

Vergleich und Schlußfolgerung

Untersuchungen zeigen, daß das Auflösungsvermögen von Tintenfischaugen dem des menschlichen Auges entspricht. Ein Gegenstand der unter einem minimalen Winkel von $1,3\text{min}$ ($= 0,025^\circ$) gesehen wird, kann als einzelnes Objekt wahrgenommen werden (BUDELMANN 1994, 1996). Angesichts dieses Vergleichs kann beim Wirbeltier-Auge nicht von Suboptimalität gesprochen werden. Es zeigt sich sogar, daß einige Greifvögel ein wesentlich höheres Auflösungsvermögen besitzen. Beide Lösungen zeigen ähnliche „technische“ Daten und beide Augentypen sind für ihren jeweiligen Zweck optimal. Viele Wirbeltiere können Farben wahrnehmen, während Tintenfische mit vielleicht wenigen Ausnahmen farbenblind sind (BUDELMANN 1996). An Land spielen Farben eine große Rolle, im Wasser jedoch, besonders in großen Tiefen, wird das Licht immer einfarbiger blau. Tintenfische können aber, wie oben erwähnt, polarisiertes Licht wahrnehmen, was Wirbeltiere nicht können. Fische, die Licht mit ihrer silbrigen „Schuppenhaut“ reflektieren, polarisieren dieses und können so leichter von den räuberischen Tintenfischen wahrgenommen werden.

Abschließend möchte ich noch einmal betonen, daß man bei Lebewesen höchstens *im Vergleich* von guten und schlechten Lösungen sprechen kann. Betrachtet man die Probleme getrennt, so kann man allenfalls mit einer gewissen Plausibilität von „bes-

ser“ oder „schlechter“ reden. Niemand vermag in Lebewesen etwas besser zu machen. Im Vergleich wird deutlich, daß in Lebewesen verschiedene Konzepte verwirklicht sein können, um ein Problem, hier Abfallentsorgung von Zellen, zu lösen. In unserem Fall sind beide Konzepte gleichermaßen funktionell verständlich. Die Retina der Wirbeltiere, wie auch der Tintenfische ist ein exzellentes Beispiel für optimale Funktionalität. Der Aufbau beider Retinotypen ist für ihre Sehschärfe und Empfindlichkeit entscheidend. Inverse und everse Auge stehen sich gleichberechtigt gegenüber.

Dank: Prof. Dr. Bernd U. BUDELMANN (Salveston, USA) danke ich für seine hilfreiche Kritik.

Klaus Neuhaus

Literatur

- AYOUB G (1997) Ist das Wirbeltier-Auge suboptimal? Stud. Int. J. 4, 77-79.
 BECKER U (1994, Red.) Herder Lexikon der Biologie. Heidelberg, Berlin, Oxford.
 BUDELMANN BU (1994) Cephalopod sense organs, nerves and the brain: adaptations for high performance and life style. Mar. Fresh. Behav. Physiol. 25, 13-33.
 BUDELMANN BU (1996) Active marine predators: the sensory world of cephalopods. Mar. Fresh. Behav. Physiol. 27, 59-75.
 ECKERT R (1986) Tierphysiologie. Stuttgart, New York.

Schnelle Anpassung von Leguanen (Anolis) an neue Lebensräume

Leguane in neuen Insel-Lebensräumen

Sogenannte „Flaschenhalsergebnisse“ sollen den Lauf evolutiver Änderungen beschleunigen. Ein Flaschenhalsergebnis liegt dann vor, wenn einige wenige Individuen eine neue Population aufbauen (CARSON & TEMPLETON 1984). Die Besiedlung neuer Inseln durch wenige Neuankömmlinge ist ein solches Ereignis, das auch künstlich herbeigeführt werden kann. Unterscheidet sich nun das Habitat des neuen Lebensraum vom alten, so sollte ein (mikro)evolutiver Prozeß einsetzen. Losos et al. (1997) haben nun 1977 und 1981 Leguane der Art *Anolis sagrei* (Abb. 1) auf verschiedenen Inseln der Karibik ausgesetzt, auf denen sie vorher nicht vorkamen. Es wurden entweder fünf oder zehn Echsen

von der Insel Staniel Cay im Geschlechterverhältnis 2:3 (Männchen zu Weibchen) auf verschiedenen Nachbarinseln ausgesetzt. Staniel Cay ist etwa 3x1 km groß und mit einer dichten Vegetation aus Buschwerk und einem kleinen Wald bestanden (COKER 1905). Demgegenüber unterscheiden sich die Nachbarinseln deutlich. Sie haben lediglich eine niedrige Vegetation und kaum Bäume.

