

FLECHTEN

Farbe, Gift & Medizin



Vorwort

Mehr als 30 Jahre ist es her, als im Mai 1986 bereits einmal eine Flechtenausstellung im Oberösterreichischen Landesmuseum eröffnet wurde. Damals stand die Schau unter dem Motto „Flechten – bedrohte Wunder der Natur“ – ein Titel, der heute mehr denn je Gültigkeit besitzt. Auch wenn diese Doppelwesen aus Pilz und Alge einerseits extrem widerstandsfähig sind und von trockenen, heißen Wüsten bis zu eisigen Felsregionen der Antarktis vorkommen, reagieren viele Arten äußerst empfindlich auf Luftverunreinigungen durch Stickoxide, Schwefeldioxid und andere Schadstoffe. Flechten sind deshalb ideale Bioindikatoren, die Aufschluss darüber geben, ob die Luft, die wir atmen, belastet ist oder nicht. Da heute die meisten Luftschadstoffe menschengemacht sind, haben wir es mehr oder weniger in der Hand, ob wir weiter die Überlebensmöglichkeiten empfindlicher Flechtenarten einschränken oder versuchen wollen, ihr Überleben und damit auch unser Überleben zu sichern.

Der Titel der Flechten-Ausstellung im Jahr 2016 lautet „Flechten – Farbe, Gift & Medizin“. Damit wird bereits im Titel angekündigt, dass bei der neuen Ausstellung nicht nur die Biologie und Ökologie behandelt wird, sondern verstärkt auch auf verborgene Aspekte dieser Lebensgemeinschaften aus Alge und Pilz eingegangen werden soll. Denn wie man aufgrund verfeinerter Analysemethoden heute weiß, sind die oft farbenprächtigen Flechten nicht nur ästhetisch sehr ansprechend – ein Phänomen, das sich oft erst bei genauerer Betrachtung und manchmal erst unter dem Mikroskop offenbart – sondern besitzen auch Inhaltsstoffe, die heute in der

medizinisch-pharmazeutischen Forschung nicht mehr wegzudenken sind. Vor allem in Zeiten, in denen immer neue Antibiotika-resistente Bakterienstämme bekannt werden, wird die Suche nach Alternativen zu herkömmlichen Antibiotika immer bedeutender – und auch hier wurde man bei Flechten fündig! Aber auch in der Krebstherapie werden Substanzen getestet, die aus Flechten isoliert wurden. Da schließt sich der Kreis von der modernen Medizin zur Volksmedizin, in der Flechten seit alters her verwendet wurden. So findet man in alten Kräuterbüchern Hinweise auf Verabreichungen von Flechten, die z.B. auf Totenschädeln gewachsen sind als Mittel gegen epileptische Anfälle, andere werden als Beimengung zu Giftködern propagiert oder manche einfach als Nahrungsmittel eingesetzt. Andere Inhaltsstoffe aus Flechten finden Verwendung in der Parfümindustrie, beim Färben von Fasern und Stoffen, als Indikatoren bei chemischen Reaktionen – wenn man sie so bezeichnen will, sind sie nichts anderes als chemische Laboratorien im Kleinen.

Flechten als kleine chemische Laboratorien sind aber wiederum nur ein Aspekt einer extrem vielfältigen Lebensform. Wer einmal durch einen Wald gegangen ist, in dem reichlich Bartflechten von den Bäumen hängen, wird sich unweigerlich an den Märchenwald der Kindheit erinnern, der immer etwas Geheimnisvolles ausgestrahlt hat. Flechten sind trotz ihrer Unscheinbarkeit in vielerlei Hinsicht faszinierende Lebewesen, und etwas von dieser Faszination versucht diese Ausstellung zu vermitteln.



Lange Zeit war man sich nicht im Klaren darüber, welchen Platz Flechten im System der Lebewesen einnehmen. Einige Flechtenarten wurden zu den Moosen gestellt. Wieder andere galten als Algen. Bis heute werden baumbewohnende Flechten oft als „Baummoose“ bezeichnet. Auch die Hirschhornflechte (*Cetraria islandica*) kennt man nach wie vor unter dem Namen „Isländisches Moos“.

Foto: Roman Türk

Flechten – allgegenwärtig und doch unbekannt

Bereits vor über 220 Millionen Jahren gingen Pilze eine besondere Partnerschaft mit einzelligen Algen ein. Dabei entstand eine neue Organisationsform mit eigenen Merkmalen: die Flechte. Die enge Gemeinschaft von Alge und Pilz ist höchst erfolgreich. Flechten können extreme Lebensräume besiedeln, in die keiner der beiden Partner allein vordringen könnte. Sie ertragen Nässe und Trockenheit, Hitze und Kälte. Man findet sie in Wüsten und Halbwüsten ebenso wie im Hochgebirge, in der arktischen Tundra und in der Antarktis.

Eins plus eins bleibt eins

Flechten sind beinahe allgegenwärtig: Sie überziehen Holzzäune, Mauern, Ziegeldächer und sogar Glas. Sie gedeihen auf dem Boden, auf Steinen und natürlich auf Bäumen. Zudem sind sie nicht nur während der warmen Jahreszeit, sondern das gesamte Jahr über präsent. Dennoch gehen die meisten Menschen achtlos an ihnen vorüber. Und tatsächlich sind viele Flechten recht unscheinbar in Form und Farbe. Sie bilden keine auffälligen Blüten aus und ihre Größe ist zumeist recht gering. Doch wie so oft gilt auch in diesem Fall: Man sollte sich nicht von Äußerlichkeiten täuschen lassen! Denn Flechten spielen in den Ökosystemen dieser Welt eine wichtige Rolle.



Flechten sind mehr als die „Summe ihrer Teile“ (hier die Finger-Becherflechte, *Cladonia digitata*). Durch das enge Zusammenleben von Alge und Pilz entsteht eine ganz neue Lebensform mit einzigartigen Merkmalen. Flechten unterscheiden sich nicht nur in ihrem Aussehen, sondern auch in ihrer Physiologie ganz entscheidend von jenen „Einzelkomponenten“, aus denen sie aufgebaut sind.

Foto: Heiko Bellmann

Aber was sind Flechten eigentlich?

Flechten erinnern ein wenig an Moose und werden auch häufig mit diesen verwechselt. Ein gravierender Fehler. Denn Flechten gehören noch nicht einmal zu den Pflanzen! Ihre wahre Natur war den Menschen lange Zeit rätselhaft. Erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erkannte man, dass eine Flechte nicht ein einziges Lebewesen, sondern vielmehr eine Lebensgemeinschaft ist: eine Symbiose, an der zwei oder mehrere Partner teilhaben, die gemeinsam eine neue, einmalige Lebensform aufbauen. Doch auch wenn eine Flechte aus mindestens zwei verschiedenen Lebewesen besteht – rein äußerlich ist ihre „Doppelnatur“ nicht zu erkennen.

Einer der beiden Symbiosepartner, aus denen eine Flechte besteht, ist stets ein Pilz. Man bezeichnet diesen Pilzpartner als den Mykobionten (von griech. *mykes* = Pilz). Größtenteils sind es sogenannte Schlauchpilze, die sich an der Flechtenbildung betei-

gen. In seltenen Fällen können es aber auch Ständerpilze sein. Diese Tatsache, dass die Pilzpartner aus verschiedenen Klassen im System der Pilze stammen, ist interessant. Lässt sie doch den Schluss zu, dass die Flechten-Symbiose im Laufe der Stammesgeschichte mehrfach unabhängig voneinander entstanden ist. Die Pilze, die man in einer Flechtensymbiose findet, haben ihre Eigenständigkeit verloren. Das heißt, sie gedeihen in der Natur nur in Verbindung mit der zugehörigen Alge und kommen nicht alleine vor.

Die Algen, die gemeinsam mit dem Pilz eine Flechte aufbauen, kommen dagegen auch freilebend vor. Das heißt, sie gedeihen auch ohne ihren Symbiosepartner. Bilden sie Teil einer Flechte, werden sie als Photobionten bezeichnet. (Der Name rührt daher, dass die Algen anderes als ihr Pilzpartner zur Photosynthese befähigt sind.) Die meisten Algen, die man in Flechten findet, stammen aus der ausgesprochen artenreichen Gruppe der Grünalgen. Es handelt sich um mikroskopisch kleine, ein- oder



Flechten – allgegenwärtig und doch unbekannt

Flechten sind fragile Schönheiten, die sich dem aufmerksamen Betrachter in einer großen Bandbreite von Farben und Formen präsentieren: Sie bilden gelbe, rote, orange, grüne, weiße, schwarze, blaue oder graue Krusten auf Holz oder Stein. Als bartartige Gebilde schmücken sie Bäume und Sträucher. Sie können aber auch längliche Strukturen, kleine Schüppchen, breite Lappen und sogar Miniaturbäumchen bilden. a: die Gelappte Dotterflechte (*Candelariella medians*), b: die Apfelflechte (*Peltigera aphthosa*), c: die Gewöhnliche Säulenflechte (*Cladonia coniocraea*), d: die Wald-Rentierflechte (*Cladonia arbuscula*), e: die Schönfrüchtige Cladonie (*Cladonia bellidiflora*), f: die Röhrlige Blasenflechte (*Hypogymnia tubulosa*), g: der Gewöhnliche Baumbart (*Usnea filipendula*)

Fotos: a, c, d, e, g: Roman Türk,
b, f: Heiko Bellmann





Der Großteil aller Flechtenpilze zählt zur Gruppe der Schlauchpilze (Ascomycota). Ihren Namen verdanken die Schlauchpilze den charakteristischen schlauchförmigen Fortpflanzungsstrukturen (den sogenannten Ascii). Für gewöhnlich sind die Fruchtkörper der Schlauchpilze klein und erreichen kaum je eine Größe von mehr als einem Zentimeter. Manche Schlauchpilze bilden aber auch auffälligere Fruchtkörper aus. So zum Beispiel Trüffeln, Becherlinge (hier der Zinnoberrote Prachtbecherling, *Sarcoscypha coccinea*, oben) oder auch Morcheln (wie die Halbfreie Morchel, *Morchella gigas*, unten).

Fotos: Andrea Benedetter-Herramhof (oben), Stephan Weigl (unten)



Gelegentlich wird eine Flechte auch von einem Ständerpilz (Gruppe der Basidiomycota) aufgebaut. Zu den Ständerpilzen gehören auch viele bekannte Speisepilze wie zum Beispiel der Steinpilz (*Boletus edulis*, oben) oder der Parasol (*Macrolepiota procera*, unten). Ihre Fruchtkörper sind für gewöhnlich groß und auffällig. Die Sporen der Ständerpilze werden in Sporenständen, sogenannten Basidien, gebildet.

Fotos: Heiko Bellmann

Der Pilzpartner (Mykobiont)

Zu den Symbiosepartnern, die gemeinsam eine Flechte aufbauen, zählt immer ein Pilz. (Gelegentlich können es auch zwei Pilzarten sein.) Pilze sind eine enorm artenreiche und dazu recht uneinheitliche Gruppe. Bis heute ist allerdings nur ein Bruchteil aller Pilze bekannt: Nämlich rund 100.000 von schätzungsweise 1 bis 1,5 Millionen Arten.

Lange Zeit wusste man nicht, welchen Platz Pilze im System der Lebewesen einnehmen. Zusammen mit den Algen, Moosen und Farnen wurden Pilze zunächst zu den „niederen Pflanzen“ gezählt. Bis heute spricht man daher von der „Pilzflora“. Doch sind Pilze – auch wenn es auf den ersten Blick so scheint – keine Pflanzen. Sie besitzen kein Blattgrün (Chlorophyll). Daher können sie ihren Energiebedarf nicht mit Hilfe des Sonnenlichts decken. Sie ernähren sich – genau wie Tiere und auch wir Menschen – von anderen Lebewesen. Als Speicher-

Flechten – allgegenwärtig und doch unbekannt

stoff verwenden Pilze im Gegensatz zu Pflanzen keine Stärke, sondern tierisches Glykogen. Und auch ihre Zellwände bestehen in der Regel nicht aus Zellulose wie bei den Pflanzen. Sie enthalten zumeist Chitin – einen Stoff, der im Pflanzenreich nicht vorkommt, der aber zum Beispiel den Panzer von Insekten bildet.

Trotzdem sind Pilze auch keine Tiere. Von den Tieren unterscheiden sie sich nicht so sehr durch ihre sesshafte Lebensweise – denn schließlich gibt es auch im Tierreich sesshafte Organismen. Die Unterschiede bestehen vor allem auf der Ebene der Zellen: Anders als Tiere besitzen Pilze nämlich Zellsafträume (sogenannte Vakuolen) und Zellwände.

Pilze zählen also weder zu den Pflanzen noch zu den Tieren. Sie bilden ein eigenständiges Reich, zu dem sowohl Einzeller (wie zum Beispiel die Hefe) als auch Vielzeller (wie etwa Schimmelpilze, Schlauchpilze oder Ständerpilze) gehören. Als Zersetzer ernähren sich Pilze von totem organischem Material. Als Parasiten gedeihen sie auf lebenden Organismen – auf Pflanzen, Tieren oder anderen Pilzen, die sie dadurch schädigen. Als Symbionten dagegen leben sie mit (höheren) Pflanzen in einer engen Gemeinschaft, von der beide Partner profitieren.

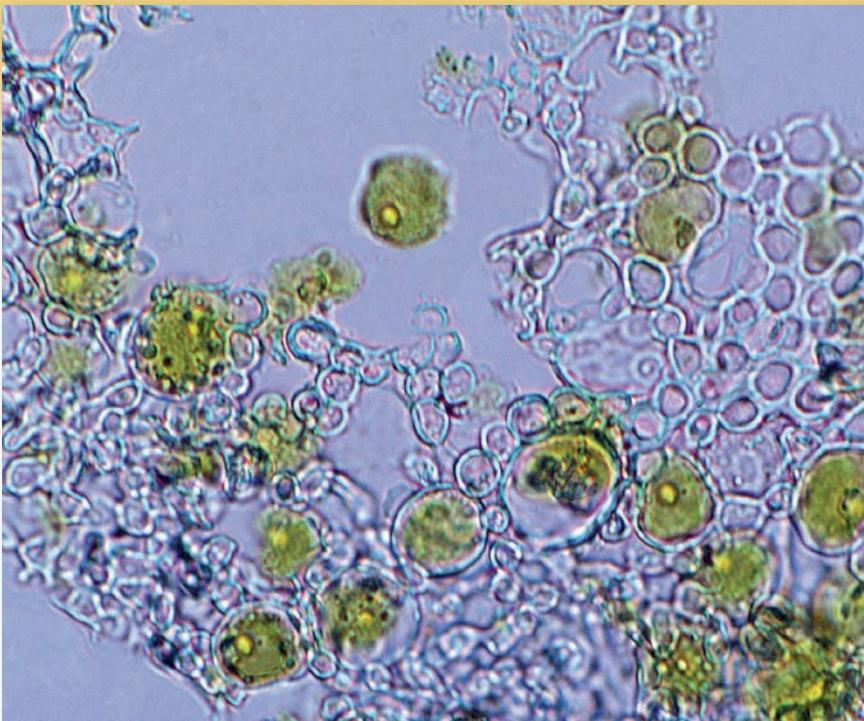
Von anderen Organismen-Gruppen grenzen sich Pilze vor allem durch ihre Lebensweise und ihren Körperbau ab. Das, was wir üblicher Weise als Pilze bezeichnen, sind in Wirklichkeit nur die Fruchtkörper – also die Fortpflanzungsorgane des Pilzes. Und auch der Begriff „Fruchtkörper“ ist irreführend. Denn Pilze bilden keine Früchte, sondern Sporenträger zur Verbreitung ihrer Sporen aus. Der eigentliche Pilzkörper (das sogenannte Myzel) befindet sich verborgen im Substrat. Es besteht aus einem Geflecht von unzähligen feinen Pilzfäden, den sogenannten Hyphen. Verglichen mit dem Fruchtkörper ist das Myzel riesig. In nur einem Kubikmeter Erde kann ein Geflecht von tausenden Kilometern an Pilzfäden enthalten sein. Anders als die Fruchtkörper der Pilze hat das Myzel keine feste, klar definierte Form. Es passt sich vollkommen dem Substrat an, das es durchwächst.

mehrzellige Pflanzen, die durch das Photosynthese-Pigment Chlorophyll grün gefärbt sind. Außer mit Grünalgen gehen manche Flechtenpilze aber auch eine Partnerschaft mit Blaualgen ein. Die Bezeichnung „Blaualgen“ ist allerdings irreführend, da es sich bei diesen in Wahrheit nicht um Pflanzen, sondern um Bakterien handelt.

Flechten sind also Lebensgemeinschaften, an deren Aufbau ganz unterschiedliche Organismen beteiligt sein können. Diese gehören sogar drei verschiedenen biologisch-systematischen Reichen an: den Pilzen, den grünen Pflanzen und den Bakterien!

Der Pilz ist meist das formgebende Element des Flechtenkörpers. Eine bestimmte Flechtenart wird stets von ein und derselben Pilzart aufgebaut. Etwas anders verhält es sich dagegen mit den Photobionten: Zwar findet man bei den meisten Flechten auch eine spezifische Algen- bzw. Blaualgenart, doch kann es mitunter vorkommen, dass ein Pilz mit verschiedenen, nahe verwandten Arten einer Algengattung in Partnerschaft lebt. (Was übriges keinen Einfluss auf das Aussehen der Flechte hat.) Obendrein gehen manche Pilze Partnerschaften mit mehreren, nicht näher verwandten Photobionten ein. Dabei handelt es sich dann in der Regel um eine Grünalge und eine Blaualge. Oder anderes ausgedrückt: Eine Grünalgenflechte enthält in diesem Fall als dritten Symbiose-Partner auch noch eine Blaualge, wodurch sie sich in Aussehen und Physiologie von ihren verwandten Arten unterscheidet.

