

# Von Senecio zu Epigenetik

## Kommentar zu Jochen Bockemühl: Eine neue Sicht der Vererbungserscheinungen

*Johannes Wirz*

Goethes Typus – die konstituierende Idee der Pflanze – steht als unsichtbare Entität bis heute als naturwissenschaftliches Unding da. Aber ihre Implikationen für die Genetik, die Bockemühl am Ende der sechziger Jahre sorgfältig phänomenologisch herausgearbeitet hat, werden heute intensiv erforscht. Das Gemeine Greiskraut (*Senecio vulgaris*) ist eine autogame Pflanze, d.h. eine Mutterpflanze bringt Nachkommen hervor, die phänomenologisch kaum voneinander unterschieden werden können, wenn sie zur selben Zeit und unter denselben Bedingungen ausgesät werden. Nicht unerwartet gibt es morphologisch viele klar unterscheidbare Typen – Selbstbestäubung muss zu solchen Verhältnissen führen.

Nach Bockemühl können die Unterschiede verstanden werden, wenn das Gestaltpotential verschiedener Typen im Jahreslauf verfolgt wird. Durch monatliche Aussaaten werden Bildetendenzen sichtbar, die sich zu anderen Zeiten auch bei anderen Typen zeigen. So kann z.B. die Gestalt eines Typs A im April kaum von derjenigen eines anderen Typs B im Juli unterschieden werden. Die Typen halten nach Bockemühl also verschiedene Bildungstendenzen fest und geben sie an die Nachkommen weiter. Vererbung ist aus dieser Perspektive nicht Ursache für, sondern Folge von Gestaltbildung. Sie ermöglicht nicht Vielfalt, sondern schränkt sie ein. Zu einem ähnlichen Ergebnis, das zeigen die Schriften aus dem Nachlass, ist Goethe auf anderen Wegen ebenfalls gekommen.

Zur selben Zeit, als die Versuche mit dem Greiskraut durchgeführt wurden, schien die Genetik alle offenen Fragen gelöst zu haben. Das zentrale Dogma, das Watson und Crick formuliert hatten, war breit anerkannt. Es besagt mit der Formel  $DNA \rightarrow RNA \rightarrow Protein$ , dass in den Zellen aller Lebewesen Information nur in eine Richtung fließt: Vom Genpool im Kern zu den Proteinen im Zytoplasma. Deshalb, so die Interpretation, konnten Mutationen und damit Variationen in der DNA nur zufällig z.B. durch kosmische Strahlung oder Fehler bei der Replikation entstehen. Darüber hinaus war der genetische Code akribisch entschlüsselt worden – die Übersetzungsanleitung, mit welcher die Reihenfolge der RNA Basentriplets in die Reihenfolge der Aminosäuren im Protein übertragen wird, die genetische Sprache, konnte gelesen werden.

Das zentrale Dogma ist in den letzten Jahren gefallen. An jedem Punkt der Formel sind nicht-zufällige Änderungen möglich, die stets im Zusam-

menhang des Lebewesens mit seiner äusseren Umgebung entstehen. Die Genom-Projekte haben gezeigt, dass die früher als Schrott-DNA bezeichneten Sequenzen sehr viele transponierbare Elemente (TE) enthalten (*Bauer* 2008). Unter «Stress», man kann auch sagen in einem wechselnden äusseren Milieu, werden sie aktiviert, verändern ihren Ort im Genom und beeinflussen die Aktivität anderer Gene. Das ENCODE Projekt hat gezeigt, dass in den Regionen der Schrott-DNA Millionen von mikro-RNAs abgelesen werden, die regulatorische Funktionen haben (*ENCODE Project Consortium* 2004, 2012). Viele dieser RNAs werden wiederum erst in bestimmten Situationen aktiviert, z.B. unter Stressbedingungen. Diese mikro-RNAs können an Nachkommen weitervererbt werden. In der Folge fühlen diese sich z.B. unter Stress, selbst wenn dafür die äusseren Bedingungen fehlen. Vergleichbare Regulierungen der Genexpression sind auch möglich durch Methylierungsprozesse der DNA oder Acetylierungsvorgänge der Histone (*Felsenfeld* 2014). Histone sind Eiweisse, auf denen die DNA auf den Chromosomen aufgewickelt wird. Sie beeinflussen also die dreidimensionale Struktur der Chromosomen. Methylierungsprozesse unterdrücken die Transkription von Gensequenzen, Acetylierungsprozesse erleichtern sie. Beide Situationen werden durch bestimmte innere Bedingungen, z.B. im Laufe der Zelldifferenzierung, und äussere Umweltbedingungen eingeleitet und können ebenfalls an die Nachkommen weitergegeben werden. Und schliesslich ist mit der Entdeckung der Chaperones, den molekularen Anstandsdamen, auch deutlich geworden, dass an der dritten Position des zentralen Dogmas (Protein) Lebewesen – Hefepilze, Pflanzen und Tiere – ihre erfolgreiche Anpassung in der Evolution sicherstellen (*Buchner* 2002; *Shorter* und *Lindquist* 2008). Die Chaperones stellen die korrekte Faltung neu synthetisierter Proteine sicher. Aber sie können auch Eiweisse, die durch Mutationen verändert worden sind, in der ursprünglichen Struktur halten, das «Fehlerhafte» als fehlerlos erscheinen lassen. Auf extreme Umweltveränderungen können Lebewesen deshalb sofort mit neuen Proteinstrukturen reagieren und damit unter Umständen das Überleben sichern (*Wirz* 2008).

Obwohl heute die Bedeutung der nicht-zufälligen Effekte für die Evolution heftig diskutiert wird und ihr Nachweis nicht immer einfach ist, gilt es als gesichert, dass die wichtigsten Neuheiten in der Evolution nicht durch Genmutationen im klassischen Sinne geschehen, sondern durch Verfeinerung der Regulierung ihrer Expression. Und diese wird – in Übereinstimmung mit der Interpretation von Bockemühl – in ihrer Entwicklung von den Lebewesen selber in ihren Lebewelten geleistet!