







Neben der Evolution neuer Enzymfunktionen aus promiskuitiven Nebenaktivitäten spielt für die Evolution von Neuheiten ein anderer Vorgang eine wichtige Rolle, der im Zusammenhang mit der Genomverdopplung erkannt wurde. Nach einer Verdopplung wird das Gesamtgenom neu arrangiert, dabei gehen viele Genkopien wieder verloren. Besonders eindrucksvoll lässt sich dieser Vorgang bei der Modellpflanze *Arabidopsis thaliana* erkennen, deren Genom insgesamt dreimal dupliziert wurde. In der rezenten Pflanze lassen sich noch heute die Spuren aller drei Duplikationsereignisse erkennen. In mehr als 200 Millionen Jahren Evolution wurde das Arabidopsis-Genom in seiner Chromosomen-Zusammensetzung und -Strukturmannigfaltig neu arrangiert. Dabei sind viele duplizierte Gene zufallsbedingt strukturell und regulatorisch neu zugeordnet worden. Dies bedeutet, dass die von ihnen codierten Merkmale (z.B. Enzyme) zufällig in neue Funktionsfelder geraten konnten. Waren diese vorteilhaft, sorgte positive Selektion für ihren Erhalt.

Die hier kurz allgemein umrissenen Evolutionsmechanismen werden an drei Beispielen aus der Evolution des pflanzlichen Sekundärstoffwechsels veranschaulicht. Der Sekundärstoffwechsel umfasst Stoffe und deren Biosynthesewege, die für die Pflanze überlebenswichtige Funktionen in ihrer Wechselwirkung mit der Umwelt haben. Insbesondere spielen sie eine zentrale Rolle in der chemischen Abwehr der Pflanze gegen Pflanzenfresser und pathogene Mikroorganismen. Ohne auf die Beispiele im Einzelnen einzugehen, lassen sich einige Erkenntnisse über die zugrundeliegenden Evolutionsmechanismen herausstellen:

1. Am Beispiel pflanzlichen Polyketidsynthasen wird deutlich, wie Enzym-Promiskuität als „Spielwiese der Evolution“ durch positive Selektion Enzyme mit vielfältig variiertes Substrat- und Produktspezifität hervorbringt.
2. Indol ist seit Jahrmilliarden essentieller Baustein der Aminosäure Tryptophan. Durch mehrfache Duplikation des Indol bildenden Enzyms in einigen Gräsern steht nun Indol für die Evolution neuer Funktionen in der chemischen Abwehr der Pflanze zur Verfügung: als flüchtiges Signal in der indirekten Verteidigung und unabhängig davon als Ausgangsstoff für die Synthese von Abwehrstoffen.
3. Das Duplikat eines Enzyms mit lebensnotwendiger Funktion in der Aktivierung eines regulatorischen Proteins wird mit seiner promiskuitiven Aktivität nahezu unverändert rekrutiert und als Schlüsselenzym in den Biosyntheseweg einer Klasse hochwirksamer Pflanzengifte (Pyrrolizidin-Alkaloide) integriert.

Die Beispiele zeigen, dass für neue Aufgaben freigestellte Genduplikate neu funktionalisiert werden können oder in ihren Funktionen kaum verändert für neue Aufgaben rekrutiert werden. Eine wesentliche „Strategie“ der Evolution scheint darin zu bestehen, Neues und Neuheiten durch Veränderung, Rekrutierung und Neuordnung bestehender Merkmale (Funktionen) zu schaffen.