Flechten werden heute in das System der Pilze eingeordnet. Sie sind sozusagen eine besondere – nämlich eine symbiotische – Lebensform der Pilze. (Außer mit Algen gehen Pilze übrigens auch mit Bäumen eine Symbiose ein. Man nennt diese Form der Symbiose Mykorrhiza, was nichts anderes als „Pilzwurzel“ bedeutet. Die Verbindung von Pilzmyzel und Baumwurzel dient dem wechselseitigen Stoffaustausch.) Pilze, die keine Symbiose eingehen, leben entweder saprobiontisch (als Zersetzer) oder parasitisch (als Schmarotzer).



Grünalgen sind einfach gebaute, ein- oder mehrzellige Pflanzen, die vor allem im Süßwasser verbreitet sind. Aus ihnen entwickelten sich im Ordovizium – vor rund 460 Millionen Jahren – die ersten Landpflanzen. Bauen Grünalgen zusammen mit einem Pilz eine Flechte auf, eröffnet ihnen diese Symbiose ganz neue Möglichkeiten. Sie können auf diese Weise Lebensräume besiedeln, die ihnen ansonsten verschlossen blieben. Bei diesem Schnitt durch Stern-Schwielenflechte (*Physcia stellaris*) sind die Grünalgen (Gattung *Trebouxia*) gut zu erkennen. Die Algen haben einen Durchmesser von 10-15 µm und stehen in direktem Kontakt mit den Pilzhypen.

Foto: Franz Berger

gibt einzellige Grünalgen ebenso wie verzweigte oder unverzweigte Fadenalgen, die zum Teil dichte Büschel bilden können.

Mehr als 90% aller Grünalgen leben im Süßwasser – und zwar sowohl im freien Wasserkörper als auch am Gewässergrund. Nur wenige Arten besiedeln küstennahe Meeresbereiche. Manche leben auch an feuchten Standorten an Land (etwa auf der Rinde von Bäumen, auf Felsen, an Hausfassaden etc.) Einige

Algen und Blaualgen (Photobionten)

Anders als die Pilze kommen die Algen, die man in einer Flechtensymbiose findet, auch freilebend (also ohne ihren Pilzpartner) vor. Das Leben in enger Gemeinschaft mit dem Pilz bringt für die Photobionten eine Reihe von Veränderungen mit sich. Oft ist sogar ihr Aussehen in der Flechte stark abgewandelt. Eine genaue Bestimmung der Art ist daher oft sehr schwierig oder sogar unmöglich.

Die meisten Flechtentalgen gehören zu den Grünalgen. Mit mehr als 7.000 Arten sind die Grünalgen eine sehr große Gruppe von Photosynthese betreibenden Algen. Ihren Namen verdanken sie der Tatsache, dass ihre grünen Pigmente (Chlorophyll a und b) nicht von anderen Farbstoffen überdeckt werden – wie zum Beispiel von rötlichen Carotinoiden oder gelben Xanthophyllen. Aus diesem Grund sind sie stets grün gefärbt. Grünalgen kommen in nahezu allen Organisationsstufen vor: Es

Landlebende Grünalgen (sogenannte „Luftalgen“) besiedeln feuchte Standorte – wie zum Beispiel die Wetterseite von Felsen oder Bäumen. Aber auch auf dem Waldboden und sogar im Schnee kann man Grünalgen finden.

Foto: Roman Türk



Flechten – allgegenwärtig und doch unbekannt

wenige Grünalgen haben ihre Photosynthese-Pigmente verloren und leben heterotroph. Das heißt, sie verwenden genau wie Tiere organische Stoffe als Energiequelle.

Die Grünalgen, die man in Flechten findet, gehören größtenteils zwei Ordnungen an: den Chlorococcales und den Ulotrichales. Bei ersteren handelt es sich um unbegeißelte Einzeller, die oft Kolonien bilden und im Süßwasser weit verbreitet sind. Bei zweiteren dagegen um Grünalgen, deren Zellen in einreihigen, unverzweigten Fäden angeordnet sind oder die blattartige Lager bilden.

Neben verschiedenen Grünalgen können auch Blaualgen am Aufbau einer Flechte beteiligt sein. Ihren Namen verdanken die Blaualgen der Tatsache, dass einige Arten unter anderem blaues Phycocyanin als Photosynthese-Farbstoff enthalten, welches den Organismen eine blaugrüne Färbung verleiht. Dennoch ist die Bezeichnung „Blaualgen“ irreführend, da diese Lebewesen keine Pflanzen sondern Bakterien sind. Die heute gebräuchliche Bezeichnung Cyanobakterien ist daher besser.

Blaualgen oder Cyanobakterien zählen zu den ältesten Lebensformen der Erde. Es gibt sie bereits seit rund 3,5 Milliarden Jahren! Schon damals bildeten sie im seichten Meerwasser Kalkablagerungen, sogenannte Stromatolithen (vom griechischen „stroma“ für Lager oder Decke und „lithos“ für Gestein). Diese fossilen Stromatolithen sind die ersten durch Lebewesen aufgebauten Strukturen überhaupt. Die Blaualgen, ihre Erzeuger, betrieben bereits Photosynthese und veränderten dadurch ganz wesentlich die Zusammensetzung der Atmosphäre. Diese Fähigkeit zur oxygenen Photosynthese, bei der Sauerstoff freigesetzt wird, unterscheidet die Blaualgen von anderen Bakterien. Viele Blaualgen sind darüber hinaus in der Lage, Luftstickstoff zu fixieren – eine Fähigkeit übrigens, die in der Flechte dem Pilz zu Gute kommt.

Blaualgen sind entweder ein- oder vielzellig. Bei vielzelligen Arten liegen die Zellen entweder hintereinander und bilden dann

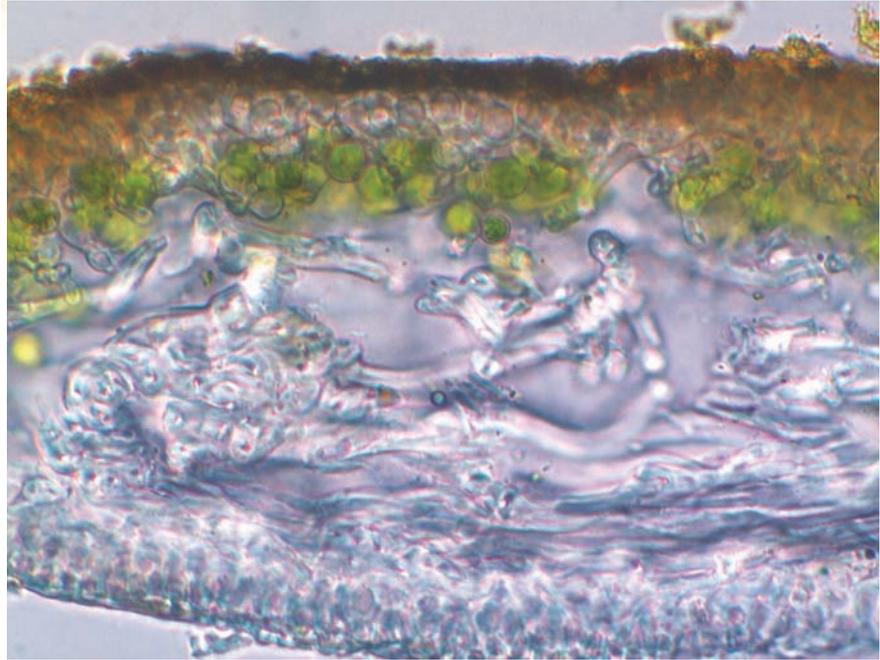
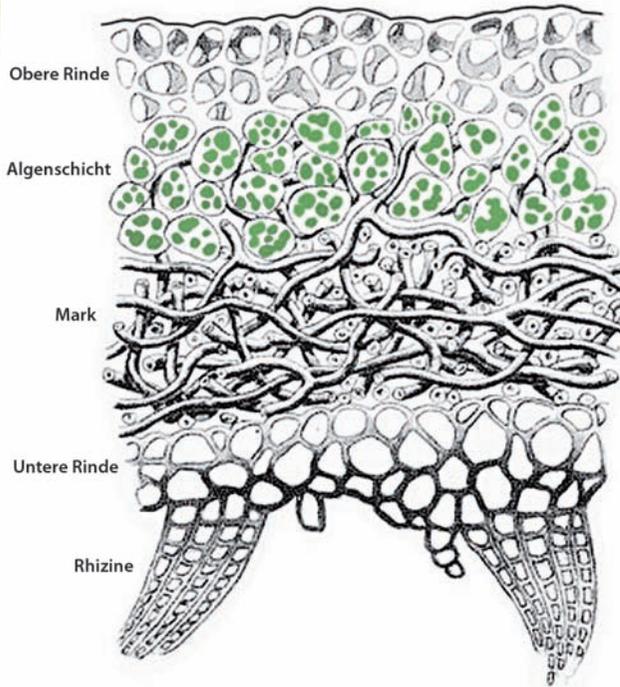


Blaualgen sind oft auch mit freiem Auge sichtbar. Sie bilden gallertige Massen, feine Überzüge oder bisweilen auch gefärbte Wasserblüten. Bekannt sind vor allem die sogenannten „Tintenstriche“ – violette bis schwärzliche Krusten auf Kalkstein, die ebenfalls von Blaualgen gebildet werden.

Foto: Svičková, Wikimedia Commons

lange Fäden. Sie können aber auch flächig oder auch räumlich angeordnet sein. Blaualgen sind über die gesamte Erde verbreitet. Man findet sie vor allem im Süßwasser, aber auch im Meer und sogar an Land, wo sie Böden, Baumrinde und Felsen überziehen. Mehrere Gattungen bilden mit anderen Lebewesen Symbiosen. Am Aufbau von Flechten sind vor allem Vertreter der Blaualgengattung *Nostoc* beteiligt. Andere häufige Gattungen sind *Scytonema*, *Gloeocapsa* sowie Vertreter der Stigonematales. Einen Teil der Blaualgenflechten erkennt man anhand ihrer gallertigen Konsistenz. In unseren Breiten sind allerdings weniger als 10% aller Flechten sogenannte Blaualgenflechten. Bisweilen finden sich allerdings auch in Grünalgenflechten Blaualgen, die dann den dritten Partner in der Symbiose bilden und meist in besonderen Bereichen des Thallus angesiedelt sind.

Querschnitt durch eine Laubflechte



Bei diesem Schnitt durch eine Laubflechte lässt sich der schichtenartige Aufbau einer Flechte gut erkennen: Die äußerste, dem Substrat abgewandte Schicht wird aus besonders dicht verflochtenen Hyphen gebildet. Man nennt sie die obere Rinde. Unmittelbar unter der Rinde liegt die Algenschicht. Man kann die kugelförmigen Algen in dem lockeren Pilzgeflecht gut erkennen. Unter der Algenschicht liegt die sogenannte Markschiicht. Die Pilzfäden liegen auch hier eher locker; Algen fehlen. Auf die Markschiicht, die oft den größten Raum der Flechte einnimmt, folgt die untere Rinde. Diese ist durch sogenannte Rhizinen (wurzelartige Pilzfäden) mit dem Substrat verankert. Gut zu sehen ist diese Schichtung auch bei dem Querschnitt durch die Stern-Schwielenflechte (*Physcia stellaris*).

Grafik: Michaela Minich, Foto: Franz Berger

Der Pilz die Hülle, die Alge die Fülle

Das formgebende Element einer Flechte ist für gewöhnlich der Pilz. Er verleiht dieser einzigartigen Lebensgemeinschaft ihre morphologischen Merkmale (und ermöglicht es den Flechtenforschern, die Flechten in verschiedene Gruppen einzuteilen). Während der Pilz der gestaltbildende Symbiosepartner ist, sind es die Algen, die durch ihre Fähigkeit zur Photosynthese für die Produktion von Nähr- und Baustoffen sorgen und so ein Wachstum des Flechtenkörpers ermöglichen.

Diesen Flechtenkörper bezeichnet man übrigens als Lager (oder Thallus) – da er nicht in Wurzel, Stamm und Blatt gegliedert ist.

Seine Größe kann ausgesprochen variabel sein. Es gibt winzige Flechten, die kaum mehr als ein paar Millimeter groß sind. Andere wiederum können eine Länge von mehreren Metern erreichen. Doch egal, wie groß eine Flechte ist oder wie sie aussieht: Ihr einzigartiger Aufbau – ihre „Doppelnatur“ – offenbart sich dem Betrachter erst unter dem Mikroskop. Erst bei entsprechender Vergrößerung erkennt man, dass ein solches Lager aus einem Geflecht von Pilzfäden besteht. Diese sogenannten Hyphen, die den weitaus meisten Raum in der Flechte einnehmen, sind mehr oder weniger dicht miteinander verflochten. Bisweilen erfahren die Hyphenzellen in der Flechte auch weitreichende Umwandlungen: Sie kugeln sich ab, verschmelzen miteinander

Flechten – allgegenwärtig und doch unbekannt

oder besitzen stark verdickte Zellwände. Manchmal sind sie so dicht vernetzt, dass man die einzelnen Hyphen nicht mehr erkennen kann. An anderer Stelle dagegen bilden sie nur ein loses Geflecht nebeneinander liegender Fäden.

Eingebettet in diesem Geflecht aus Pilzhypen liegen die Algen. Doch sind die winzigen Pflanzen viel mehr als nur „Platzhalter“ oder „Lückenbüßer“. Im Gegenteil: Die Algen sind für ein Funktionieren dieser einmaligen Partnerschaft unerlässlich. Denn der Pilz ist, was seine Ernährung betrifft, vollkommen von seinem Symbiosepartner abhängig.

Meist handelt es sich bei den Photobionten um einzellige Algen, die kugelig oder eiförmig sind; seltener kommen in Flechten auch mehrzellige Algen vor, die fadenförmig sein können oder auch kleine flächige Formen bilden.

Im „Nahverhältnis“ zwischen den beiden Symbiosepartnern existieren bei den Flechten durchaus Unterschiede: Der Pilz kann die Algen mit seinen Hyphen nur locker umgeben. Man spricht dann von sogenannten Kontakthyphen. Umschließen die Pilzfäden die Algenzellen dagegen sehr fest, werden sie als Klammerhyphen bezeichnet. In beiden Fällen bleiben Pilz und Alge jedoch voneinander getrennt und der Stoffaustausch erfolgt durch Diffusion über spezielle Kanäle in den Zellmembranen. (Allerdings kann der Pilz bestimmte Stoffe abgeben, die die Durchlässigkeit der Algenmembran erhöhen.) Vollkommen anders ist die Situation, wenn der Pilz sogenannte Haustorien ausbildet – Ausstülpungen, mit denen er in das Innere der Algenzelle eindringt, um auf diese Weise an die Photosynthese-Produkte seines Algenpartners zu gelangen. Die Alge wird dadurch stark vergrößert und auch mehr oder weniger schwer geschädigt. Nicht selten stirbt eine vom Pilz „angezapfte“ Algenzelle auch ab.

Bei einem Blick durchs Mikroskop fällt außer dem – mehr oder weniger engen – Nebeneinander von Pilz und Alge noch etwas auf: Bei den meisten Flechten sind sowohl die Algen als auch die Pilzhypen nicht gleichmäßig im Flechtenkörper verteilt. Dies ist

lediglich bei den sogenannten homöomeren Flechten der Fall (wie etwa bei den Gallertflechten, bei denen die Blaualgen häufig über den gesamten Thallus verteilt sind).

Für gewöhnlich jedoch sind die Algen auf eine bestimmte Schicht beschränkt. Man spricht in diesem Fall von heteromeren Flechten. Die algenführende Schicht liegt verhältnismäßig nah an der Oberfläche, da Algen wie alle Pflanzen Licht für ihre Photosynthese benötigen. Sie sind von einem lockeren Hyphengeflecht umgeben, sodass ihnen ausreichend Luft für den Gasaustausch zur Verfügung steht. Oberhalb und unterhalb der Algen-schicht wird der Flechtenkörper ausschließlich von Pilzhypen aufgebaut. Diese Hyphen liegen besonders in der äußersten Zone dicht gepackt. So entsteht eine besonders dichte Schicht, die in Anlehnung an die höheren Pflanzen auch als „Rinde“ bezeichnet wird. In den Rindenzellen können besonders große Mengen an Farbstoffen eingelagert sein, die den Flechten ihre oft prächtige Färbung verleihen.

Eine (mehr oder weniger) gleichwertige Partnerschaft

Unter einer Symbiose (oder Mutualismus) versteht man die Vergesellschaftung von Individuen zweier Arten zu deren beiderseitigem Vorteil. Je nach dem Grad der wechselseitigen Abhängigkeit werden verschiedene Symbiose-Formen unterschieden. Bauen Alge und Pilz gemeinsam eine Flechte auf, so ist dies eine sogenannte obligatorische Symbiose (denn der Pilz ist alleine nicht mehr lebensfähig).

Das Zusammenleben von Alge und Pilz stellt insofern eine ganz besondere Form der Symbiose dar, als dabei eine neue, einmalige Lebensform entsteht. Dabei ziehen beide Partner ihre Vorteile aus dem Zusammenleben: Die Algen werden vom Pilz vor äußeren Einflüssen wie zum Beispiel vor zu hoher UV-Strahlung oder vor Tierfraß geschützt. Außerdem versorgt der Pilz seinen Symbiosepartner mit Wasser und Mineralstoffen. (Diese Mineralstoffe werden durch Flechtensäuren aus dem Substrat gelöst



Der Pilz ist das formgebende Element des Flechtenkörpers. Je nach Wuchsform werden die Flechten in vier verschiedene Gruppen unterteilt. Es sind dies: Krustenflechten (a), Blattflechten (b und c), Strauchflechten (d und e) und Gallertflechten (f). Allerdings handelt es sich bei diesen Gruppen nicht um systematische Kategorien, sondern vielmehr um verschiedene Gestalttypen. a: Alpen-Landkartenflechte (*Rhizocarpon alpicola*). b: Felsen-Schüsselflechte (*Parmelia saxatilis*). c: Rußige Nabelflechte (*Umbilicaria deusta*). d: Ebenästige Rentierflechte (*Cladonia portentosa*). e: Baumbart (*Usnea longissima*), f: Braungrüne Leimflechte (*Collema fuscovirens*).

