisch zeigten die Autoren, daß das Mineral in Form von Fasern, die von einer Proteinmatrix umgeben sind, in der Zahnschmelze ein-