

Flechten – unauffällige Überlebenskünstler

Obschon Flechten nicht als auffällige Lebewesen wahrgenommen werden, kommen sie fast überall vor: Flechten findet man direkt vor der Haustür, an Bäumen, auf Erde und an Gestein bis auf die höchsten Gipfel der Schweiz. Flechten sind Überlebenskünstler, Teamplayer und sie stellen mit mehr als 2000 in der Schweiz bekannten Arten eine wichtige Komponente der Biodiversität dar. Kürzlich ist ein umfassender Naturführer zu dieser farbenfrohen Organismengruppe erschienen. Daraus werden hier ausgewählte Aspekte aus Ökologie und Naturschutz vorgestellt.

Die Strauchflechte *Evernia prunastri* erscheint makroskopisch als einheitlicher Organismus (Abb. 1 oben). Erst bei mikroskopischer Betrachtung wird ihre Doppelnatur sichtbar: Flechten bestehen nämlich aus fädigen Hyphen eines Pilzpartners, welcher in einer dauerhaften Verbindung mit einem Fotobionten, d.h. einer Fotosynthese betreibenden einzelligen oder fädigen Grünalge oder einem Cyanobakterium zusammenlebt (Abb. 1 unten). Weil im Falle der Flechten bei diesen Doppelwesen die beiden Partner voneinander profitieren, spricht man von einer mutualistischen Symbiose.

Am Anfang der Nahrungskette

Dabei bildet der Pilzpartner in den meisten Fällen die Architektur des Flechtenlagers und ist für die Aufnahme von Wasser und mineralischen Nährstoffen verantwortlich. Darüber hinaus verankert er die Flechte an ihrer Unterlage, er produziert aber auch Flechtenstoffe mit stark antiherbivorer, antibiotischer und antimykotischer Wirkung, wodurch beide Symbionten vor Fressfeinden und Parasiten geschützt werden.

Dank der dauerhaften Verbindung des Pilzpartners mit einem Fotobionten sind Flechten Primärproduzenten und stehen am Anfang komplexer Nahrungsnetze. Weil an typischen Flechtenstandorten Blütenpflanzen und Moose an ihre ökologi-

schen Grenzen stossen, spielen Flechten dort eine wichtige Rolle als Primärproduzenten. Strauchflechten alpiner Wind- und Zwergstrauchheiden sind eine wichtige Winternahrung für Schneehuhn, Gämse und Steinbock. Aber auch an Felsflächen wachsende Krustenflechten sind Nahrungsquelle für Schnecken, Hornmilben und spezielle Schmetterlingsraupen.

Gemeinsame Ausbreitung

Sogar die Vermehrung und Ausbreitung der Flechte erfolgt in vielen Fällen gemeinsam. Viele Flechten vermehren sich mittels vegetativer, symbiotischer Ausbreitungseinheiten. In diesen Fällen dienen kleine Bruchstücke oder spezifisch gebildete Körnchen oder Auswüchse als Ausbreitungseinheiten, welche nach der Ausbreitung am neuen Standort direkt wieder zu einem neuen Flechtenlager auswachsen können. Bei dieser Ausbreitung symbiotischer Ausbreitungseinheiten vermehren sich beide Symbionten vegetativ (erkennbar an den Gruppen von Körnchen auf den Lappen in Abb. 1 oben und 2 links).

In anderen Fällen kann sich der Pilz geschlechtlich vermehren, meist mit Ascosporen. In diesen Fällen breitet sich der Pilzpartner zunächst ohne Symbionten aus und muss am neuen Standort zunächst mit dem passenden Fotobionten eine neue Symbiose eingehen. Bei vielen Arten werden die beiden Ausbreitungsstrategien kombiniert, wobei lokal die Vermehrung mit symbiotischen Ausbreitungseinheiten meist dominiert (Abb. 2 links).

Stark schwankender Wassergehalt

Im Gegensatz zu Blütenpflanzen weisen Flechten einen stark schwankenden Wassergehalt auf. Bei feuchter Witterung nehmen Flechten Wasser über ihre Oberfläche auf und sind bei einem Wassergehalt von mehr als 50 Prozent ihres Trockengewichtes physiologisch aktiv. In wassergesättigtem Zustand sind die Zellen der Symbionten turgeszent, das heisst sie sind maximal mit Wasser gefüllt. Deshalb sind dann die einzelligen Fotobionten im Inneren des Flechtenlagers in diesem Zustand meist kugelförmig.