Fotos: a, b, c, e: Roman Türk, d, f: Heiko Bellmann

Flechten – allgegenwärtig und doch unbekannt

oder direkt aus der Luft aufgenommen.) Die Alge ist im Flechtenkörper auch besser vor Austrocknung geschützt, denn die Feuchtigkeit schwankt im Geflecht der Pilzhyphen weniger stark. Über seine Atmung liefert der Pilz seiner Alge darüber hinaus das Kohlendioxid, das diese für die Photosynthese benötigt.

Dennoch liegt der Vorteil dieser Partnerschaft eindeutig auf der Seite des Mykobionten. Der Pilz ist in seinem Kohlenhydratstoffwechsel vollständig auf die Alge angewiesen. (Bis zu 40% der von den Algen hergestellten Kohlenhydrate werden an den Pilz abgegeben!) Die Algen versorgen den Pilz mit Zucker bzw. Zuckeralkoholen: Grünalgen liefern ihrem Symbiosepartner Zuckeralkohole wie etwa Ribit oder Sorbit, die für den Pilz besonders leicht verdaulich sind. Blaualgen dagegen versorgen den Pilz mit Glucose. Darüber hinaus stellen manche Blaualgen dem Pilz auch reduzierten Stickstoff zur Verfügung.

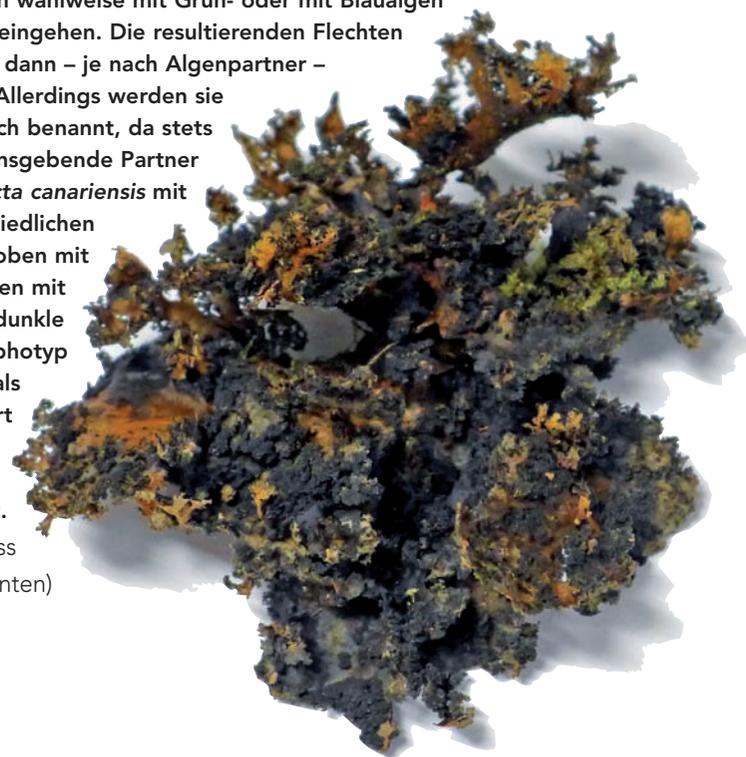
Etwas überzeichnet könnte man also sagen: Die Pilze bieten den Algen Wohnraum und lassen sich dann von ihren Untermietern „durchfüttern“. Denn sie selbst stellen ihren Symbiosepartnern keinerlei Stoffwechselprodukte zur Verfügung. Dazu kommt, dass der Pilz auch Wachstum und Zellteilungsrate der Alge kontrolliert. Außerdem wird eine sexuelle Vermehrung der Alge in einer Flechte vom Pilz unterdrückt – während sich Flechtenpilze weiterhin sowohl vegetativ als auch sexuell vermehren. Manche Flechtenforscher bezeichnen das enge Zusammenleben von Pilz und Alge daher nicht als Symbiose. Sie nennen es vielmehr einen „kontrollierten Parasitismus“, bei dem die Algen ihrer Meinung nach in der Flechte eher die Rolle von Nutzpflanzen spielen.

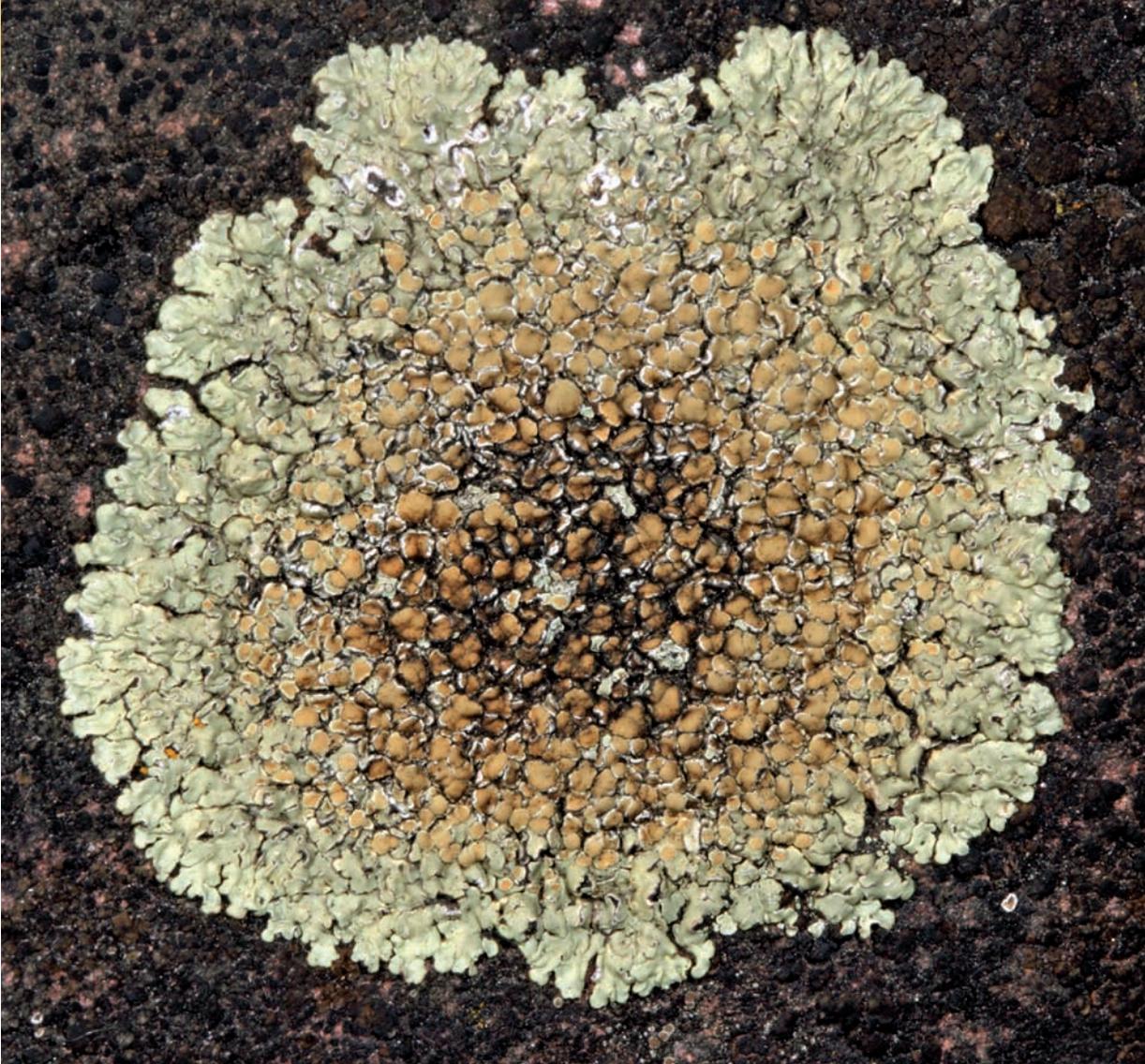


Manche Pilze können wahlweise mit Grün- oder mit Blaualgen eine Partnerschaft eingehen. Die resultierenden Flechten unterscheiden sich dann – je nach Algenpartner – in ihrem Aussehen. Allerdings werden sie nicht unterschiedlich benannt, da stets der Pilz der namensgebende Partner ist. Hier *Sticta canariensis* mit unterschiedlichen

Algenpartnern (oben mit Grünalgen, unten mit Blaualgen). Der dunkle Blaualgen-Morphotyp wurde früher als eigenständige Art erachtet und als *Sticta dufourii* bezeichnet.

Fotos: Othmar Breuss (oben), LMOÖ (unten)





Mit Hilfe von Flechtensäuren greifen manche Krustenflechten das Substrat an. Allerdings schützen sie den Stein mit ihrer Kruste auch vor Verwitterung. Erst wenn die Flechte entfernt und damit die angegriffene Oberfläche wieder freigelegt wird, kommt es verstärkt zur Erosion. Die weltweit verbreitete, sehr widerstandsfähige Mauerflechte (*Lecanora muralis*) findet man sowohl auf Kalk- als auch auf Silikatgestein.

Foto: Heiko Bellmann

Krusten, Blättchen und Miniaturbäume

Flechten werden vor allem nach ihrer Wuchsform eingeteilt. Die verschiedenen Gestalttypen unterscheiden sich nicht nur rein äußerlich, sondern auch in ihrem mikroskopischen Aufbau. Doch gibt es zahlreiche Übergangsformen, die dem frischgebackenen Lichenologen das Leben schwer machen.

Fossile Überreste von Flechten sind rar. Dennoch wissen wir, dass Flechten ausgesprochen alte Lebewesen sind. Sie besiedeln die Erde vermutlich bereits seit Ende des Präkambriums – also seit rund 600 Millionen Jahren! (Zur besseren Vorstellung: In jener auch als Ediacarium bezeichneten Epoche entstanden auch die ersten mehrzelligen Tiere.) Und es ist sogar möglich, dass Flechten bereits vor den Gefäßpflanzen den Schritt vom Wasser ans

Krusten, Blättchen und Miniaturbäume

Festland wagten. Seit ihrer Entstehung während der Erdfrühzeit waren Flechten sehr erfolgreich. Heute gibt es weltweit mehr als 25.000 Flechtenarten. Etwa 2.800 davon sind auch bei uns in Österreich heimisch.

Flechten sind allerdings keine monophyletische, sondern eine sogenannte polyphyletische Gruppe. Dies bedeutet, dass sie keine gemeinsame Stammform haben. Oder anderes ausgedrückt: Flechten sind im Laufe der Geschichte mehrfach unabhängig voneinander entstanden, und die einzelnen Arten gehen nicht auf eine gemeinsame Stammart zurück. Die Verwandtschaftsverhältnisse innerhalb der Flechten sind bis heute nur teilweise geklärt.

Für gewöhnlich unterteilt man Flechten nach der Form ihres Lagers und seiner Auflagefläche in drei Gruppen. Es sind dies die Krustenflechten, die Blatt- oder Laubflechten sowie die Strauchflechten. Dazu kommen als vierte Gruppe noch die Gallertflechten, bei denen der Photobiont keine Grün-, sondern eine Blaualge – also eigentlich ein Bakterium – ist. Benannt werden Flechten stets nach dem Pilz, da dieser dem Flechtenkörper Form und Struktur verleiht.

Interessant ist, dass man vergleichbare Wuchsformen bei völlig verschiedenen Flechtenpilzen finden kann. Die krustigen, blattförmigen oder strauchartigen Gebilde zeigen dabei eine erstaunliche Ähnlichkeit in Aussehen und Aufbau – und zwar unabhängig von der systematischen Zugehörigkeit des beteiligten Pilzpartners. Dennoch hat der künstliche Bestimmungsschlüssel auf Grundlage der unterschiedlichen Wuchsformen seine Grenzen: Er wird der unglaublichen Vielfalt an Erscheinungsformen nicht wirklich gerecht, da er nur die typischen Formen einer in Wahrheit fließenden Entwicklungsreihe berücksichtigt.

Dennoch ist diese Einteilung in die unterschiedlichen Wuchsformen bis heute die beste aller Möglichkeiten, um Ordnung in die verwirrend vielfältige Welt der Flechten zu bringen. Und dies ist fürwahr keine einfache Aufgabe. Denn die Bestimmung einzel-

ner Arten kann ausgesprochen schwierig sein. Oft lassen sich Unterscheidungen nur mit Hilfe eines Mikroskops machen; oder man muss sich gar verschiedener Farbreaktionen bedienen, die von bestimmten Chemikalien hervorgerufen werden. Im Vergleich dazu ist eine Zuordnung zu den verschiedenen Gestalttypen sozusagen ein „Kinderspiel“ – eine vergleichsweise einfache Übung, die auch dem interessierten Laien bald ohne größere Schwierigkeiten möglich sein sollte.

Krustenflechten

Krustenflechten bedecken als dünne, zusammenhängende Überzüge Steine, Felsen, Mauern oder Baumstämme. Auch auf Pflanzenresten, Moosen oder Erde kann man ihre körnigen, schorfigen oder firnisartigen Lager finden. Krustenflechten liegen dem Substrat mit ihrer gesamten Unterfläche an. Ja, mehr noch: Sie sind mit ihrer gesamten Unterseite lückenlos mit dem Substrat verwachsen. Daher können sie auch nicht ohne Beschädigung von diesem abgelöst werden. (Anders als zum Beispiel die Blatt- oder Strauchflechten, die sich problemlos von der Unterlage abheben lassen, auf der sie entweder lose aufliegen oder aber mit speziellen Haftorganen festgemacht sind.) Manche Krustenflechten leben auch nicht auf, sondern im Gestein. Vor allem auf Kalk sind solche endolithischen Flechten häufig, die mit Hilfe von Flechtensäuren das Gestein auflösen; ihr Lager ist dann in die oberste Gesteinsschicht eingesenkt. Von außen ist die Flechte (mit Ausnahme der Fruchtkörper) lediglich durch eine leichte Verfärbung des Gesteins zu erkennen.

Vertreter der Krustenflechten stehen nicht allesamt auf der selben Entwicklungsstufe und zeigen aus diesem Grund teils beachtliche Unterschiede in ihrem Aufbau. So zählen zu dieser Gruppe zum Beispiel primitive Formen, die kaum mehr sind als Pilzhyphen, zwischen denen sich einzelne Algenzellen befinden. Oft bilden Krustenflechten außerdem keinen zusammenhängenden Körper; sie bestehen vielmehr aus einer ganzen Reihe von einzelnen kleinen Thalluskörpern, die als Areolen bezeichnet

Krusten, Blättchen und Miniaturbäume



Das Lager von Krustenflechten (hier *Sturothele areolata*) ist häufig durch Risse in kleine Felder von mehr oder weniger unregelmäßiger Form unterteilt. Diese einzelnen Teile, die unterschiedlich dicht zusammengeschlossen sein können, werden als Areolen bezeichnet.

Foto: Roman Türk

werden. Diese Areolen können sich mehr oder weniger dicht zusammenschließen. Krustenflechten können homöomer gebaut sein (was nichts anderes heißt, als dass die Algen regelmäßig im Flechtenkörper verteilt sind). Sie können aber auch bereits eine Schichtung zeigen, wobei die Algen dann nahe der Oberfläche liegen, um ausreichend Licht für die Photosynthese zu erhalten. Bei vielen Krustenflechten findet man außerdem eine Scheinrinde aus abgestorbenen, verschleimten Zellen. Diese Rindenschicht wird laufend abgestoßen und von innen her nachgebildet. Die Kruste, die von einer solchen Flechte gebildet wird, kann dann mehrere Millimeter stark sein. Darüber hinaus gibt es bei den Krustenflechten aber auch besonders hoch entwickelte Formen: Manche Arten etwa bilden langgestreckte oder auch verbreiterte Randloben aus, wodurch sie eher an Blattflechten erinnern. Und sogar Übergangsformen zu den Strauchflechten kommen vor.



Charakteristisch für die Krustenflechten ist – neben der krustenartigen Form – vor allem ihr ausgesprochen langsames Wachstum. Krustenflechten können ein sehr hohes Alter erreichen. Individuen, die mehrere hundert Jahre alt sind, sind keine Seltenheit. Ja, manche Krustenflechten erreichen sogar das unglaubliche Alter von mehreren tausend Jahren. Sie zählen somit zu den ältesten lebenden Organismen der Welt!

Eine besondere Form der Krustenflechten bilden die Staubflechten. Man findet sie häufig auf feuchtem Fels oder auf der Rinde von Bäumen. Dort bilden sie auffällige, oft sehr dekorative Überzüge. Staubflechten bilden noch keine geschlossene Oberfläche und ihre Pilze entwickeln auch nicht die charakteristischen Fruchtkörper.

Foto: Roman Türk



Blattflechten

Die sogenannten Laub- oder Blattflechten sind flächig gebaut. Ihr Lager besteht aus abgeflachten, randwärts wachsenden Loben. Man bezeichnet eine solche Form als folios (von lat. folium = Blatt). Blattflechten zeigen unter dem Mikroskop eine deutliche Schichtung des Flechtenkörpers mit einer eindeutigen Ober- und Unterseite: Auf eine obere Rindenschicht folgen eine Algen-schicht und schließlich eine Markschicht, die aus lockeren Pilzhyphen besteht. Doch anders als bei den Krustenflechten, bei denen das Mark mit der Unterlage verwachsen ist, schließt bei vielen Blattflechten an das Mark eine weitere Rindenschicht an. Diese untere Rinde schließt den Flechtenkörper nach unten hin ab und bildet auch die wurzelartigen Haftorgane aus. Daher lassen sich Blattflechten anderes als Krustenflechten meist verhält-

Einen Übergang zu den Blattflechten stellen die placodiaten (=schuppigen) Krustenflechten dar. Vor allem an den Randpartien kann man bei ihnen eine deutliche Lappung des Lagers erkennen. Manchmal heben sich die Randloben auch etwas von der Unterlage ab – wie hier beim Trägerischen Schönfleck (*Caloplaca decipiens*), den man an nährstoffreichen, gut belichteten Standorten finden kann.