Hypothesen über die Anpassungen

Aus Untersuchungen über verschiedene *Anolis*-Populationen in der Karibik war bekannt, daß die Länge der Hinterbeine mit der Art der Vegetation korreliert ist (Losos et al. 1994). Die Hinterbeine sind



Abb. 1:
Brauner Anolis
(*Anolis sagrei*)

um so länger, je dicker die Äste und damit die Sitzmöglichkeiten sind. Vermutlich hängt dies damit zusammen, daß sich Echsen mit langen Hinterbeinen auf dicken Zweigen schneller fortbewegen können, während auf dünnen Zweigen die Gefahr des Herunterfallens besteht. Kürzere Beine scheinen im letzten Fall passender zu sein. Aufgrund dieser Überlegungen leiteten Losos et al. (1997) zwei Voraussagen über die Richtung der Evolution von *Anolis* ab: (1) Der Grad der morphologischen Mannigfaltigkeit von einzelnen Inselpopulationen im Vergleich zu der auf Staniel Cay sollte um so größer sein, je unterschiedlicher die Vegetation der neuen Insel ist; und (2) innerhalb der Populationen sollte eine positive Beziehung zwischen der Hinterbeinlänge und dem mittleren Durchmesser der Zweige nachweisbar sein.

Im Mai 1991 wurden von den Inseln, die noch Leguanpopulationen beherbergten, Männchen gefangen und vermessen. Auf Staniel Cay wurden insgesamt 41 männliche Leguane eingefangen und untersucht.

Ergebnisse und Vergleiche

Tatsächlich zeigte sich, daß 90% aller vermessenen Inselpopulationen mit relativ hoher Signifikanz kürzere Beine haben. Mit nicht ganz so hoher Signifikanz hatten Inselpopulationen eher größere Zehenlappen und eine höhere Körpermasse. Es entwickelten sich also 90% aller Inselpopulationen in die vorausgesagte Richtung. Auch die erste Hypothese konnte mit den Ergebnissen untermauert werden: Je stärker sich die Vegetation der neuen Inseln von Staniel Cay unterschied, um so größer waren die morphologischen Variationen.

Diese schnellen mikroevolutiven Änderungen sind an sich nicht erstaunlich und wurden schon bei anderen Tieren gefunden. Vergleichbare Befunde publizierte GRANT (1991) über die Darwinfinken auf den Galapagos-Inseln. Schon ein einziger heißer Sommer ließ die durchschnittliche Schnabelgröße ansteigen. WELLER (1995) beschreibt eine schnelle Änderung im Zugverhalten von Mönchsgrasmücken und FEHRER (1997) liefert eine Zusammenfassung über die extrem schnelle Artentstehung bei Buntbarschen in den großen afrikanischen Seen.

Bemerkenswert an der Untersuchung an *Anolis* ist nach Meinung der Autoren der deutliche Zusammenhang zwischen Vegetationsart und Beinlänge. Interessant sei auch, daß die meisten *Anolis*-Populationen überlebten und es ihnen gelang, sich an die neue Umwelt anpassen. Auf einer Insel etablierte sich eine stabile Population von ca. 700 Tieren.

Die hier an einer *Anolis*-Art durchgeführte Untersuchung zeigt im Vergleich mit Forschungen an verschiedenen *Anolis*-Arten in anderen Gebieten, daß die im kleinen gemachten Beobachtungen sich auf größere Gebiete übertragen lassen. In der Karibik kommen insgesamt 150 verschiedene *Anolis*-Arten vor, mehr als 250 sind in Zentral- und Südamerika zu finden. In beiden Fällen korrespondieren Unterschiede in der Beinlänge mit dem Habitat. Am größten sind dabei die Unterschiede zwischen den Arten der Großen Antillen.

Spekulationen: Mikro- und Makroevolution

Die weitere Argumentation von Losos et al. (1997) ist aber durchaus spekulativ: Die im Kleinen gefundenen Unterschiede – klein sowohl geographisch als auch zeitlich – sollen sich im Großen (großes Gebiet, lange Zeiträume) widerspiegeln. Makroevolution, so die Autoren, könnte vielleicht großgeschriebene Mikroevolution sein. Leider versäumen sie, eine genaue Definition für Mikro- und Makroevolution zu geben. Nach dem bisherigen Wissen über Grundtypen (SCHERER 1993) gehören wohl zumindest alle Angehörigen einer Gattung zu einem Grundtyp. Dies würde bedeuten, daß alle *Anolis*-Arten zu einem Grundtyp gehören und sich damit durch mikroevolutive Prozesse aus einer Stammform entwickelt haben. Makroevolution dagegen bedeutet nicht nur Variation von Vorgegebenem (z.B. längere oder kürzere Beine), sondern die Entstehung neuartiger Strukturen (z.B. Beine statt beinloser Vorfahren, JUNKER & SCHERER 1992). Solche makroevolutiven Vorgänge werden für die Artbildung innerhalb der Gattung *Anolis* nicht benötigt.

Modifikationen?

Als letztes diskutieren die Autoren die Idee, ob die beobachteten Unterschiede der Leguane tatsächlich auf genetischen Veränderungen beruhen, oder ob es sich lediglich um Modifikation handelt. Als bekanntes Beispiel für deutlich sichtbare Modifikationsmöglichkeiten gilt der Löwenzahn. Dieselbe Pflanze wächst an einem trockenen Standort mit kleinen, stark gesägten Blättern, an einem feuchten aber mit großen, kaum gesägten Blättern. Bei *Anolis* könnte es ja sein, daß die Beine, je nachdem, mit welchem Untergrund sie in Berührung kommen, verschieden lang wachsen. Das würde heißen, daß

das Erbgut dieser Tiere äußerst plastisch wäre und der Phänotyp, also das Erscheinungsbild, eine große Umweltkomponente beinhaltet (vgl. JUNKER 1993). Diese Vermutung sollte experimentell testbar sein.