Abb. 1: Die Strauchflechte *Evernia prunastri* am natürlichen Standort (oben) und als Querbruch in wassergesättigtem Zustand im Tieftemperatur-Rasterelektronenmikroskop (unten). (Bilder: Ch. Scheidegger)

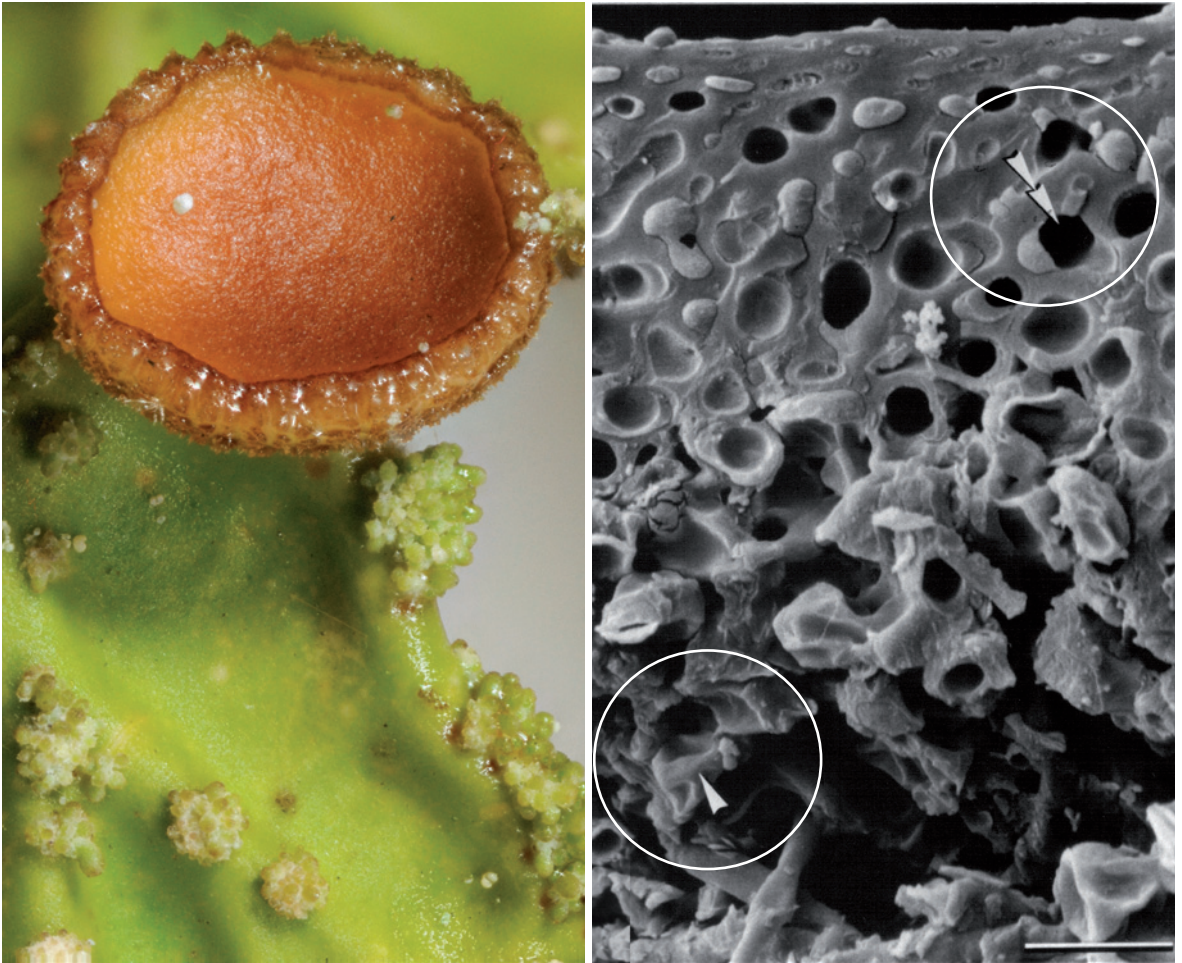


Abb. 2, links: Bei der Echten Lungenflechten *Lobaria pulmonaria* kann sich der Pilzpartner durch Ascosporen, welche in den rotbraunen Fruchtkörpern gebildet werden, geschlechtlich vermehren. Die vegetativen Ausbreitungseinheiten dienen der gemeinsamen Ausbreitung von Pilzpartner und Fotobiont. Rechts: Ein Querbruch durch ein lufttrockenes Lager von *Lobaria pulmonaria* zeigt kollabierte Algenzellen (weisse Pfeilspitze) und kavitierte Pilzhyphen der quergebrochenen Zellen (doppelte Pfeilspitze). (Bilder: Ch. Scheidegger)

Weil die Oberfläche der Pilzhyphen im Inneren des Flechtenlagers eine hydrophobe (also wasserabstossende) Oberfläche aufweisen, ist das Mark des Flechtenlagers auch in wassergesättigtem Zustand immer noch mit Luft gefüllt (Abb. 1 unten). Bei austrocknender Witterung verdunstet das Wasser wiederum durch die Oberfläche, weil Flechtenlager über keinen effektiven Verdunstungsschutz verfügen.