Foto: Roman Türk

nismäßig leicht von der Unterlage abheben, ohne dabei in einzelne Teile zu zerfallen.

Blattflechten zeichnen sich durch einen sehr großen Formenreichtum aus. Sie können verhältnismäßig klein sein, aber auch eine recht beachtliche Größe erreichen (wie etwa die Lungenflechte – die größte heimische Blattflechte, die über 30 cm groß werden kann!). Man findet Blattflechten auf den verschiedensten Substraten: Sie gedeihen auf Stein ebenso wie auf Baumrinde oder sogar auf Moosen.

Der größte Teil der Blattflechten gehört zu den sogenannten laciniaten Flechten (von lat. *lacinia* = Zipfel). Ihr Tallus ist in kleine Läppchen oder Loben gegliedert. Diese liegen teilweise oder vollkommen dem Substrat auf. Der Anheftung an das Substrat dienen meist fädige, einfache bis verzweigte Haftfasern (die sogenannten Rhizinen) an der Unterseite des Flechtenkörpers. Bei diesen kann es sich um einfache Haftfasern oder auch um kräftigere Haftstränge (also Bündel von Pilzhyphen) handeln; diese „Befestigungsvorrichtungen“ können als Filz- oder Haarbesatz die gesamte Unterseite überziehen, oder nur die Ränder der Loben einsäumen. Ihre Funktion ist in etwa mit jener der Wurzeln von höheren Pflanzen vergleichbar. Doch nicht alle Fortsätze, die man bei Blattflechten finden kann, dienen der Verankerung. Oft sind auch einzelne Rindenzellen zu Haaren verlängert, die der Flechte ein filziges Aussehen verleihen.

Die zweite (deutlich kleinere) Gruppe von Blattflechten sind die sogenannten umbilicaten Flechten oder Nabelflechten. Ihre schildförmigen Körper sind nur in der Mitte am Substrat festge-



Blattflechten (wie die Linden-Schüsselflechte, *Parmelina tiliacea*, links) liegen verhältnismäßig lose der Unterlage auf oder sind mit speziellen Haftorganen an dieser festgewachsen. Anders als Krustenflechten können sie – etwa mit Hilfe eines Messers – vom Substrat abgehoben werden, ohne dass sie dadurch zerstört werden. Der schildförmige Körper der Nabelflechten (hier *Umbilicaria crustulosa*, rechts) ist bloß in der Mitte am Substrat festgemacht.

Fotos: Roman Türk



macht. Dort, wo an der Unterseite die Haftscheibe sitzt, ist an der Oberseite oft eine nabelförmige Vertiefung zu erkennen. Nabelflechten sind zumindest auf einer Seite von einer ausgeprägten Rindenschicht begrenzt, die als tragendes Bauelement auftritt. Auch sie zeigen unter dem Mikroskop eine deutliche Schichtung.

Doch sind nicht alle Blattflechten gleich aufgebaut. Es finden sich auch Formen, deren Wuchstyp eher dem einer anderen Flechtengruppe ähnelt: So zeigen manche Blattflechten zum Beispiel Merkmale der Krustenflechten (und tatsächlich ist der Übergang zwischen den beiden Gruppen fließend). Wieder andere erinnern mit ihren aufgerichteten Loben eher an Strauchflechten.

Die blattartigen Loben der Blattflechten (hier die Alpen-Lungenflechte *Lobaria linita*) erinnern ein wenig an höhere Pflanzen. Und tatsächlich verfolgen sie mit diesem Bau das gleiche Ziel: eine möglichst effiziente Ausbeute von Sonnenlicht und damit eine Steigerung der Photosynthese-Leistung. Die Ränder der „Blätter“ sind übrigens die Wachstumszone der Flechte.

Foto: Roman Türk

Krusten, Blättchen und Miniaturbäume

Die Safranflechte (*Solorina crocea*), die in den Zentralalpen vorkommt, ist eine Charakterart der Schneetälchen: Sie wächst in feuchten, oft lange Zeit schneebedeckten Mulden und Senken der alpinen Stufe. Mit ihrer leuchtend orange gefärbten, am Rand aufgekrümmten Unterseite bildet sie einen auffallenden Farbtupfer in den sonst recht einheitlich dunkel gefärbten Biotopen.

Foto: Roman Türk

Strauchflechten

Strauchflechten unterscheiden sich von Krustenflechten und Blattflechten durch den abweichenden Bau: Ihr Lager ist oft aufrecht und strauchförmig oder buschig; meist sind Strauchflechten stark verzweigt, bisweilen aber auch nur stiftförmig. Doch gibt es auch Strauchflechten mit abgeflachtem, bandförmigem Körper. Darüber hinaus zählen zu den Strauchflechten die sogenannten Bartflechten, die sich durch ein bartartiges, hängendes Lager auszeichnen. Bisweilen ist der Körper einer Strauchflechte aber auch zweigeteilt: Er besteht dann aus einem krustenartigen oder blättchenförmigen Horizontalthallus und einem nach oben gerichteten Vertikalthallus.

Außer in der Form unterscheiden sich Strauchflechten von den anderen Flechtengruppen aber auch in ihrem Aufbau: Sie zeigen zwar ebenfalls eine Schichtung, doch besitzen ihre drehrunden bzw. fädigen oder auch bandartigen Loben keine eindeutige Ober- und Unterseite. Die Schichten sind bei drehrunden Loben konzentrisch angeordnet. (Man nennt einen solchen Bau auch „radiär“.) Die Algen, die für ihre Photosynthese Sonnenlicht benötigen, liegen auch hier unmittelbar unter der Rinde, welche

Das Isländische Moos (*Cetraria islandica*) ist entgegen seines Namens keine Moos-, sondern eine Flechtenart. Mit seinen am Rand eingerollten, aufgerichteten Loben bildet es eine Übergangsform zwischen den Blatt- und den Strauchflechten. Man findet das Isländische Moos auf sauren Waldböden und alpinen Windheiden.

Foto: Heiko Bellmann





Strauchflechten zeichnen sich durch ein starkes Längenwachstum aus. Ihre Lager sind meist gestreckt und schmal – wie zum Beispiel hier bei der Wolfsflechte (*Letharia vulpina*). Die Wachstumszone liegt am Ende der einzelnen Äste.

Foto: Roman Türk

gegen die Schwerkraft möglich.) Diese Verstärkung liegt entweder an der Peripherie oder im Zentrum. Das heißt: Der Thallus kann durch eine besonders strukturierte Rinde gestützt werden, deren Hyphen netzartig miteinander verbunden sind. Oder aber im Inneren des Marks liegt ein zentraler Strang aus besonders dicht gepackten Hyphen, welcher dem Flechtenkörper seine Festigkeit verleiht. Ersteres – also ein röhrenförmiges, peripheres Stützelement – ist besonders für aufrecht stehende Flechtenkörper von Vorteil. Denn es verleiht dem Thallus vor allem eine hohe Biegefestigkeit. Zweites – ein zentrales Verstärkungselement – sorgt dagegen für eine hohe Zugfestigkeit, was vor allem für hängende Flechten von Vorteil ist.

Hängende Flechten (Bartflechten oder auch die sogenannten Haarflechten) findet man bevorzugt in kühlfeuchten, nebelreichen Wäldern, wo sie als zarte Schleier an den Ästen der Bäume hängen. Sie wachsen außerdem auf Totholz oder auf Felsen. Am Substrat sind Bartflechten mit einer Haftscheibe oder einem Haftknopf festgemacht. Die besondere Wuchsform der Bartflechten hat sich mehrfach unabhängig voneinander entwickelt. Nicht alle Bartflechten sind daher nahe miteinander verwandt.

Aufrecht wachsende Strauchflechten findet man in den unterschiedlichsten Habitaten. Sie bilden dekorative „Flechtenrasen“ auf Erde, Faulholz und auf Fels.

den Flechtenkörper allseitig umschließt. Rinde und Algenzone umgeben zylinderförmig das zentral gelegene Mark aus lockeren Pilzhyphe. Bei bandartigen Loben gleichen sich die Rindenschichten auf beiden Seiten und es gibt keine strikte Trennung zwischen Ober- und Unterseite.

Der Körper einer strauchförmigen Flechte, die sich durch ihren Wuchs sozusagen die dritte Dimension erschließt, muss entsprechend verstärkt werden. (Nur dann ist ein Wachstum nach oben,



Strauchflechten zeigen eine faszinierende Formenvielfalt. Besonders innerhalb der Gattung *Cladonia* (zu der die Rentier- und Becherflechten zählen) lassen sich zahlreiche verschiedene Wuchsformen entdecken. Weltweit zählen zu dieser Gattung rund 500 Flechten, von denen rund 100 auch in Europa beheimatet sind.

a: Igel-Cladonie (*Cladonia uncialis*)

b: Gewöhnliche Scharlachflechte (*Cladonia pleurota*)

c: Etagen-Becherflechte (*Cladonia cervicornis*)

d: Finger-Becherflechte (*Cladonia digitata*)

Fotos: Heiko Bellmann





Zu den Strauchflechten zählen auch die sogenannten Bartflechten. Ihre Lager sind meist fadenartig und verzweigt. Bartflechten sind ausgesprochen empfindlich – und zwar nicht nur gegenüber Luftverunreinigungen. Sie kommen auch mit Veränderungen des Mikroklimas nur schlecht zurecht. Daher haben ihre Bestände in vielen Regionen der Welt dramatisch abgenommen.

Foto: Roman Türk



Haarflechten (wie zum Beispiel *Cystocoleus niger*) erinnern mit ihrem feinen, fädigen Lager ein wenig an Bartflechten. Doch sind diese kleinen Strauchflechten mit den haardünnen Loben anderes aufgebaut: Nicht der Pilz, sondern die Alge ist hier das formgebende Element des Flechtenkörpers. Die Photobionten – fädige Blau- oder Grünalgen – werden von einem Mantel aus Pilzhyphen eingehüllt.

Foto: Volkmar Wirth

Gallertflechten

Damit eine Gallertflechte entsteht, muss ein Schlauchpilz eine Partnerschaft mit einer Blaualge (einem Cyanobakterium) eingehen. Doch Vorsicht! Der umgekehrte Schluss ist nicht zulässig. Denn nicht alle Blaualgenflechten sind Gallertflechten! Nur ein Teil von ihnen besitzt eine gallertige Konsistenz.

Bei den Gallertflechten bestimmen die Algen das Aussehen der Flechte. Es kommen sämtliche Wuchstypen vor: Gallertflechten können krustenartig sein, oder



Der Photobiont einer Gallertflechte ist stets eine Blaualge. Diese Blaualgen prägen das Erscheinungsbild der Flechte und sind für die dunkle Färbung verantwortlich. Zudem haben die Blaualgen eine hohe Fähigkeit zur Wasseraufnahme. Gallertflechten (hier die Ohrförmige Leimflechte, *Collema auriforme*) sind bei Trockenheit hart und spröde. Bei Wasseraufnahme quellen sie auf und zeigen dann ihr typisches „gallertiges“ Aussehen. Außerdem ändert sich mit dem Wassergehalt ihre Farbe.

Foto: Roman Türk

auch einen blatt- oder strauchförmigen Thallus besitzen. Allerdings sind sie meist ziemlich klein und ihr mikroskopischer Aufbau ist recht einfach. Gallertflechten sind homöomer gebaut. Eine Schichtung fehlt; die Blaualgen sind im gesamten Thallus verteilt und auch eine Rinde findet man nur in seltenen Fällen. Die äußere Begrenzung der Flechte wird zumeist von der Gallerthülle der Blaualgen gebildet. Pilzhyphen durchdringen in einem lockeren Geflecht die Lagergallerte; die Algenzellen werden dabei vom Pilz oft gar nicht berührt.

Spezielle Flechtenstoffe werden von den Gallertflechten nicht gebildet. Daher fehlt auch eine auffallende Färbung des Lagers. Meist haben Gallertflechten eine recht unscheinbare, dunkle Farbe, die ihnen von den Blaualgen verliehen wird. Allerdings

ändert sich die Farbe einer Gallertflechte durch die Aufnahme von Wasser. (Aufgequollene Gallertflechten sind nicht länger braun, grau oder schwärzlich, sondern olivgrün.)

Und nicht nur das: Das gesamte Erscheinungsbild ist vom Wassergehalt abhängig. Im trockenen Zustand sind Gallertflechten hart und ausgesprochen spröde. Doch schon nach einer kurzen Befeuchtung zeigen sie das typische „gallertige“ Aussehen. Die Gallertscheiden der Algen nehmen Wasser auf und quellen dadurch auf. Ihr Volumen nimmt dadurch beträchtlich zu.

Man findet Gallertflechten vor allem auf zeitweise sickerfeuchtem Kalkgestein; manche Arten besiedeln aber auch Moose oder die Rinde von Bäumen.



Flechten sind aufgrund ihrer Widerstandsfähigkeit gegen natürliche Stressfaktoren wichtige Pionierorganismen bei der Neubesiedelung von Steinen oder Erde – zum Beispiel nach Waldbränden oder Vulkanausbrüchen. Sie fördern die Verwitterung und ermöglichen auf diese Weise auch höheren Pflanzen, neue Standorte zu besiedeln.

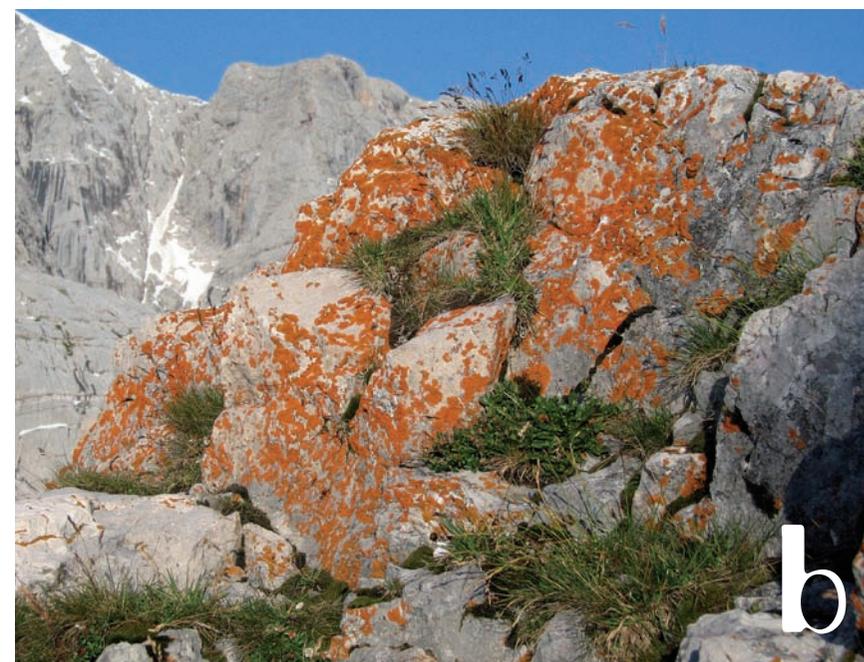
Foto: Roman Türk

Genügsame Überlebenskünstler

An die 25.000 Flechtenarten gibt es in sämtlichen klimatischen Regionen der Erde. Ihr Anteil an der Vegetation steigt immer dann, wenn sich die Lebensbedingungen verschlechtern. Denn durch ihre enorme Widerstandsfähigkeit sind Flechten den höheren Pflanzen insbesondere an Extremstandorten überlegen.

Widerstandsfähig und anspruchslos

Flechten sind bescheiden in ihren Ansprüchen: Sie kommen mit geringen Mengen an Nähr- und Mineralstoffen aus, die im Regenwasser enthalten sind oder aus dem Untergrund gelöst werden. Sie sind zudem ausgesprochen widerstandsfähig gegenüber Hitze- und Kälteeinwirkung: Im trockenen Zustand überstehen sie auch Temperaturen von mehr als 70 °C unbeschadet.



Es gibt keine Klimazone und auch kaum Orte, an denen keine Flechten vorkommen: Man findet diese erstaunlichen Lebewesen in Heidelandschaften ebenso wie im Hochgebirge. Sie besiedeln Wüsten und Halbwüsten genauso wie Permafrostgebiete. Sogar in der Antarktis lassen sich noch mehr als 300 Flechtenarten antreffen!

Fotos: a, b: Roman Türk, c: Volkmar Wirth, d: Hans-Peter Reinthaler

(Nur im feuchten Zustand sind sie etwas empfindlicher und können bereits bei etwa 40 °C Schaden nehmen oder absterben.) Ganz besonders gut kommen sie mit tiefen Temperaturen und mit langer Schneebedeckung zurecht. So ist es auch nicht weiter verwunderlich, dass der Schwerpunkt der Verbreitung von Flechten in den kalten Klimazonen liegt. Man findet sie in der Antarktis genauso wie im Hochgebirge (im Himalaya sogar bis in eine Höhe von mehr als 7.000 Metern!). Sie ertragen, wie bei Laborversuchen verifiziert wurde, noch Temperaturen von beinahe -200 °C! Und Photosynthese betreiben viele Arten auch unter dem Gefrierpunkt – manche sogar noch bei -20 °C.

