

die Größe und Form von Haarfollikeln, die Beschaffenheit des Skeletts und der Ohren und die Regulierung der Körpertemperatur. Auch wenn diese Rückschlüsse auf Daten aus Maus-Modellen beruhen, sind sie mit Blick auf einen Wechsel des Habitats von einem subtropischen Klima zu den kalten Bedingungen Sibiriens schlüssig. Zudem ist die Mehrheit der proteincodierenden Gene bei allen Säugetieren sehr ähnlich – sie haben also häufig vergleichbare Funktionen.

Auffällig ist hierbei, dass alle erwähnten Anpassungen aus *Verlust* genetischer Information resultierten. Das deutlich häufigere Vorkommen von Deletionen im Vergleich zu Insertionen zeugt davon, dass das Genom insgesamt *schrumpft*. Diese Tendenz beschränkt sich allerdings in keiner Weise auf Wollhaarmammuts. Die Autoren schreiben (VAN DER VALK et al. 2022): „[...] Es gibt viele Fallstudien zu Schicksalen von Varianten, die Assoziationen zwischen Genverlust und unter positiver Selektion befindlichen Phänotypen von Säugetieren aufdeckten.“

Anders ausgedrückt: Die Degeneration ist eine gut belegte Tendenz in der Biologie. Eine allgemeine Höherentwicklung der Lebewesen dagegen, wie sie von Befürwortern der Evolutionslehre behauptet wird, lässt sich aus den Daten der Genetik nicht schlüssig ableiten.

[ROGERS RL & SLATKIN M (2017) Excess of genomic defects in a woolly mammoth on Wrangel island. *PLoS Genet* 13 (3): e1006601 • VAN DER VALK T et al. (2022) Evolutionary consequences of genomic deletions and insertions in the woolly mammoth genome. *iScience* 25, 104826] B. Schmidt/gall

■ Hakenblatt: Fleischfresser „on demand“

Eine der faszinierendsten Fähigkeiten von Lebewesen ist ihre *Plastizität*: Lebewesen sind aufgrund ihres vorprogrammierten Erbguts in der Lage, auf verschiedenste Umweltreize passend zu reagieren. Unsere eigene Hornhaut wird bei mechanischer Beanspruchung z. B. an Fingern und Füßen dicker; in dünnerer Luft wird die Anzahl der roten Blut-

körperchen im Blut hochgefahren; viele Pflanzen können ihre Blüten je nach Wetter öffnen und schließen oder dem Lauf der Sonne folgen. Dies ist jedoch keine Kleinigkeit! Jede plastische Reaktion erfordert einen Regelkreis, dessen Komponenten allesamt anspruchsvoll sind: Messen, vergleichen, nachführen und Vorgabe des Soll-Zustandes. 1. Ein Umweltreiz muss gemessen werden (z. B. Luftfeuchtigkeit oder Lufttemperatur). 2. Der Istzustand muss mit dem gerade passenden Sollzustand verglichen werden (passt z. B. die Blütenstellung zu den aktuellen Wetterbedingungen?). 3. Wenn der Istzustand vom Sollzustand abweicht, müssen Prozesse in Gang gesetzt werden, die das Einstellen des Sollzustands bewirken (z. B. die passende Blütenstellung). 4. Es muss vorgegeben sein, was unter welchen Bedingungen ein jeweils passender Sollzustand ist. Regelkreise können nur funktionieren, wenn alle Komponenten vorhanden sind. Daher sprechen sie sehr deutlich für Planung und können mit guten Gründen als Schöpfungsindizien betrachtet werden.

Ein ungewöhnliches Beispiel von Plastizität zeigt das in den Tropen Westafrikas lebende Hakenblatt (*Triphyophyllum peltatum*). Diese Lianenart ist medizinisch von besonderem Interesse, da sie Inhaltsstoffe produziert, die unter anderem gegen Bauchspeicheldrüsenkrebs und Leukämiezellen sowie gegen die Erreger von Malaria und anderen Krankheiten eingesetzt werden (VON MÜNCHHAUSEN 2023). Da die Pflanze drei verschiedene Blattyphen ausbilden kann, wird sie auch „Dreifaltigblatt“ genannt. Die Bezeichnung „Hakenblatt“ ist der Fähigkeit der Pflanze zu verdanken, Haken an den Blättern auszubilden, wenn sie in ein lianenartiges Wachstum übergeht (Abb. 1). Diese Haken unterstützen das Kletterwachstum der reifen Triebe. Die anderen beiden Blattformen sind zum einen lanzettlich-schmale Blätter der jungen Triebe und zum anderen spezielle Drüsenblätter mit gestielten und sitzenden Drüsen, die eine zähe Flüssigkeit absondern. Die Drüsen enthalten verschiedene Ver-



Abb. 1 Ein Blatt von *Triphyophyllum peltatum*, das beim Wechsel ins Lianenstadium Haken ausgebildet. (© Traud Winkelmann, LUH)

dauungsenzyme (Proteasen, Peroxidasen, Esterasen und Phosphatasen) und fungieren somit als Fallenblätter (Klebfallen) (Abb. 2). Viele Käfer und andere Insekten bleiben an den „Tröpfchen“ hängen und werden aufgelöst und verdaut. Wir haben es also mit einer fleischfressenden Pflanze zu tun.