Nachdem Wasserfilme auf der Oberrinde als erstes verdunstet sind, verdunstet auch das in den Zellen der Symbionten gespeicherte Wasser. Das verdunstende Wasservolumen wird dabei grösstenteils kompensiert, indem die Zellen der Fotobionten mit mechanisch instabilen Zellwänden kollabieren. Schliesslich sind die Zellwände der Fotobionten im

trockenen Lager mehrfach eingefaltet und das Volumen beträgt nur noch einen kleinen Bruchteil der kugeligem Fotobionten im wasser-gesättigten Zustand. Die aus starren Zellwänden aufgebauten Hyphen können jedoch in den meisten Fällen nicht kollabieren, sondern sie kompensieren den Volumenverlust durch Bildung von mit Wasserdampf gefüllten Hohlräumen (Kavitation) (Scheidegger et al. 1995).

Bei der Kavitation erfolgt unter stark negativen Druckverhältnissen im Symplasten ein explosionsartiger Phasenübergang aus der flüssigen in die gasförmige Phase. In lufttrockenen Flechten ist dann mikroskopisch in jeder Zelle eine auffällige Luftblase sichtbar, die vor allem in den Rindenzellen leicht zu beobachten sind (Abb. 2 rechts).



Abb. 3: *Peltigera venosa* in feuchtem (oben) und trockenem Zustand (unten). (Bilder: Ch. Scheidegger)

Farbwechsel bei Feuchte

Bei Flechten ohne pigmentierte Rinde unterscheiden sich feuchte Flechtenlager von trockenen deshalb auch farblich: Das Licht dringt in feuchtem Zustand durch die turgeszenten Rindenzellen und wird an den grünen Fotobionten reflektiert, weshalb beispielsweise das Lager von *Peltigera venosa* feucht intensiv grün gefärbt ist (Abb. 3 oben). In lufttrockenem Zustand ist die gleiche Flechte aber grau, weil das Licht bereits an mehreren Schichten kavittierter Rindenzellen reflektiert wird (Abb. 3 unten).

Ist die Flechte schliesslich ausgetrocknet, stellt sie ihre physiologischen Aktivitäten vollstän-

dig ein und verharrt während trockenen Witterungsphasen in einem anabiotischen Zustand, einer Art Dornröschenschlaf. Dank dieser Fähigkeit, ökologisch ungünstige Phasen in der Anabiose zu überdauern, vermögen Flechten an extremen Lebensräumen zu überleben.

Ja, Lebensräume, an welchen flüssiges Wasser nur eingeschränkt verfügbar ist, sind die eigentlich typischen Standorte von Flechten, weil ihnen dort nur wenig Konkurrenz von raschwüchsigen Pflanzen erwächst. Gerade weil Flechten einen grossen Teil der Zeit anabiotisch verbringen, ist ihre Produktivität deshalb oft gering und das Wachstum



Abb. 4: Vegetative Ausbreitungseinheiten des Schwarzen Kugelträgers *Bunodophoron melanocarpum* wurden in Baumwollgaze am natürlichen Standort verankert. Ein Transplantat hat 32 Jahre benötigt, um sich vielfach zu verzweigen und ungefähr 2 cm zu wachsen. (Bild: Ch. Scheidegger)

in vielen Fällen minimal. An optimalen Standorten können Strauchflechten immerhin ungefähr einen Zentimeter pro Jahr wachsen, aber im Hochgebirge sind bei Krustenflechten Wachstumsraten von deutlich weniger als 1 mm pro Jahr vermutlich eher die Regel als die Ausnahme. So erstaunt es auch nicht, dass die meisten Flechtenarten jahrzehntelange Generationszeiten aufweisen, andererseits beispielsweise an Felsflächen vermutlich auch mehrere tausend Jahre alt werden können.

Artenrückgang und Artenförderung

Trotz ihrer «harten Schale» als extremophile Organismen sind 37 Prozent der untersuchten Flechten in der Schweiz gefährdet. Der Anteil gefährdeter Arten ist mit 44 Prozent bei den baumbewohnenden Flechten deutlich höher als bei den erdbewohnenden Arten (Scheidegger et al. 2002). Die bewähr-

ten Instrumente Habitatsschutz und -aufwertung gehören in vielen Fällen auch für die Flechten zu den wichtigsten Massnahmen.