Genügsame Überlebenskünstler



Eine besonders reiche und auffällige Flechtenvegetation findet man meist an Standorten mit hoher Luftfeuchtigkeit. Doch gibt es in Mitteleuropa praktisch keine Lebensräume, die für das Vorkommen von Flechten zu trocken wären. Eine Beschränkung bildet vielmehr eine zu geringe Lichtintensität für die Photosynthese. Und auch eine zu häufige Störung an sich geeigneter Flächen durch den Menschen kann sich negativ auf das Vorkommen von Flechten auswirken.

Foto: Roman Türk

Trockenheit bereitet ihnen übrigens genauso wenig Probleme wie Hitze oder Kälte. In Halbwüsten oder Wüsten sind Flechten oft die einzigen Besiedler. Zwar sind Flechten wechselfeuchte Organismen, die ihren Wasserhaushalt nicht selbst regeln können. (Sie besitzen keine Wurzeln zur aktiven Wasseraufnahme und auch keinen Verdunstungsschutz.) Doch können sie bei Trockenheit einfach in eine Art Trockenstarre verfallen. In diesem inaktiven, ausgetrockneten Zustand – der Wassergehalt kann im

Extremfall weniger als 10% des Trockengewichts betragen! – führen die Algen keine Photosynthese mehr durch. Doch wird die Flechte umgehend wieder aktiv, sobald sich die Bedingungen bessern. So fällt ihre Stoffwechselbilanz selbst unter extremsten Umweltbedingungen noch positiv aus.

Flechten sind außerdem extrem langlebig und können praktisch unbegrenzt wachsen. Zusammen mit ihrer erstaunlichen Wider-



Einige Flechten sind ausgesprochen kältetolerant. In den arktischen Tundren zum Beispiel findet man ausgedehnte Teppiche von Rentierflechten (hier die Echte Rentierflechte, *Cladonia rangiferina*). Sie werden von den Rentieren während der kalten Jahreszeit beweidet, wenn keine andere Nahrung verfügbar ist.

Fotos: Roman Türk, Alexandre Buisse (Wikimedia Commons)



standskraft gegenüber Hitze, Kälte und Trockenheit machen sie diese Fähigkeiten zu ausgezeichneten Pionierorganismen. Als solche besiedeln sie nicht nur die unwirtlichsten Standorte. Sie haben als Erstbesiedler von Gestein und Rohboden auch eine große Bedeutung im natürlichen Mineralstoffkreislauf. Mit Hilfe ihrer Flechtensäuren können sie nicht nur Kalkstein, sondern sogar harte Quarze anlösen und so die Verwitterung fördern. Sie bereiten auf diese Weise höheren Pflanzen den Weg und sind sozusagen die „Vorboten der Vegetation“. Unter günstigen Bedingungen dagegen bilden Pflanzen für Flechten eine ernstzunehmende Konkurrenz. Denn Flechten wachsen sehr langsam. Daher können sie nur an Standorten überleben, an denen sie nicht von höheren Pflanzen überwuchert werden. Besonders



Flechten sind in besonderem Ausmaß vom Mikroklima abhängig. Wie sehr das Mikroklima die kleinräumige Verbreitung beeinflusst, lässt sich oft hervorragend an Felsen beobachten: Auf den exponierten Kuppen wachsen Arten, die besonders resistent gegenüber Wind, Sonneneinstrahlung und Trockenheit sind. Auf den nordexponierten Seiten dagegen findet man feuchtigkeitsliebende Arten, die mit wenig Sonnenlicht auskommen.

Foto: Roman Türk

Genügsame Überlebenskünstler



Flechten können Austrocknung sehr gut ertragen. Regnet es schließlich oder ist es neblig, können sie sehr rasch das Mehrfache ihres Gewichtes an Wasser aufnehmen. Die Photosynthese beginnt bei einem Wassergehalt von 65 bis 75%. Bei trockener Luft verlieren Flechten das Wasser schnell wieder und stellen dann die Photosynthese ein. Deshalb wachsen sie in ariden Gebieten ausgesprochen langsam – oftmals nur einen Millimeter pro Jahr oder noch weniger.

Foto: Volkmar Wirth

empfindlich sind Flechten jedoch gegenüber Luftverunreinigung. Ihre Aufnahme von Mineralstoffen aus dem Regen bzw. aus feuchter Luft macht sie gegenüber Schadstoffen wie zum Beispiel Schwefeldioxid und Stickoxiden besonders anfällig. So werden den Flechten vor allem durch den Menschen Grenzen in ihrer Verbreitung gesetzt – und das obwohl ihnen unsere Kulturlandschaft an sich eine Fülle von verschiedenen Lebensräumen und Sekundärbiotopen bietet.

Auf Erde, Fels und Pflanzen

Flechten wachsen und gedeihen unter den verschiedensten Bedingungen. Hinsichtlich der Wuchsorte sind ihnen kaum Grenzen gesetzt. Allerdings zeigen die meisten Arten eine enge Bindung an einen bestimmten Untergrund. Sie benötigen zum Beispiel ei-

nen ganz bestimmten Säuregrad oder auch bestimmte Nährstoffverhältnisse. Nur wenige Flechtenarten kann man auf verschiedenen Substraten antreffen. Man findet Flechten vor allem auf Gestein, auf Erde und auf abgestorbenem pflanzlichen Material. Als Epiphyten wachsen sie auf den Ästen und Stämmen von Bäumen, auf Nadeln oder auch auf immergrünen Blättern.

Flechten, die auf Gestein wachsen, werden als **epilithische Flechten** bezeichnet (von griech. *epi* = auf und *lithos* = Stein). Manche Flechten bevorzugen basisches Gestein wie Kalkstein oder Dolomit. Andere wiederum findet man ausschließlich auf saurem Silikatgestein wie etwa auf Quarz, Gneis oder auch auf Basalt. Interessant ist, dass sich die kalk- und die silikatbewohnenden Flechten sogar hinsichtlich ihrer Wuchsform unterscheiden: Auf Silikat lassen sich alle drei Wuchsformen beobachten (also Krustenflechten, Blattflechten und auch Strauchflechten). Auf Kalk dagegen findet man großteils Krustenflechten. Manche von ihnen leben allerdings nicht auf, sondern als sogenannte endolithische Flechten im Gestein und fördern dadurch dessen Verwitterung.

Außer durch den Säuregrad wird die Flechtenflora aber auch ganz massiv vom Nährstoffgehalt des Substrates beeinflusst. Vor allem Stickstoff- und Phosphatverbindungen sind dabei von großer Wichtigkeit. Auffallend sind die sogenannten „Vogelblockfelsen“, die durch die Exkremente von Vögeln gut gedüngt sind. Auf solchen Vogelsitzplätzen lässt sich oft eine besonders reiche Flechtenvegetation beobachten.

Als **epigäische Flechten** (von griech. *epigaios* = auf der Erde befindlich, oberirdisch) werden jene Arten bezeichnet, die direkt auf dem Boden wachsen. Auch in diesem Fall ist die Artenzusammensetzung der Flechtenflora stark vom herrschenden pH-Wert abhängig. Große Bestände findet man oft auf kalkreicher Erde oder auf Rohhumus. Die sogenannte Bunte Erdflechtengesellschaft auf Kalkrohböden ist eine besonders bekannte, auffallende Vegetationsform. Aber auch auf Silikatböden gibt es artenreiche Flechtengemeinschaften.

Besonders auffällig ist die Flechtenvegetation im Gebirge und Hochgebirge. Flechten überziehen hier den anstehenden Fels mit bunten Krusten. Mit den extremen Wetterbedingungen, die im Gebirge herrschen, kommen sie hervorragend zurecht.

Fotos: Roman Türk



Verschiedene Krustenflechten überziehen als sogenannte Erdkrusten offene Bodenflächen und liefern einen ganz wesentlichen Beitrag zum Erosionsschutz. Bald finden sich in diesen Krustenflechten-Gemeinschaften auch Strauchflechten und schließlich Moose. Bei günstiger Nährstofflage werden die Flechten allerdings oft von höheren Pflanzen verdrängt.

Außer auf Stein und verschiedenen Böden findet man Flechten auch auf Pflanzen. Flechtenarten, die auf Pflanzen wachsen, werden als **epiphytische Flechten** bezeichnet (von griech. *epi* = auf und *phyton* = Pflanze). Besonders die Rinde und Borke von Bäumen sind für Flechten ein wichtiges Substrat. Dabei bevorzugen manche Flechten ganz bestimmte Baumarten: Die Beschaffenheit der Rinde – ob sie zum Beispiel glatt oder rau ist – spielt dabei eine große Rolle. Manche Flechten sind außerdem auf hartes Holz spezialisiert. Andere bevorzugen weiches,





„Vogelblockfelsen“, die durch den Kot der Vögel gut gedüngt sind, zeigen häufig eine besonders reiche Flechtenflora. Die Flechten, die hier vorkommen, sind sehr stickstofftolerant. Oft sind solche Felsen dicht mit Vertretern der Gattungen *Xanthoria* und *Caloplaca* bewachsen, die durch eine intensive rote bis rotorange Farbe auffallen.

Foto: Stephen Sharnoff

morsches Holz. Manche zeigen eine Vorliebe für saure Rinden (wie etwa die Rinde von Birken, Erlen oder Fichten). Andere wiederum wachsen nur auf basenreichen Rinden (auf Holunder zum Beispiel, auf Nussbäumen oder Spitzahorn). Nadelbäume bilden für Flechten generell weniger geeignete Substrate als Laubbäume. Ihre Rinde schuppt leicht ab und speichert zudem weniger Wasser. Auch der höhere Säuregrad und die größere Harzproduktion wirken sich ungünstig auf das Flechtenwachstum aus.

Aber Flechten besiedeln auch die Blätter von Laubbäumen und sogar die Nadeln der Nadelbäume. Insbesondere in den Tropen

Genügsame Überlebenskünstler

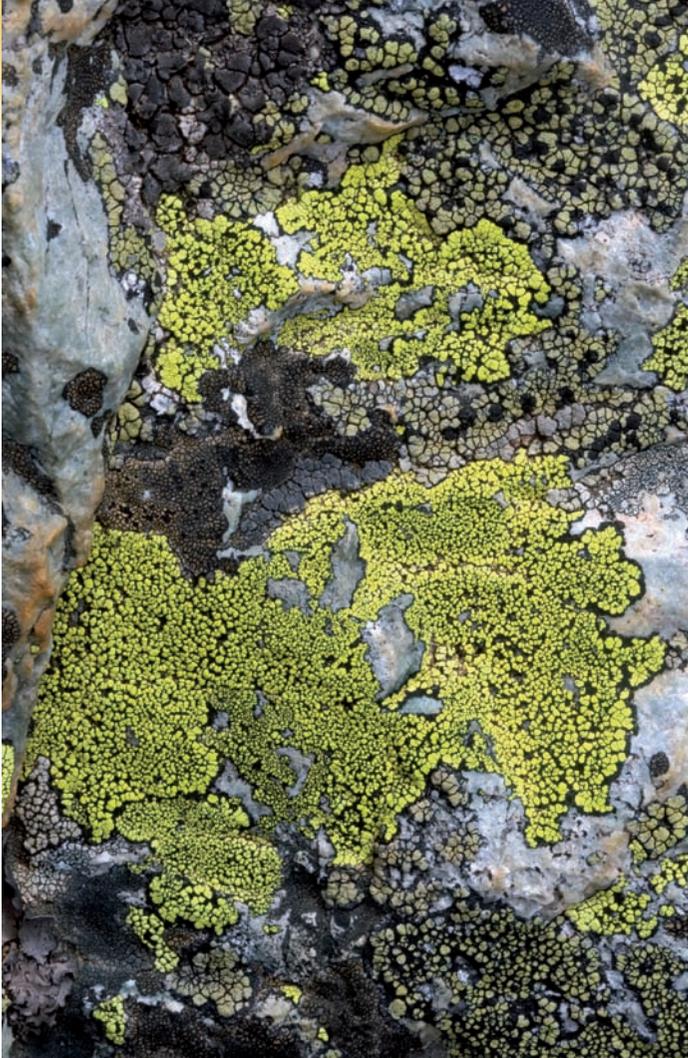
und Subtropen gedeihen viele epiphytische Flechten auf den immergrünen Blättern von Laubbäumen. Eine besondere Flechtenart wächst ausschließlich auf den Stacheln von Kakteen! Es gibt auch Flechten, denen andere Flechten als Substrat dienen. Dabei bilden sich oft charakteristische Abfolgen aus, wobei verschiedene Arten übereinander wachsen. Manche dieser Flechten sind aber auch parasitisch: Sie befallen andere Flechten und bemächtigen sich ihrer Algen. Ihres Photobionten beraubt, stirbt die Wirtsflechte schließlich ab.

Flechten findet man darüber hinaus an zahlreichen besonderen (mitunter recht skurril anmutenden) Standorten: So gedeihen manche Arten zum Beispiel bevorzugt auf mit Schwermetall angereichertem Boden oder Gestein wie zum Beispiel auf Erzschlacken. Da Schwermetalle eigentlich Stoffwechselgifte sind, haben diese Flechten eine Methode entwickelt, sie zu inaktivieren und in bestimmten Schichten ihres Lagers zu speichern. Der Schwermetallgehalt einer solchen Flechte kann bis zu 9% ihres Trockengewichts betragen!

Es gibt aber auch amphibische bzw. aquatische Flechten, die zweitweise oder sogar permanent im Wasser leben.

Manche besonders spezialisierte Flechten sind an einen bestimmten Salzgehalt gebunden. Sie gedeihen daher nur in Küstennähe; einige wachsen sogar ausschließlich in der Spritzwasserzone! Doch nicht nur das: Manche dieser salzliebenden Flechten besiedeln sogar die Gehäuse von Napfschnecken und Seepocken. Und auch wenn es unglaublich erscheint: die festsitzenden Meeresbewohner sind nicht die einzigen Tiere, die Flechten als Unterlage dienen. Auch auf dem Panzer der Riesenschildkröten von Galápagos zum Beispiel lassen sich Flechten finden. Und einem großen Rüsselkäfer aus Papua Neuguinea dient der Flechtenbewuchs auf seinen Flügeldecken als Tarnung.

Flechten gedeihen aber auch auf vielen anthropogenen (also vom Menschen geschaffenen) Substraten prächtig. Dabei sind sie nicht wählerisch: Man findet sie nicht nur auf Mauern,



Die Landkartenflechte ist eine charakteristische Zeigerart für saure Standorte. Die schwarzen Ränder, die man erkennen kann, werden als Vorlager bezeichnet. In diesem Bereich erobert der Pilz – zunächst ohne seinen Algenpartner – neuen Lebensraum.

Foto: Heiko Bellmann

Die Vegetationslücken von Trocken- und Halbtrockenrasen bieten einer ganzen Reihe von Flechten geeignete Standortbedingungen. Dort können sich charakteristische Flechtengesellschaften ausbilden, unter denen die bekannteste die sogenannte Bunte Erdflechten-Gesellschaft ist. Man findet sie vor allem in warmen Regionen, in enger Nachbarschaft zu wärmeliebenden Blütenpflanzengesellschaften.

Foto: Roman Türk



Viele Flechten gedeihen auf nacktem Fels. Mit Hilfe spezieller Flechtensäuren greifen sie das Gestein an und setzen die darin enthaltenen Mineralstoffe frei. Als erste Bodentiere besiedeln Milben und Springschwänze die Flechten. Sie ernähren sich von den Pilzhyphen und den Algen. Ihr Kot sammelt sich zusammen mit dem Gesteinsmehl in den Ritzen und Spalten des Gesteins. Diese Ablagerungen bieten Moosen und schließlich auch höheren Pflanzen eine Lebensgrundlage. Aus kleinen bewachsenen Flächen bildet sich im Laufe der Zeit eine zusammenhängende Vegetationsdecke, unter der sich ein wachsender Boden entwickelt.

Foto: Roman Türk





Genügsame Überlebenskünstler

Epiphytische (also auf Pflanzen wachsende) Flechten fügen ihren Wirtsbäumen keinen Schaden zu! Auch wenn man sie häufig auf abgestorbenen Bäumen findet: Nicht die Flechte hat den Baum auf dem Gewissen! Abgestorbene Bäume geben lediglich einen hervorragenden Wuchsort für Flechten ab, da sie hier ausreichend Licht für die Photosynthese bekommen.

Fotos: Roman Türk

Dächern, Zäunen und Pfosten aller Art. Sie wachsen auch auf Metall, auf Glas, Stoff, Leder und sogar auf Kunststoff.

Der zweifellos ungewöhnlichste Ort, an dem Flechten ihre Widerstandskraft unter Beweise gestellt haben, ist jedoch der Welt- raum: Im Jahre 2005 zeigten Versuche an zwei Flechtenarten,



Generell eignen sich Laubbäume besser als Substrat für Flechten als Nadelbäume. Eine Ausnahme unter den Nadelbäumen bildet jedoch die Lärche (links). Da sie ihre Nadeln im Herbst abwirft, steht den Flechten während der kalten Jahreszeit mehr Sonnenlicht zu Verfügung. Manche Flechten gedeihen aber sogar auf den Nadeln der Nadelbäume, wie zum Beispiel hier auf einer Weißtanne (oben).

Fotos: Stephan Weigl (links), Roman Türk (oben)





Auch epiphytische Flechten stehen in Konkurrenz mit Pflanzen. In unserem Breiten konkurrieren sie zum Beispiel mit epiphytischen Moosen. In den Tropen stellen Farne, Bromelien und auch Orchideen ernstzunehmende Konkurrenten dar.

Fotos: Roman Türk (links), Prashanthns, Wikimedia Commons (rechts)

dass diese ungewöhnlichen Lebewesen (zumindest für einen kurzen Zeitraum) sogar den außergewöhnlichen Bedingungen des Alls gewachsen sind. Sie überstanden die starken Temperaturschwankungen und die immense Strahlungsintensität, ohne Schaden zu nehmen!