Klaus Neuhaus

Literatur

- CARSON HL & TEMPLETON AR (1984) Genetic revolutions in relation to speciation phenomena: the founding of new populations. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 15, 97-131.
- COKER WC (1905) The Bahama islands (ed. SHATTUCK GB), MacMillan, New York, pp 185-270.
- FEHRER J (1997) Explosive Artbildung bei Buntbarschen in ostafrikanischen Seen. *Stud. Int. J.* 4, 51-55.
- GRANT PR (1991) Aktuelle Selektion bei Darwinfinken. *Spektrum Wiss.* 12/91, 64-72.
- JUNKER R (1993) Prozesse der Artbildung. In: SCHERER S (Hg.) *Typen des Lebens*. Berlin, S. 31-45.
- JUNKER R & SCHERER S (1992): Entstehung und Geschichte der Lebewesen. Gießen, S. 25-27.
- LOSOS JB, IRSCHICK DJ & SCHOENER TW (1994) Adaptation and constraint in the evolution of specialization of Bahamian *Anolis* lizards. *Evolution* 48, 1786-1798.
- LOSOS JB, WARHEIT KI & SCHOENER TW (1997) Adaptive differentiation following experimental island colonization in *Anolis* lizards. *Nature* 387, 70-73.
- SCHERER S (Hg, 1993) *Typen des Lebens*. Berlin.
- WELLER AA (1995) Strategien und mikroevolutionäre Entwicklungen des Zugverhaltens von Singvögeln. *Stud. Int. J.* 2, 12-15.

Vögel – keine „verkappten“ Schuppentiere

Über die Herkunft der Federn

Der Besitz von Federn kennzeichnet die Vögel gegenüber allen anderen Wirbeltierklassen. Bekanntermaßen ist das Gefieder sowohl für die Wärmeregulation als auch die Fähigkeit des Fliegens von entscheidender Bedeutung. Bisher wurde die Frage nach der evolutiven Herkunft der Federn unter der Annahme der Abstammung der Vögel von den Reptilien gedeutet. Die Federn wurden dabei als von Reptilienschuppen abgeleitet betrachtet. Damit wurden bereits subjektive Rahmenbedingungen für stammesgeschichtliche Deutungen geschaffen. Die angenommene Homologisierung (→ Kasten) von Federn und Schuppen beruht nach BRUSH (1996) ausschließlich auf dem morphologischen Erscheinungsbild, das man als „grobe“ Bauplan bezeichnen könnte; der hohe Grad an Spezialisierung bei Vogelfedern (z.B. aerodynamische Eigenschaften) wurde jedoch bislang kaum berücksich-

tigt. So ist evolutionstheoretisch unklar geblieben, in welchem funktionalen Zusammenhang Federn phylogenetisch erstmals aufgetreten sein könnten (HECHT et al. 1985) und ob beispielsweise frühe Vogelformen überhaupt flugfähig waren (vgl. z. B. RAYNER 1991). Eine Homologisierung würde außerdem Ähnlichkeiten auf allen Ebenen der Organisation der beiden Strukturen verlangen, von molekularen Ebene bis zur Ebene der äußeren Gestalt.

Daher versuchte BRUSH (1996) einen anderen als den kausalen bzw. originären Ansatz (d.h. warum Federn evolvierten bzw. woher sie stammen), indem er unabhängig von phylogenetischen Aspekten die mechanistischen Grundlagen des plötzlichen Auftauchens von Federn erforschte. Das Problem der ursprünglichen Funktion der Federn ergibt sich nach BRUSH vor allem aus der Tatsache, daß Federn übergangslos, d.h. ohne „missing links“ zu den Schuppen und damit quasi als modernes Merkmal bereits bei den sog. Urvögeln erscheinen. Zudem bestehen erhebliche Unterschiede in allen Organisationsaspekten beider Strukturen, von der molekularen Ebene über regulatorische Vorgänge bis hin zur Morphogenese (Formbildung) und gewebsspezifischen Expression, woraus sich die einzigartige Stellung der Federn begründet.

Das Hauptaugenmerk der Studie lag auf der Untersuchung der Federstrukturproteine. Federn sind aus Grundbausteinen, den sog. ϕ -Keratinen, aufgebaut. Die Keratine werden in speziellen Follikelzellen gebildet, wo sie zu Mikrofilamenten bzw.

Homologie

Unter Homologie wird die Gleichwertigkeit von Strukturen oder Organen im Bau und in der Lage im Organismus verstanden, unabhängig von deren Funktion. Der Homologiebegriff wird auch oft im Sinne der Abstammungslehre interpretierend verwendet und meint dann Organe oder Strukturen, die von einem postulierten gemeinsamen Vorläuferstadium phylogenetisch ableitbar sind. Auf die grundsätzliche Problematik des Homologiebegriffs wird hier nicht eingegangen (vgl. JUNKER 1995).