Speziell für baumbewohnende Flechten gelten zusätzlich die Erhaltung von Trägerbäumen und das Transplantieren von Flechtenfragmenten auf bisher unbesiedelte Bäume im Bestand als erfolgreiche subsidiäre Massnahmen. Im eingangs erwähnten Buch «Flechten der Schweiz» werden verschiedene Beispiele von Vorkommen erwähnt, welche durch Transplantation stabilisiert wurden.

Sind nämlich Vorkommen dieser Arten erst einmal so stark dezimiert, dass sie nur noch auf einem oder wenigen Bäumen vorkommen, können sie dort zwar bei geeigneten Massnahmen zum Schutz des Trägerbaumes und der Erhaltung der lokalen Habitatsqualität noch während mehreren Jahren bis Jahrzehnte überleben. Derart kleine Vor-

kommen sind aber oft nicht mehr in der Lage, sich aus eigener Kraft zu vermehren und an Bäume auszubreiten, an welchen die Arten für weitere Jahrzehnte leben können.

Zudem ist das Risiko hoch, dass solche Kleinstvorkommen durch ein einzelnes Ereignis wie Windwurf zerstört werden und die Art dadurch regional sogar aussterben kann. Deshalb wurden seit über 30 Jahren Versuche zur künstlichen Vermehrung von Flechten in naturnahen Wäldern entwickelt und seither an ausgewählten Arten mit Erfolg durchgeführt.

Transplantation erfordert Geduld

Auch der Schwarze Kugelträger *Bunodophoron melanocarpum* wurde im Gurnigelwald in Zusammenarbeit mit dem lokalen Forstdienst an ausgewählte Bäume in der näheren Umgebung des ursprünglichen Trägerbaumes transplantiert. Weil für die Transplantation einzelne vegetative Ausbreitungseinheiten verwendet werden, konnten die Artenförderungsmaßnahmen ohne negative Auswirkungen auf das einzige vorhandene, ausgedehnte, aus bis 6 cm langen Stängeln bestehende, natürlich vorkommende Flechtenlager durchgeführt werden. Allerdings mussten die höchstens 3 Millimeter grossen Bruchstücke in den ersten Jahren regelmässig gepflegt werden, damit sie sich zwar gegen die Konkurrenz von Moosen durchsetzen, aber trotzdem von ihrer Anwesenheit profitieren konnten. Die mitwachsenden Moose haben nämlich die Transplantate länger feucht gehalten und damit zur Verlängerung ihrer physiologischen Aktivität beigetragen.

Es braucht flankierende Massnahmen

Nach 32 Jahren haben sich die Transplantate nun vielfach verzweigt; sie sind jetzt über 2 cm gross (Abb. 4) und können sich nun ohne weitere Pflegemaassnahmen am Stamm des neuen Trägerbaumes entwickeln. Das ursprünglich vorhandene Lager ist inzwischen leider verschwunden, vermutlich durch Schnee, der am Stamm festgefroren war und dann beim Abrutschen das gesamte Flechtenlager zerstört hat.

Bunodophoron melanocarpum hat aber dank der gezielten Artenförderungsmaßnahmen in diesem Wald überleben können. Damit sich aber wieder ein überlebensfähiges Vorkommen entwickeln kann, sind weitere langfristige Artenförderungs-

massnahmen nötig. Selbstverständlich können diese aber nur dann zielführend sein, wenn parallel dazu auch der Lebensraum aufgewertet werden kann und die neuen Trägerbäume während der nächsten Jahrzehnte geschont werden.

Christoph Scheidegger

Der Autor ist Gastwissenschaftler bei der Forschungseinheit Biodiversität und Naturschutzbiologie an der WSL in Birmensdorf.

Literatur

Scheidegger, C., P. Clerc, M. Dietrich, M. Frei, U. Groner, C. Keller, I. Roth, S. Stofer, und M. Vust. 2002. Rote Liste der gefährdeten baum- und erdbewohnenden Flechten der Schweiz. WSL, CJB, BUWAL, Bern.

Scheidegger, C., B. Schroeter, und B. Frey. 1995. Structural and functional processes during water vapour uptake and desiccation in selected lichens with green algal photobionts. *Planta* 197: 399-409.



Scheidegger Ch., Keller Ch., Stofer S. 2023. *Flechten der Schweiz – Vielfalt, Biologie, Naturschutz. Mit 52 Exkursionen und einem Vorwort von Kim de l'Horizon.* Haupt Verlag. 592 S. ISBN 978-3-258-08309-4 (UVP CHF 58.–)