Von den Wüsten bis zu den Polen

Flechten findet man so gut wie überall. Es gibt kaum klimatische Bedingungen, an die sie sich nicht angepasst haben. Sie gedeihen am Äquator genauso wie in den Polarregionen, in tropischen Regenwäldern ebenso wie in Wüsten. Und überall dort, wo die Bedingungen für höhere Pflanzen zu schlecht werden, nehmen Flechten deren Platz ein. Flechten besiedeln die extremsten Standorte der Erde. Oft bilden sie auch die Grenze der Vegetation. Keine Rolle spielen Flechten lediglich auf Flächen mit intensiver Landwirtschaft, in Flachmooren, in Seen und im Meer. Rar sind sie außerdem in vielen urbanen Zentren – insbesondere in modernen Städten mit viel Industrie, einem hohen Verkehrsaufkommen und wenig alter Bausubstanz.

Zwar ist unser Wissensstand über die Flechten der Erde naturgemäß begrenzt. Viele Gebiete wurden in Hinblick auf ihre Flechtenflora noch nicht untersucht. Dennoch zeichnet sich eine

generelle Tendenz ab: Die gemäßigten Klimazonen sind verhältnismäßig reich an Flechten, und zwar sowohl was die Artenzahl als auch die Individuendichte betrifft. In den arktischen Regionen dagegen ist die Flechtenflora recht artenarm, aber dafür reich an Individuen. Wieder anders verhält es sich in den Tropen. Dort herrscht zwar ein großer Artenreichtum, die einzelnen Arten treten jedoch nicht massenhaft auf.

Der Verbreitungsschwerpunkt der Flechten liegt in kalten Klimazonen. Dort ist ihre Konkurrenzkraft am größten. Je kälter es wird, desto höher ist daher der Anteil der Flechten im Vergleich zu den Gefäßpflanzen. Bereits in der boreal-subarktischen Region gibt es ebenso viele Flechtenarten wie höhere Pflanzen. In der arktischen Region steigt ihre Anzahl sprunghaft an, bis schließlich die Flechten dominieren. (In Grönland etwa gedeihen doppelt so viele Flechten wie höhere Pflanzen; in Spitzbergen sind es sogar dreimal so viele Flechtenarten. Am extremsten ist das Verhältnis in der Antarktis, wo man nur noch zwei Blütenpflanzen, aber mehr als 300 Flechtenarten findet.)

Flechten müssen in diesen Regionen nicht nur mit kalten Temperaturen, sondern auch mit zeitweise großer Trockenheit zurechtkommen. Hier macht sich ihre wechselfeuchte Lebensweise bezahlt: Flechten können lange Zeit in einer Art Trockenstarre verbringen. Doch sobald Wasser verfügbar ist, wird ihr Stoffwechsel

Genügsame Überlebenskünstler



Zu den Wasserflechten zählen zum Beispiel verschiedene Vertreter der Gattung *Verrucaria* (hier die Warzenflechte *Verrucaria funckii*). Man findet diese aquatischen, braun bis schwarz gefärbten Krustenflechten in Bächen und Quellaustritten. Dort überziehen sie silikatisches Gestein, das permanent untergetaucht ist.

Foto: Roman Türk



Wasserflechten

So unglaublich es auf den ersten Blick scheinen mag: Flechten haben nicht nur die unterschiedlichsten Landlebensräume, sondern sogar das Wasser erobert. Zwar zählt der überwiegende Teil aller Flechten natürlich zu den Landlebewesen. Doch einige wenige Arten haben sich im Laufe der Evolution an aquatische Lebensräume angepasst. Man unterscheidet innerhalb dieser Gruppe der „Wasserflechten“ zwischen amphibischen und aquatischen Arten. Amphibische Arten leben, wie schon ihr Name sagt, nicht ständig untergetaucht. Sie besiedeln z. B. Gesteinsoberflächen, die immer wieder trockenfallen. Perioden der Durchnässung und der Austrocknung wechseln einander ab, und Flechten, die in solchen Lebensräumen bestehen wollen, müssen mit beidem gut zurechtkommen. Anders die aquatischen Flechten, die permanent untergetaucht sind: Diese sind vollkommen an ein Leben im Wasser angepasst und werden durch eine längere Austrocknung sogar irreversibel geschädigt.

Wasserflechten findet man in Bächen, Flüssen und Seen vor allem im Bergland. Sie sind auf klares, sauberes Wasser angewiesen. Auf menschliche Eingriffe, wie etwa auf die Verbauung naturbelassener Wasserläufe, auf eine Veränderung des Wasserregimes und besonders auf Gewässerverschmutzung, reagieren sie ausgesprochen empfindlich. In vielen an sich geeigneten Gewässern kommen Wasserflechten daher heute nicht mehr vor. In Oberösterreich findet man Wasserflechten noch in einigen abgelegenen Gebirgstälern, in Teilen des Mühlviertels sowie im Kobernaußerwald.

Unter den Wasserflechten findet man auch verschiedene Laubflechten. So zum Beispiel *Lobothallia melanaspis*, deren Vorkommen auf die hochmontane und subalpine Stufe beschränkt ist. Als amphibische Wasserflechte besiedelt sie den Spritzwasserbereich stark bewegter, turbulenter Fließgewässer, wo sie nicht permanent von Wasser bedeckt ist. Ihr grau-weißer Körper nimmt bei Nässe eine grünliche Farbe an.

Foto: Roman Türk

umgehend wieder aktiv. Dazu kommt die Fähigkeit, auch noch bei Minustemperaturen gewinnbringend CO₂ zu assimilieren (also Photosynthese zu betreiben). In dieser Hinsicht sind die Flechtenalgen auch den kälteresistentesten Gefäßpflanzen haushoch überlegen.

Gebirge – vor allem die Hochgebirgszonen – bilden vergleichbar extreme Lebensräume wie die polaren Regionen. Mit zunehmender Höhe verschiebt sich auch hier das Verhältnis von Flechten zu Gefäßpflanzen rasch zu Gunsten der Flechten. Jeder, der schon einmal im Hochgebirge unterwegs war, weiß: In der Gipfelregion sind nur noch Flechten den klimatischen Bedingungen gewachsen. Solange geeignetes Substrat vorhanden ist, scheint es für Flechten auch kaum ein Höhenlimit zu geben: Im Himalaya-Gebirge wurden Flechten noch in einer Höhe von 7.400 Metern nachgewiesen!

Um mit den hochalpinen Extrembedingungen fertig zu werden, sind eine Reihe von Anpassungen erforderlich. So müssen die Flechten des Hochgebirges mit extremen Temperaturen zurechtkommen. Manche Hochgebirgsspezialisten unter den Flechten haben einen besonders dunkel gefärbten Thallus. Die dunkle Färbung hilft ihnen, auch bei niedrigen Außentemperaturen eine optimale Temperatur für die Photosynthese zu erreichen. Je nach Standort müssen Flechten eine lange Schneebedeckung ohne größere Probleme ertragen. Zwar isoliert eine Schneedecke einerseits hervorragend. Andererseits jedoch wird durch den Schnee das Licht abgeschwächt und die Photosyntheseleistung vermindert. Besonders Flechten, die in sogenannten Schneetälchen wachsen, müssen mit einer sehr kurzen Vegetationsperiode auskommen.

Die UV-Strahlung im Gebirge ist eine zusätzliche Herausforderung, denn sie steigt mit zunehmender Meereshöhe rapide an. Viele Flechten bilden eine grün-blaue oder schwärzliche Lageroberfläche aus. Zusammen mit Kristallen aus Usninsäure bildet diese dunkle Pigmentierung eine Art Sonnenschutz.

Flechten, die im Gebirge wachsen, müssen sich außerdem gegen den sogenannten Windschliff schützen. (Darunter versteht man die Abtragung von Gestein durch bewegtes Material wie zum Beispiel Staub, Sandkörner oder auch Eiskristalle; der Wind wirkt dann in der Art eines Sandstrahlgebläses.) Bei manchen Flechten findet man daher eine mehr oder weniger mächtige Schicht von abgestorbenen Pilzhyphen, die einen Schutzmantel über dem Lager bilden. Damit die Photosynthese-Leistung dennoch nicht sinkt, ist diese Schicht bei vielen Flechten glasklar und durchsichtig.

Flechten kommen aber nicht nur in kalten Regionen vor. Man findet sie ebenso in heißen Wüstengebieten. Sie kommen mit sehr wenig Wasser bzw. mit periodischer Wasserzufuhr aus. Die meisten Arten sind völlig austrocknungsfähig und können viele Wochen (manche Arten sogar Jahre!) lang ohne Wasser überdauern, ohne Schaden zu nehmen. Bei anhaltender Trockenheit stellen Flechten ihre Lebensfunktionen fast vollständig ein. In diesem ausgetrockneten, inaktiven Zustand ertragen sie auch große Hitze problemlos. Ein aufbauender Stoffwechsel ist allerdings nur in jenen Zeiten möglich, in denen ausreichend Wasser zur Verfügung steht. Daher wachsen Flechten in heißen, ariden Gebieten ausgesprochen langsam. Auch unscheinbare Krusten von geringer Größe können mehrere hundert Jahre alt sein.

Viele wüstenbewohnende Flechten kommen mit dem bisschen Wasser aus, das in Nebel oder Tau enthalten ist. Bei Befeuchtung werden sie sehr schnell wieder aktiv. Oft lässt sich schon wenige Minuten nach der Wasserzufuhr eine normale Photosynthese-Aktivität feststellen. Auf diese Weise kann jede auch noch so kurze Befeuchtung genutzt werden. Ebenso wichtig für ein Überleben in der Wüste ist, dass Flechten diesen Wechsel zwischen aktivem und inaktivem Zustand immer wieder vollziehen können.

Neben der Wasserknappheit ist in der Wüste die hohe Strahlungsenergie ein Problem. Besonders im aktiven Zustand müs-



Flechten (hier *Dactylina ramulosa* und im Vordergrund die Totengebeinsflechte, *Thamnolia vermicularis*) sind langsam wachsend und konkurrenzschwach. Sie benötigen daher unbedingt stabile Standorte bzw. Substrate. Sie gedeihen dort, wo Moose und Blütenpflanzen keine geschlossene Vegetationsdecke bilden können. Auf Äckern oder landwirtschaftlich genutzten Grünflächen fehlen sie.

Foto: Roman Türk



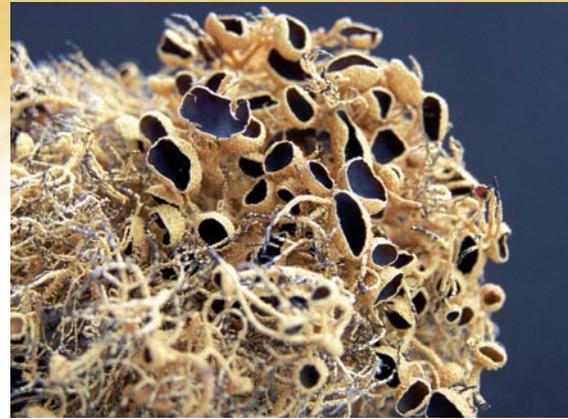
sen sich Flechten vor zu viel Sonnenstrahlung schützen. Viele Arten bilden dazu spezielle Pigmente aus. In der äußersten Schicht des Flechtenkörpers (der Rinde) findet man zudem verschiedene Strukturen, die das Licht entweder filtern oder aber reflektieren bzw. streuen.

Mit gänzlich anderen Problemen haben Flechten in den Regenwäldern dieser Erde zu kämpfen. Besonders auf den Bäumen der Bergwälder findet sich ein großer Reichtum an epiphytischen Flechten, die oft wie Schleier von den Ästen der Bäume hängen. (Nicht umsonst werden diese Wälder auch als „Elfenwälder“ bezeichnet.) Auch in den Regenwäldern des Tieflandes findet sich eine große Zahl von Flechten; allerdings sind es hier vor allem Krustenflechten, die – um einiges unscheinbarer – die Stämme der Bäume überziehen. Eine große Zahl krustiger Flechten



Vegetationsbestimmend sind Flechten in den kalten Regionen. Denn sie sind nicht nur ausgesprochen kälteresistent, sondern können sogar noch bei Temperaturen weit unter dem Gefrierpunkt Photosynthese betreiben. Bei vielen arktischen und antarktischen Flechten liegt das Photosynthese-Optimum (und damit die idealen Lebensbedingungen) unter dem Gefrierpunkt.

Fotos: Stephen Sharnoff (oben), Stephan Weigl (unten)



Die Antarktis zählt zu den lebensfeindlichsten Regionen der Erde. Doch auch hier findet man mehr als 300 Flechtenarten (wie zum Beispiel *Usnea antarctica*, oberes Bild). In der Antarktis zu überleben ist ausgesprochen schwierig. Und das nicht nur wegen der tiefen Temperaturen. Ausgerechnet während der Sommermonate fällt gebietsweise sehr wenig Niederschlag. So bietet ausgerechnet die wärmste, lichtreichste Zeit des Jahres nur wenig Chancen für eine erfolgreiche Photosynthese. Produktive Phasen sind also kurz und die Wachstumsrate ist entsprechend gering.

Fotos: Hans-Peter Reinthaler (links), T. Voekler, Wikimedia commons (oben)

Geeignete Standorte für Flechten sind in der Antarktis oft rar. Man findet Flechten daher auf den ungewöhnlichsten Unterlagen. Hier zum Beispiel auf Walwirbeln und sogar auf einem toten Fisch! Die Besiedelung eines solchen Substrates ist natürlich nur möglich, weil die Verwesung aufgrund der tiefen Temperaturen ausgesprochen langsam erfolgt. Zudem ist die Luft in der Antarktis weitgehend frei von Schadstoffen, sodass



es nicht zu einer Veränderung des Substrates kommt.

Fotos: Walwirbel: Roman Türk (links), Hans-Peter Reinthaler (rechts), Fisch: Roman Türk





wächst aber auch auf den Blättern der Bäume. Vertreter der auffälligeren Blatt- oder Strauchflechten sind hier eher rar. Generell hoch ist im Regenwald dagegen der Anteil der Blaualgen-Flechten. Dies liegt zum einen daran, dass diese für ihren Stoffwechsel größere Wassermengen benötigen als Grünalgenflechten. Und an Wasser herrscht im Regenwald schließlich kein Mangel. Dazu kommt, dass Blaualgen-Flechten geringere Lichtintensitäten brauchen als Grünalgen-Flechten, um eine positive Photosynthese-Bilanz zu erreichen. Und die Verfügbarkeit von Licht kann im dichten Wald mitunter ein begrenzender Faktor sein.

Bartflechten haben die Fähigkeit, ihren Wasserbedarf direkt aus der feuchten Luft zu decken. Besonders wohl fühlen sie sich daher in Gebieten mit hoher Luftfeuchtigkeit – wie zum Beispiel hier auf Teneriffa. Die dichten Flechten-Behänge an den Ästen der Bäume verleihen dem Wald ein geradezu märchenhaftes Aussehen.

Foto: Roman Türk



In den tropischen Regenwäldern kommen zahlreiche Flechten vor. Manche sind verhältnismäßig groß – wie zum Beispiel die Blatflechte *Lobariella pallida* (links) mit ihren auffälligen Fruchtkörpern oder verschiedene Bartflechten (hier *Teloschistes flavicans* und *Usnea* sp., Mitte). Die meisten tropischen Flechten sind jedoch recht unscheinbar. Am häufigsten sind kleine bis sehr kleine Krustenflechten, die auf den immergrünen Blättern der Bäume und Sträucher wachsen: Hier zum Beispiel *Mazosia rotula* (rechts) mit ihren winzigen, kraterförmigen Fruchtkörpern (0.4-0.8 mm Durchmesser), die nur mit der Lupe erkennbar sind.

Fotos: Gerhard Neuwirth

Flechten kommen auch mit langen Trockenperioden hervorragend zurecht. Wenn schließlich Wasser zur Verfügung steht, können sie dieses ausgesprochen rasch aufnehmen. Zudem wird ihr Stoffwechsel bereits bei geringer Befeuchtung wieder aktiv. In Wüstengebieten sind Flechten daher höheren Pflanzen gegenüber klar im Vorteil.

Foto: Volkmar Wirth





Die Abhängigkeit des Pilzes von der Alge zeigt sich besonders bei gesteinsbewohnenden Flechten. Denn das Gestein bietet dem Pilz keine Nahrung. Es kann von ihm daher nur in Form der Flechtensymbiose besiedelt werden.

Foto: Franz Berger

Einzigartige Doppelwesen

Flechten sind in vielerlei Hinsicht mehr als nur das Produkt aus zwei oder mehreren einzelnen Komponenten. Vor allem ihre physiologischen Leistungen gehen über die Leistungen der einzelnen Symbiose-Partner weit hinaus. So findet man in Flechten Stoffe, die von keiner anderen Pflanzengruppe bekannt sind.

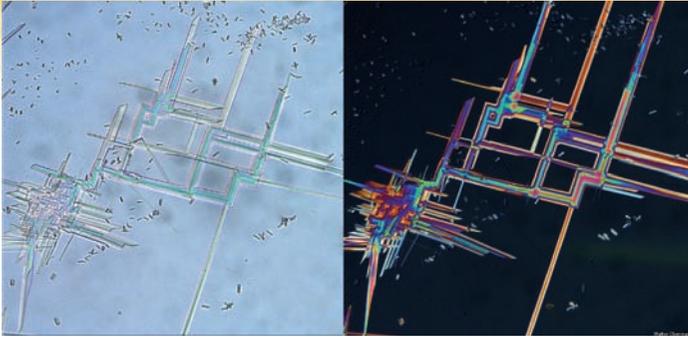
Primär- und Sekundärstoffwechsel

Die enge Partnerschaft zwischen Alge und Pilz ließ ein ganz neues Wesen mit zahlreichen neuen Eigenschaften entstehen. So unterscheiden sich auch die Stoffwechsellvorgänge einer

Flechte grundlegend von denen der einzelnen Symbiose-Partner. Dies gilt zum einen für den Primärstoffwechsel, der auf die Erhaltung und die Vermehrung des Lebens ausgerichtet ist. Zum anderen aber auch für den Sekundärstoffwechsel, dessen Produkte nicht unmittelbar überlebenswichtig sind.

