Als die Fische gehen lernten

Johannes Wirz & Ruth Richter

Der Schritt der Wirbeltiere vom Wasser aufs Land ist mit einigen fossilen Übergangsformen dokumentiert, die sich von ihren Vorfahren durch eine ganze Reihe von Merkmalen unterscheiden. *Wie* sich diese Veränderungen vollzogen haben, ist eine offene Frage. Hartnäckig hält sich auch heute noch die Überzeugung, dass solche Übergänge das Ergebnis einer von unabhängigen, zufälligen Mutationen sein müssen.

Kritik an dieser Auffassung wurde oft geäussert. So hat Conrad H. Waddington, der Begründer der Epigenetik, bereits in den fünfziger Jahren des letzten Jahrhunderts eine Reihe von Argumenten gegen die Zufallstheorie und für einen aktiven organismischen Beitrag an der Evolution vorgebracht (*Waddington* 1960). Dazu gehört der Hinweis, dass Übergangsformen, die z.B. nur einen Knochen im Bein eines Tieres betreffen, es daran hindern, sowohl die alte als auch eine neue Fortbewegungsart optimal auszuüben. Die Überlebenschance ist damit nicht gesichert. Zudem scheint die Wahrscheinlichkeit gering, dass in einer Population bei mehreren Tieren zur selben Zeit dieselbe Kombination von Mutationen auftritt. Damit können Neuheiten kaum weitervererbt werden, weil sie im genetischen «Rauschen» der Population verloren gehen. Dagegen werden durch die Umwelt induzierte Veränderungen in einer Population stets von mehreren Tieren vollzogen. Die Weitergabe in der Generationenfolge ist damit wahrscheinlicher als im Falle von Zufallsveränderungen.

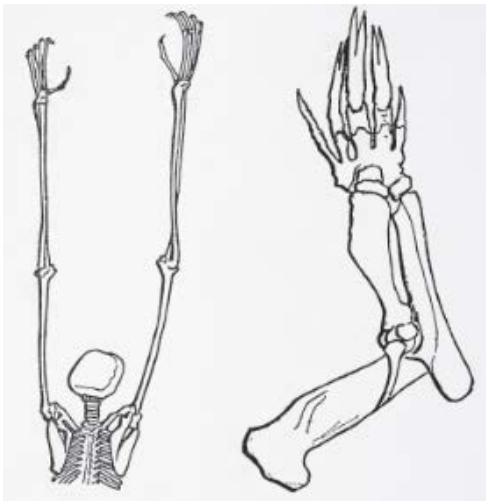

Abb. 1: Vorderbein eines Gibbon (links) und eines Schuppentiers (nach *Waddington* 1969)

Waddington postulierte, dass Tiere in veränderten Umwelten neue Verhaltensweisen und Bewegungsabläufe entwickeln, oder dass sie neue Nischen erschliessen können, die zu integralen Veränderungen der Anatomie und Physiologie führen und durch «genetische Assimilation» später erblich fixiert werden können. Dieses Postulat hat auch Susanna Kümmell in zwei Artikeln in unserer Zeitschrift mit eindrücklichen Beispielen gezeigt (2010, 2011) und mit einem Zitat von Mary Jane West-Eberhard untermauert: «Gene sind Nachfolger, nicht Führer der phänotypischen Evolution.»

2014 wurde in zwei Artikeln dargestellt, wie die Plastizität des Skeletts den Übergang vom Wasser aufs Land erleichtert (*Hutchinson* 2014, *Standen et al.* 2014). Die Arbeitsgruppe um Emily Standen in Ottawa (Kanada) hat Embryonen eines Lungenfisches aus der Gattung *Polypterus* acht Monate lang bis zum Erreichen des Erwachsenenstadiums an Land aufgezogen. Im Vergleich mit im Wasser aufgewachsenen Tieren einer Kontrollgruppe haben sich das Bewegungsmuster beim Landgang und die Anatomie des Skelettes verändert. Die Tiere der Versuchsgruppe bewegten die Brustflossen regelmässiger als diejenigen der Kontrollgruppe und hielten sie näher am Körper. Sie rutschten seltener ab und streckten den Kopf höher empor. Bei der Fortbewegung auf dem Land brauchen die Flossen mehr Bewegungsfreiheit. Dies spiegelte sich in anatomischen Formveränderungen der Knochen im Schulterbereich: Das Schlüsselbein wurde länger und dünner, der mittlere und obere Schulterknochen (*Cleithrum* und *Supracleithrum*) blieben schmaler, und es entstand eine der Kontaktfläche mit dem Schulterknochen entsprechende Höhlung im Schlüsselbein.

Trotz dieser anatomischen Veränderungen konnten sich die Fische der Versuchsgruppe im Wasser gleich gut fortbewegen wie diejenigen der Kontrollgruppe! Es handelt sich also nicht um einen «trade off», d.h. die für die Fortbewegung auf dem Land vorteilhaften Eigenschaften verringern nicht die Überlebenschancen im wässrigen Milieu.

Besondere Bedeutung gewinnt diese Studie dadurch, dass die Autoren die während der phänotypischen Entwicklung der Versuchstiere beobachteten morphologischen Modifikationen in Beziehung zu den anatomischen Veränderungen in der Evolution der Tetrapoden-Stammlinie gesetzt haben. Beim Übergang von im Wasser lebenden Vierfüssler-Vorfahren zu den frühesten bekannten Tetrapoden-Formen *Acanthostega* und *Ichthyostega* tauchen bemerkenswert ähnliche Merkmalsveränderungen im Skelett auf, wie sie sich bei *Polypterus* im Vergleich der Knochenmorphologie der Kontrollgruppe mit den auf dem Land aufgezogenen Versuchstieren zeigten: Eine deutliche Reduktion in der Grösse der Schultergürtelknochen, die eine grössere Flexibilität bei der Flossenbewegung erlaubt; eine Verlängerung