Die Fallenblätter werden aber nicht immer ausgebildet, sondern nur bei Bedarf (*on demand*) unter bestimmten Umweltbedingungen. Dies ist ein typischer Fall von Plastizität (genetisch vorprogrammierter Anpassungsfähigkeit) und das einzige bisher bekannte Beispiel für eine *fakultative* Karnivorie bei Pflanzen. Das karnivore (fleischfressende) Stadium kann unter Umständen komplett ausfallen und zu verschiedenen Zeitpunkten abgerufen werden, abhängig von den Gegebenheiten des Lebensraums der Pflanze. Die fleischfressenden Blätter werden am häufigsten – aber nicht ausschließlich – in der Zeit von März bis Juni, also kurz vor Beginn der Regenzeit, gebildet.

Schon länger wurde vermutet, dass Nährstoffmangel der auslösende Faktor für die Ausbildung der spezialisierten Drüsenblätter ist. Allerdings war der Auslöser bis vor Kurzem unbekannt und wegen der Schwierigkeiten, die Pflanzen zu kultivieren, schwer herauszufinden. Nun hat eine Forschergruppe aus Würzburg und Hannover den auslösenden Faktor aufgeklärt (WINKELMANN et al. 2023). Den Forschern gelang es, die Pflanzen in Kulturgefäßen auf wohldefinierten Nährmedien in großer Stückzahl zu kultivieren. Die Pflanzen wurden



Abb. 2 Ein karnivores Blatt von *Triphyophyllum peltatum* mit Drüsen, die zum Fang von Insekten eine klebrige Flüssigkeit absondern. (© Traud Winkelmann, LUH)

verschiedenen Stressfaktoren ausgesetzt, darunter einem Mangel an den Hauptnährstoffen Stickstoff, Kalium und Phosphor. Von allen getesteten Stressoren wurde nur bei Phosphormangel die Bildung von fleischfressenden Blättern beobachtet. Weitere Faktoren spielten keine nennenswerte Rolle. Die Fallenblätter ähnelten vollständig denen, die unter natürlichen Wachstumsbedingungen zu finden sind. Damit war das auslösende Signal erkannt. Phosphor ist nicht nur ein Nährstoff, sondern dient auch als Signal (WINKELMANN et al. 2023, 11). Dieser Zustand entspricht der ersten oben genannten Komponente eines Regelkreises (das zu erfassende Signal ist die zur Verfügung stehende Phosphormenge). *Triphyophyllum peltatum* kann somit in seinem natürlichen Lebensraum einer saisonal drohenden Mangelerkrankung durch Bildung der Fallenblätter begegnen und durch Verdauung der erbeuteten Insekten an das wichtige Nährelement Phosphor gelangen.

Jenseits der Biologie. Das Beispiel des Hakenblatts zeigt, dass bei Lebewesen beträchtliche Optionen schlummernd in ihrem Erbgut vorliegen können. Komplexe Konstruktionselemente können so komplett angelegt sein und durch

einen bloßen auslösenden Reiz verfügbar gemacht werden. In den ersten Kapiteln der Bibel wird angedeutet, dass die Schöpfung durch die Sünde der ersten Menschen teilweise umgewandelt wurde, sodass es unter anderem zur fleischfressenden Lebensweise kam. Wie kann man sich eine solche Umwandlung vorstellen? Man wird hier zwar nur spekulieren können, aber die fakultative Karnivorie bei *Triphyophyllum* könnte immerhin als Modell dafür betrachtet werden, dass ein solcher Übergang grundsätzlich relativ einfach möglich ist. Dies ist der Fall, wenn entsprechend vorgeplant wurde und Bauplanmodule für die fleischfressende Lebensweise bereits von Anfang an im Erbgut angelegt waren.

[VON MÜNCHHAUSEN MF (2023) Mangel weckt den Appetit auf Fleisch. Informationsdienst Wissenschaft vom 16.05.2023, <https://idw-online.de/de/news814428> • WINKELMANN T, BRINGMANN G, HERWIG A & HEDRICH R (2023) Carnivory on demand: phosphorus deficiency induces glandular leaves in the African liana *Triphyophyllum peltatum*. New Phytologist, doi:10.1111/nph.18960] R. Junker

■ Flügelmuster bei Schmetterlingen: sehr „alte“ genetische Module

Schmetterlinge gehören sicherlich zu den bemerkenswertesten Insektenarten. Nicht nur ihre Metamorphose, sondern auch die vielen faszinierend schönen Flügelmuster veranlassen jeden Beobachter zum Staunen und Nachsinnen. Einigen Schmetterlingen dienen die Flügelmuster zur Abschreckung von Fressfeinden. Kürzlich haben Forschungsarbeiten an fünf verschiedenen Arten von Schmetterlingen aus der Familie der Edelfalter (*Nymphalidae*) ergeben, dass die Variationen ihrer Flügelmuster, die zwischen verschiedenen Arten stark übereinstimmen, auf nichtcodierenden genetischen Elementen beruhen (MAZO-VARGAS et al. 2022); diese waren früher fälschlicherweise oft als genetischer „Schrott“ bezeichnet worden. Die Autoren beschreiben die Fragestellung ihrer Arbeit wie folgt: „Es ist bisher kaum verstanden, wie