Der Pilz zum Beispiel hat seine Fähigkeit, sich selbständig zu ernähren, eingebüßt. Normalerweise schließen Pilze totes organisches Material auf: Humus zum Beispiel, Holz oder Streu. Oder aber sie parasitieren lebende Organismen. Flechtenpilze dagegen sind in ihrer Versorgung vollständig von ihren Photobionten – also den Algen oder Blaualgen – abhängig. Blaualgen versorgen ihren Pilzpartner mit Zucker, Grünalgen dagegen mit Zuckeralkoholen wie zum Beispiel Ribit, Sorbit oder Erythrit. (Diese Kohlen-

Einzigartige Doppelwesen



Flechtenstoffe (auch Flechtensäuren genannt) werden vom Pilz synthetisiert. Sie werden in kristalliner Form in den Hyphen des Marks und der Rinde gespeichert. Hier die Kristalle der Divaricatsäure (links im Durchlicht; rechts unter polarisiertem Licht). Die Divaricatsäure wurde mit Hilfe von Azeton aus der Übersehenen Napfflechte (*Parmeliopsis hyperopta*, unteres Bild) extrahiert. Typisch ist die rechtwinkelige Gestalt der Kristalle.

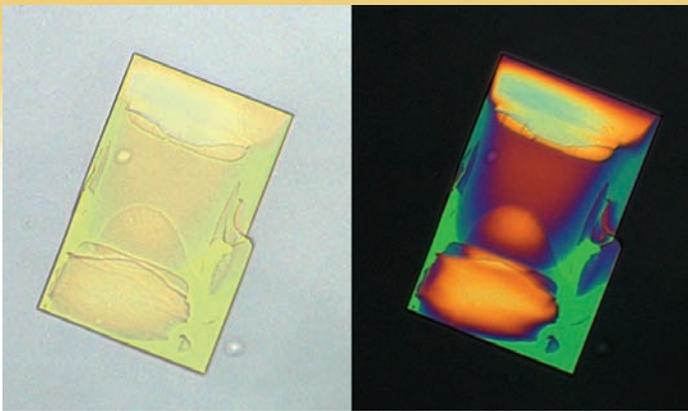
Fotos: Walter Obermayer (oben), Roman Türk (unten)



hydrate werden vom Pilz umgewandelt – und zwar entweder in den Reservestoff Mannit oder aber in sekundäre Stoffwechselprodukte.) Interessant ist, dass diese Zuckeralkohole von den isolierten Flechtenalgen nicht aufgebaut werden. Nur in der Symbiose werden Zuckeralkohole hergestellt, die vom Pilz besonders leicht aufgenommen und verwertet werden können. Um an die begehrte Nahrung zu kommen, bildet der Pilz bestimmte Stoffe, durch die sich die Durchlässigkeit der Zellwände der Algen erhöht. In isolierten Algenzellen dagegen sind die Zellwände für ihre Photosynthese-Produkte weitgehend undurchlässig. Doch dies sind nicht die einzigen Unterschiede zwischen freilebenden Algen und jenen Photobionten, die zusammen mit einem Pilz eine Flechte aufbauen: Die Algen, die in Partnerschaft mit einem Pilz leben, sind zum Beispiel auch deutlich weniger empfindlich gegenüber Hitze und Trockenheit. Und sie kommen mit geringeren Mengen an UV-Strahlung aus. (Vor allem Algen, die man in stark pigmentierten Flechten findet, können unter Laborbedingungen durch zu hohe Lichtgaben sogar Schaden nehmen.)

Flechten zeichnen sich außerdem durch einen besonders ausgeprägten Sekundärstoffwechsel aus. Die sekundären Stoffwechselprodukte, die auf unterschiedlichen Synthesewegen gebildet werden, sind sehr speziell und man kennt sie nicht von anderen Pflanzengruppen. Bis heute sind mehr als 700 solcher Flechtenstoffe bekannt, die – etwas ungenau – auch als Flechtensäuren bezeichnet werden. Der Großteil von ihnen ist nur schlecht wasserlöslich. Viele Flechtenstoffe sind farblos, andere wiederum sind auffallend gefärbt. So geht zum Beispiel die grell gelbe oder rote Farbe vieler Flechten auf den Gehalt an Anthrachinonen zurück. Die gelbgrünliche Färbung, die man bei vielen Flechtenarten findet, wird dagegen durch Usninsäure verursacht.

Synthetisiert werden diese Flechtenstoffe stets vom Pilz. Allerdings vermutet man, dass auch die Algen am Aufbau mancher sekundärer Stoffwechselprodukte beteiligt sein könnten. Über die chemische Zusammensetzung dieser besonderen Substanzen weiß man recht gut Bescheid. Es mag überraschen – aber Flechten gehören zu den am besten chemisch untersuchten Organismen überhaupt. Dies liegt nicht zuletzt daran, dass die von ihnen gebildeten sekundären Stoffwechselprodukte in außergewöhnlich hoher Konzentration vorliegen: Im Durchschnitt beträgt die Konzentration der Flechtenstoffe zwischen 1 und 5% des Trockengewichts. Sie kann in Extremfällen aber auch 25 bis 30% des Trockengewichts erreichen! Diese Menge ist fürwahr erstaunlich. (Sie kann auch innerhalb einer Art stark schwanken, wobei diese Unterschiede vermutlich auf äußere Einflüsse wie



Vulpinsäure ist ein starkes natürliches Gift (links bei Tageslicht; rechts bei polarisiertem Licht). Sie wird von manchen Flechtenarten wie zum Beispiel von der Wolfsflechte (*Letharia vulpina*, unteres Bild) produziert. Vermutlich schützt sich die Flechte mit Hilfe der Vulpinsäure vor dem Fraß durch Schnecken. Da die Säure aber auch für Wirbeltiere giftig ist, wurde die Wolfsflechte früher zum Vergiften von Wolfs- und Fuchsködern verwendet. Die Vulpinsäure verleiht der Wolfsflechte auch ihre charakteristische zitronengelbe bis grünlich gelbe Farbe.

Fotos: Walter Obermayer

zum Beispiel die Lichtintensität zurückzuführen sind.) Allerdings findet man bei einzelnen Arten nur wenige verschiedene Flechtensubstanzen. Diese sind daher für die Bestimmung und die systematische Einordnung von großer Bedeutung. Über die Funktion der Flechtensäuren im Stoffwechsel weiß man dagegen nur sehr wenig. Manche Flechtensubstanzen (wie etwa Usninsäure) haben eine antibiotische Wirkung. Sie schützen die Flechte vor dem Angriff

Einzigartige Doppelwesen

durch Mikroorganismen oder Insekten. Manche wirken auf Pflanzen wachstumshemmend, wogegen andere die chemische Verwitterung des Gesteins beschleunigen. Farbige Flechtensubstanzen in der Rinde dagegen schützen die Flechtensymbionten vor zu starker Sonneneinstrahlung.

Wasserhaushalt und Wachstum

Flechten sind wechselfeuchte (poikilohydre) Lebewesen. Das bedeutet, sie haben keine Möglichkeit ihren Wasserhaushalt zu regulieren. Zum einen besitzen sie keine Wurzeln, mit deren Hilfe sie Wasser aufnehmen könnten. Zum anderen fehlt ihnen ein Verdunstungsschutz. Daher sind Flechten mehr oder weniger vollständig den augenblicklich herrschenden klimatischen Bedingungen ihrer Umgebung ausgesetzt. Sie können sich nur mit Hilfe interner Mechanismen gegen die Trockenheit schützen.

Die Aufnahme von Wasser ist bei den Flechten ein ausschließlich passiver physikalischer Prozess (ähnlich wie er in einem hydrophilen Gel abläuft). Über die Oberfläche ihres Lagersaugensaugens saugen Flechten das Wasser auf wie ein Schwamm. Und zwar in großen Mengen: Eine Grünalgen-Flechte kann 100 bis maximal 300% ihres Trockengewichts an Wasser aufnehmen. Und bei einer völlig mit Wasser durchtränkten Gallertflechte (eine Gruppe der Blaualgen-Flechten) kann der Wassergehalt sogar mehr als 2000% des Trockengewichts betragen! Diese beachtliche Wasseraufnahme erfolgt außerdem sehr rasch – und das muss sie auch, denn Flechten besiedeln viele extreme Standorte, wo sie oft nur für kurze Zeit mit Wasser in Kontakt kommen. Bei einer entsprechenden Wassergabe können Flechten binnen Minuten vollkommen durchfeuchtet sein. Nicht alle Flechten benötigen jedoch Wasser in flüssiger Form. Manche Arten sind auch in der Lage, Wasser in Form von Wasserdampf aus der Luft aufzunehmen. Im Unterschied zu höheren Pflanzen speichern Flechten das Wasser auch nicht in ihren Zellen. Die Hauptmenge des Wassers befindet sich vielmehr in den Hohlräumen zwischen den Pilzhyphen,



Bei anhaltender Trockenheit verfallen Flechten in eine Art Trockenstarre. Bei dieser handelt es sich um einen physiologisch inaktiven Zustand. Der Stoffwechsel ruht und auch die Photosynthese kommt zum Erliegen. Wie lange Flechten diesen ausgetrockneten Zustand unbeschadet überleben, variiert von Art zu Art. Es sind wüstenbewohnende Flechten bekannt, die noch nach 40 Jahren völliger Austrocknung durch die Gabe von Wasser „wiederbelebt“ werden konnten.

Foto: Volkmar Wirth

in den stark quellbaren Zellwänden des Pilzpartners oder – bei den Blaualgen-Flechten – in der Algengallerte.

Etwa genauso rasch, wie Flechten das Wasser aufnehmen, verlieren sie es bei Trockenheit auch wieder. Der Wassergehalt kann dann auf 2 bis 15% des Trockengewichts sinken. Auch diese rasche Wasserabgabe kann von Vorteil sein. Vor allem in heißen Gebieten werden dadurch eine negative Stoffwechselbilanz oder auch Hitzeschäden vermieden; denn Flechten sind nur im ausgetrockneten Zustand in der Lage, extreme Temperaturen oder starke Sonneneinstrahlung unbeschadet zu überstehen. Aber auch in kalten Regionen ist die Fähigkeit zur Austrocknung ausgesprochen wichtig, da gefrorenes Wasser für den Stoffwechsel nicht verfügbar ist.

Photosynthetisch aktiv sind Flechten nur bei ausreichendem Feuchtigkeitsangebot. (Nicht umsonst findet man besonders viele Flechten an kühlen, nebelreichen Standorten.) Ist zu wenig Wasser vorhanden, fallen Flechten in eine Art Trockenstarre. Sämtliche Stoffwechselforgänge werden eingestellt. Erst bei erneuter Feuchtigkeitszufuhr erwachen die Flechten wieder zum

Leben: Der Stoffwechsel wird erneut aktiviert und erreicht bei einem Wassergehalt von 65 bis 90% seine höchste Leistungsfähigkeit.

Ein solcher Wechsel von Austrocknung und Befeuchtung ist für Flechten völlig normal und bereitet ihnen daher auch keine physiologischen Probleme. Je nach den mikroklimatischen Verhältnissen kann es sogar mehrmals am Tag zu einem Wechsel zwischen aktivem und inaktivem Zustand kommen. Eine höhere Pflanze würde durch eine zu hohe Schwankung des Wassergehalts bzw. einen zu hohen Wasserverlust absterben. Für die meisten Flechten dagegen ist eine mehr oder weniger regelmäßig wiederkehrende Austrocknung sogar lebensnotwendig.

Dieser Lebensrhythmus mit Phasen hoher Stoffwechselaktivität und Phasen eines „physiologischen Schlafzustands“ hat eines zur Folge: Flechten wachsen ausgesprochen langsam! Je nach Art und Standort wachsen Flechten zwischen 0,01 und 8 Millimeter pro Jahr. Das üppigste Wachstum zeigen Flechten, die in subtropischen Nebelwäldern oder in der Nähe der Meeresküste gedeihen. Denn dort sorgt eine geringe Schwankung der Luft-



Die Toleranz gegenüber Trockenheit variiert von Art zu Art. Trockenheit liebende Flechten überstehen auch lang andauernde Trockenphasen besser als Flechten, die an feuchtere Standorte angepasst sind. Außerdem läuft ihr Stoffwechsel nach einer erneuten Wassergabe schneller wieder an. Flechten gemäßiger Standorte können bereits nach einigen Wochen der Trockenheit irreparabel geschädigt sein. Am empfindlichsten reagieren Wasserflechten (hier *Verrucaria elaeomelaena*). Sie können schon Schaden nehmen, wenn sie nur verhältnismäßig kurze Zeit trockenfallen.

Foto: Heiko Bellmann



Die Photosynthese-Leistung einer Flechte hängt vom Wassergehalt ab. Im völlig ausgetrockneten Zustand betreiben Flechten keine Photosynthese. Nehmen sie Wasser auf, kommt die Photosynthese wieder in Gang; bei einem Wassergehalt von 65 bis 90% erreicht die Photosynthese-Aktivität schließlich ihr Maximum. Bei zunehmender Einquellung sinkt die Photosynthese-Rate bei vielen Flechten wieder, bedingt durch einen behinderten Gasaustausch. (Hier die Vielfrüchtige Leimflechte, *Collema cristatum*.)

Foto: Heiko Bellmann

feuchtigkeit für besonders gute Wachstumsbedingungen. In ariden Gebieten geht das Wachstum der Flechten dagegen besonders langsam vor sich. Zum langsamen Wachstum der Flechten trägt außerdem das Ungleichgewicht der beiden Partner bei. (Manche Forscher sprechen daher auch von einem kontrollierten Parasitismus.) Denn die Photobionten – also die Algen oder Blaualgen – nehmen nur rund 10% des Volumens eines Flechtenkörpers ein. Dennoch sind sie allein für die Ernährung des Pilzes zuständig.

Kompensiert wird das langsame Wachstum der Flechten durch ihre immense Langlebigkeit. Flechten können wahrlich ein beachtliches Alter erreichen. Allerdings variiert dieses zwischen den einzelnen Arten bzw. Wuchsformen beträchtlich. So ist das Alter der Blatt- und Strauchflechten unserer Breiten noch verhältnismäßig bescheiden: Ihr maximales Durchschnittsalter liegt zwischen 30 und 50 Jahren. Krustenflechten dagegen werden oft deutlich älter. Die Landkartenflechte etwa, die man im Vorfeld der Alpen finden kann, erreicht ein Alter von bis zu 1.300 Jahren! Und die ältesten Flechten, die man je untersucht hat, sind sagenhafte 4.500 Jahre alt. Allerdings sind Flechten nur einen Teil ihres



Die photosynthetische Aktivität des Algenpartners fluktuiert im Laufe eines Tages oft stark, da auch die Luftfeuchtigkeit im Laufe eines Tages schwankt. Häufig ist die Photosynthese-Rate am frühen Morgen am höchsten, wenn der Flechtenkörper von Tau benetzt ist (hier die Vielfingerige Schildflechte, *Peltigera polydactylon*).

Foto: Heiko Bellmann

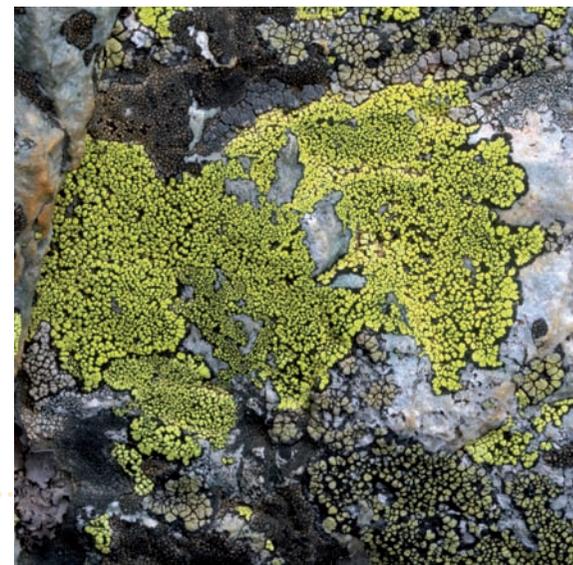


Flechten, die in Salzwüsten oder auch in Küstennähe wachsen, sind oft von einer dünnen Salzkruste bedeckt. Eine solche Salzkruste fördert die Aufnahme von Wasserdampf ganz erheblich.

Foto: Roman Türk

Viele Blatt- und Strauchflechten Mitteleuropas werden nicht älter als 50 Jahre. Vertreter der Gattung *Cladonia* (wie zum Beispiel die Rotfrüchtige Säulenflechte, *Cladonia macilenta*, links) werden im Durchschnitt nur 10 Jahre alt. Deutlich älter werden viele Krustenflechten. So kann etwa die Landkartenflechte (*Rhizocarpon geographicum*, rechts), die man in den Alpen findet, 350 bis 1.300 Jahre alt werden. Und auf Grönland fand man Flechten, die sage und schreibe 4.500 Jahre alt sind!

Fotos: Heiko Bellmann





Einzigartige Doppelwesen

Auf glattrindigen Bäumen – vor allem auf Buchen, Hainbuchen, Eschen und Haseln – findet man die **Schriftflechte** (*Graphis scripta*). Sie bevorzugt schattige, luftfeuchte Standorte. Ihren Namen verdankt sie ihren länglichen, gebogenen und teils auch verzweigten Fruchtkörpern, die ein wenig an Schriftzeichen erinnern.

Foto: Heiko Bellmann

langen Lebens physiologisch aktiv. Die übrige Zeit verbringen sie in einem inaktiven, „leblosen“ Zustand. Daher ist ihr physiologisches Alter verglichen mit ihrem tatsächlichen Alter deutlich geringer.

Sexuelle und asexuelle Fortpflanzung

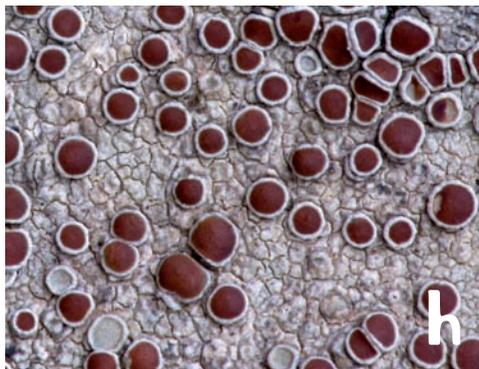
Dass Flechten aus zwei oder auch mehreren Symbiose-Partnern bestehen, macht eine Sache nicht gerade leichter: die Fortpflanzung. Denn die Partner müssen wieder zusammenkommen, damit eine neue Flechte entstehen kann. Dies ist bei der vegetativen (= ungeschlechtlichen) Vermehrung kein Problem. Die sexuelle Fortpflanzung dagegen stellt Flechten vor eine enorme Herausforderung.

In der Flechten-Symbiose ist ausschließlich der Pilz zur sexuellen Fortpflanzung befähigt. Sexuelle Vorgänge beim Photobionten werden vom Pilz unterdrückt. Das heißt: Die Algen können sich nur ungeschlechtlich vermehren – und selbst das nur unter strenger Kontrolle ihres Pilzpartners. Doch sogar beim Mykobionten ist die Fähigkeit zur sexuellen Vermehrung oft eingeschränkt und bisweilen auch ganz verloren gegangen.

Mit der sexuellen Fortpflanzung geht stets die Ausbildung von Fruchtkörpern einher. Diese können sehr unterschiedlich gestaltet sein: Jene Flechten, deren Pilzpartner zu den Ständerpilzen gehört, zeigen keine flechten-spezifischen Anpassungen. Aufbau und Entwicklung ihrer Fruchtkörper sind durch die Symbiose

kaum beeinflusst. Oder anders ausgedrückt: Der Fruchtkörper dieser Flechten ist ein Basidiocarp – ein „ganz normaler Hutpilz“ (der für das ungeschulte Auge nicht unbedingt als Flechte erkennbar ist). Ganz anders verhält es sich dagegen bei jenen Flechten, bei denen der Pilzpartner ein sogenannter Schlauchpilz ist. Diese Gruppe – zu der übrigens die überwiegende Mehrheit aller Flechten gehört – zeigt bei der sexuellen Fortpflanzung charakteristische, flechtypische Merkmale. Ihre Fruchtkörper lassen sich grob in zwei Gruppen einteilen: Die scheiben-, napf- oder schüsselförmigen **Apothecien** sind vom Flechtenlager für gewöhnlich scharf abgegrenzt. Ihre Oberfläche – die Fruchtschicht liegt bei ihnen offen zu Tage – kann flach, konkav oder konvex sein, randlos oder von einem Rand umgeben. Anders die sogenannten **Perithechien**, die man vor allem bei Krustenflechten findet: Diese sind mehr oder weniger kugelig und fast geschlossen. Doch können die Fruchtkörper einer Flechte auch anders gestaltet sein wie etwa langgestreckt oder auch verästelt.

Unabhängig von ihrer Form haben die Fruchtkörper jedoch stets dieselbe Funktion: In ihnen entstehen die ein- bis vielzelligen Sporen sind oft nur wenige tausendstel Millimeter groß und ihre Form ist artspezifisch. Sie werden bei Reife ausgeschleudert und durch Wind, Wasser oder Tiere verbreitet. Wenn sie auf einen geeigneten Untergrund treffen, keimen die Sporen aus. Damit aus dem kleinen Hyphengeflecht wieder eine Flechte werden kann, muss der Pilz jedoch auf die passende Alge treffen. Und die Wahrscheinlichkeit dafür ist äußerst gering: Oft entsteht eine neue Flechte nur in einem von mehreren Millionen Fällen!



Die als Apothecien bezeichneten Fruchtkörper der Flechten sind schüssel-, napf- oder scheibenförmig. In diesen Fruchtkörpern werden die Sporen gebildet, die ausgeschleudert und durch Wind, Wasser oder Tiere verbreitet werden. Vor allem wenn die Sporen höhere Luftschichten erreichen, können sie über sehr weite Strecken verfrachtet werden.

- a: Blutaugenflechte
(*Ophioparma ventosa*)
- b: Braune Köpfchenflechte
(*Baeomyces rufus*)
- c: Dunkelköpfige Stecknadelflechte
(*Chaenotheca phaeocephala*)
- d: Gewöhnliche Feuerflechte
(*Fulgensia fulgens*)
- e: Jeneser Grubenflechte
(*Gyalecta jenensis*)
- f: Echte Scharlachflechte
(*Cladonia coccifera*)
- g: Reichblütige Bartflechte
(*Usnea florida*)
- h: Silbrige Kuchenflechte
(*Lecanora argentata*)

Fotos: a, b: Roman Türk, c: Erich Zimmermann, d, e, f, g: Heiko Bellmann, h: Peter Bilovitz

Einzigartige Doppelwesen



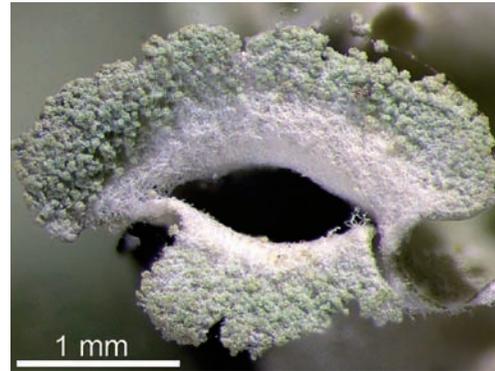
Der leuchtend gelbe Fuchsstöter (*Vulpicida pinastri*) wächst bevorzugt auf der Rinde von Nadelbäumen. An den Rändern seiner Loben sind die gelben Bortensorale zu erkennen. In diesen Soralen werden die Soredien gebildet: mikroskopisch kleine Algenpakete, die von Pilzhyphen umgeben sind und die der Vermehrung der Flechte dienen.

Foto: Peter Bilovitz

Man kann sich also gut vorstellen, dass eine immense Menge an Sporen notwendig ist, um das Fortbestehen einer Flechte zu sichern.

Doch manche Flechten sind „erfinderisch“ und erhöhen ihre Fortpflanzungschancen durch einen „Trick“: In ihren Fruchtkörpern findet man außer den Sporen auch Algen, die zusammen mit den Sporen ausgeschleudert werden. Die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Sporenkeimung erhöht sich dadurch ganz signifikant.

Um den Fortpflanzungserfolg weiter zu fördern und sozusagen nichts dem Zufall zu überlassen, vermehren sich viele Flechten außerdem ungeschlechtlich. (Manche Arten pflanzen sich sogar ausschließlich asexuell fort.) Dabei bilden sie Fortpflanzungskör-



Sorale sind Aufbrüche an der Thallus-Oberfläche. (Hier zu sehen die Lippensorale bei der Blasenflechte, *Hypogymnia physodes*, einer der häufigsten Laubflechten Österreichs.) Sie

dienen der vegetativen Vermehrung der Flechte. Die in den Soralen gebildeten Vermehrungseinheiten, die Soredien, werden durch Regen, Wind oder auch durch Tiere verbreitet.

Foto: Mike Guwak, Wikimedia Commons

per aus, die von vornherein die passenden Pilz- und Algenpartner enthalten. Diese können jedoch ganz unterschiedlich gestaltet sein:

Vor allem bei Strauchflechten können zum Beispiel Teile des Lagers abbrechen – und das vor allem bei Trockenheit bereits bei verhältnismäßig geringer Belastung. (Man spricht von der sogenannten **Thallus-Fragmentation**.) Die dabei entstandenen Bruchstücke können wieder zu vollständigen Lagern heranwachsen. Außerdem findet man bei Flechten auch spezielle vegetative Vermehrungsorgane in Form von sich leicht ablösenden Strukturen, die beide Symbionten enthalten. Mit deren Hilfe können Pilz und Alge gemeinsam verbreitet werden. **Isidien** zum Beispiel sind berindete Auswüchse der Lageroberfläche. Sie bestehen aus Algenzellen, die von Pilzhyphen umschlossen werden. Ihre Form ist sehr variabel: Isidien können stiftförmig, warzig, schuppig, blattförmig, kugelig oder auch korallenartig verzweigt sein. Vor allem ältere Isidien brechen leicht ab. Sie werden durch Wind, Wasser oder Tiere verbreitet und können auf einer geeigneten Unterlage zu einer neuen Flechte heranwachsen. Isidien werden von mehr als einem Viertel aller Blatt- und Strauch-

flechten produziert. Bei Krustenflechten dagegen kommen sie selten vor.

Nach einem ganz ähnliche Prinzip wie die Isidien funktionieren auch die sogenannten **Soredien**. Bei diesen Vermehrungseinheiten handelt es sich um mikroskopisch kleine Algenpakete, die ebenfalls von Pilzhyphen umgeben sind. Gebildet werden sie in eigenen Organen: den sogenannten Soralen. Diese Sorale sind als mehlig bis körnige Aufbrüche meist an der Oberseite oder an den Rändern des Lagers zu erkennen. Je nach Aussehen werden verschiedenen Formen unterschieden (wie zum Beispiel Lippen-, Borten-, Helm- oder Spaltensorale). Die in ihnen entstehenden Soredien werden genau wie die Isidien durch Wind, Wasser oder Tiere verbreitet – und zwar bisweilen über beträchtliche Strecken. Auch sie können auf einer geeigneten Unterlage zu einer neuen Flechte heranwachsen.

Ungeschlechtlich vermehren sich Flechtenpilze außerdem mit Hilfe sogenannter **Pykno sporen** (oder Konidien). Diese winzigen Sporen entstehen in Pyknidien. Das sind kugel- bis birnenförmige Gebilde, die meist in das Lager eingebettet bzw. eingesenkt und mit freiem Auge lediglich als kleine, schwärzliche Punkte zu erkennen sind. Seltener sind sie warzen- oder stiftförmig.



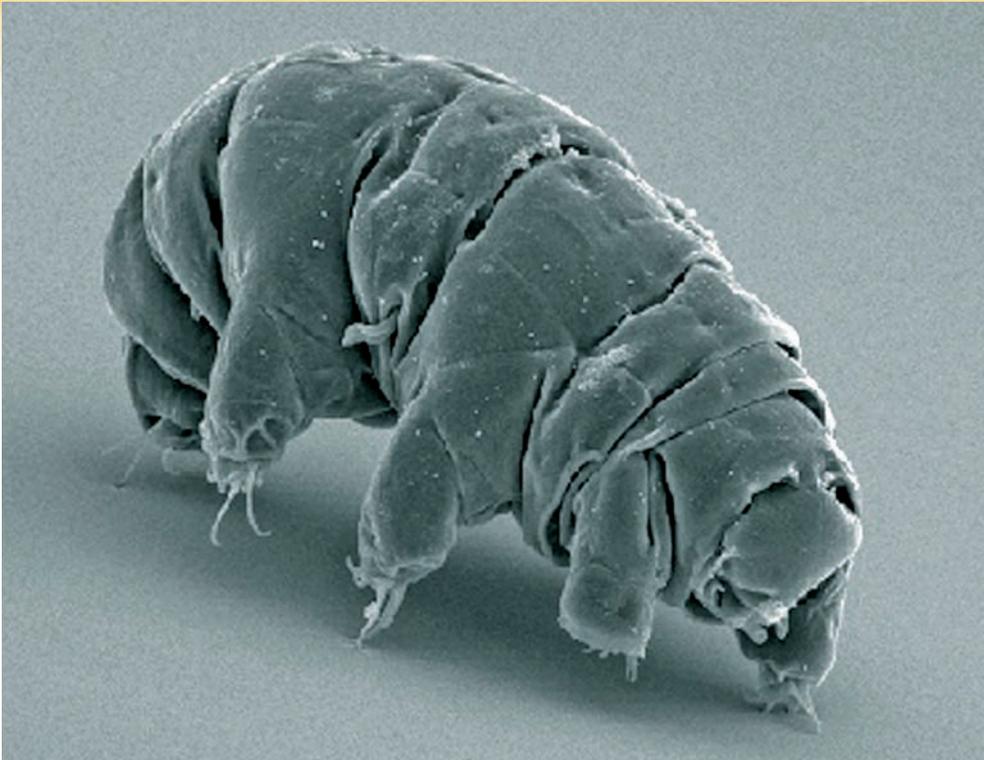
Isidien dienen ebenfalls der ungeschlechtlichen Vermehrung von Flechten. Es handelt sich dabei um Auswüchse des Flechtenlagers, die leicht abbrechen. Sie enthalten sowohl den Mykobiont als auch den Photobiont. Die Form der Isidien (hier von *Platismatia herrei*) kann sehr unterschiedlich sein. Meist sind sie jedoch zylindrisch, keulenförmig oder kugelig.

Foto: Stephen Sharnoff



Flechtennabelinge gehören zu den Schnecklingsverwandten. Sie sind stets mit Grünalgen vergesellschaftet, ohne die sie nicht überlebensfähig wären. Daher zählen Flechtennabelinge nicht zu den Pilzen, sondern zu den Flechten. Der Helligelbe Flechtennabeling (*Lichenomphalia hudsoniana*) zum Beispiel besitzt ein grünes Lager, das aus kleinen, muschelförmigen Elementen aufgebaut ist. Der Fruchtkörper ist – wie bei allen Flechtennabelingen – ein kleiner, schwach gewölbter Hut.

Fotos: Roman Türk



Bärtierchen (Tardigrada) sind verhältnismäßig einfach gebaute Lebewesen, die einen eigenen Stamm innerhalb der Häutungstiere bilden. Man findet sie häufig auf Flechten, wo sie sich von den Algen ernähren. Mit den Flechten gemeinsam haben Bärtierchen die enorme Widerstandskraft sowie die Fähigkeit zur vollständigen Austrocknung.

Foto: Schokraie E., et al. Wikimedia Commons

Flechten als Nahrung und Lebensraum

Flechten bieten vielen Tieren Schutz und Nahrung. Vor allem dichte Flechtenpolster eignen sich für eine ganze Reihe von kleinen Tieren als Unterschlupf. Zudem werden Flechten von vielen Tieren gefressen – und zwar von mikroskopisch kleinen Lebewesen ebenso wie von großen Wirbeltieren. Und manche Flechtenarten werden vom Menschen auch als Futter für Haustiere gesammelt.

Flechten bieten einer ganzen Reihe von kleinen bis mikroskopisch kleinen Lebewesen einen geeigneten Lebensraum. So findet man in Flechtenpolstern zum Beispiel Wimpertierchen, Rädertierchen oder Amöben. Zu den ungewöhnlichsten kleinen Flechtenbewohnern zählen jedoch zweifellos die Bärtierchen.

Diese seltsamen Geschöpfe werden normalerweise zwischen einem Zehntel und einem halben Millimeter groß. Man findet sie weltweit im Meer, im Süßwasser und auch an Land – und zwar vor allem in Moospolstern und auch in Flechten, außerdem in der Laubstreu von Wäldern und auch im Boden. Bärtierchen verdanken ihren Namen ihrem plumpen Körperbau und ihrer langsamen, tapsigen Fortbewegungsweise. Sie besitzen acht mit Krallen besetzte Stummelfüßchen, mit denen sie sich langsam fortbewegen. Einige wenige Bärtierchen sind räuberisch. Die meisten dagegen ernähren sich vegetarisch. Sie verzehren hauptsächlich Algenzellen – entweder freilebende Algen oder Algen, die sie in Flechten finden. Genau wie Flechten zeigen auch Bärtierchen eine enorme Widerstandsfähigkeit gegenüber Umwelteinflüssen, die mit der Fähigkeit zur Austrocknung einhergeht. Im aktiven, hydratisierten Zustand bestehen Bärtierchen



Flechten werden auch von vielen Schnecken als Nahrung genutzt. Vor allem felsbewohnende Schneckenarten sind auf Flechten angewiesen. So zum Beispiel die nur 10 mm große Zahnlose Schließmundschnecke (*Balea perversa*), die man an trockenen, felsigen Standorten oder an alten Mauern finden kann. Im Laborversuch fütterten Wissenschaftler die Schnecke 100 Tage lang ausschließlich mit der Gewöhnlichen Gelbflechte (*Xanthoria parietina*). Gesundheit und Fortpflanzungserfolg der Zahnlosen Schließmundschnecke wurden dadurch nicht beeinträchtigt.

Foto: Jozef Grego, Wikimedia Commons

zu etwa 85% ihres Körpergewichts aus Wasser. Doch kann dieser Wert auf weniger als 2% sinken, ohne dass das Tier Schaden nimmt. Bärtierchen ziehen sich bei Austrocknung zusammen und bilden sogenannte „Tönnchen“. In diesem vollkommen inaktiven Zustand, der als Kryptobiose oder Anabiose bezeichnet wird und bei dem die Lebensvorgänge stark gedrosselt ablaufen, können sie Jahrzehnte überdauern. Bei Wasserzufuhr erholen sie sich – genau wie Flechten – erstaunlich rasch. Sie werden umgehend aktiv, kriechen herum und fressen. Im ausgetrockneten Zu-

stand können Bärtierchen stundenlang Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt (-273 °C) und Temperaturen von bis zu $+100\text{ °C}$ ertragen. Auch eine hohe UV-Strahlung und geringe Sauerstoffspannung bereiten ihnen keine Probleme.

Flechten werden aber auch von größeren Lebewesen genutzt. Ameisen, Springschwänze und kleine Käfer zum Beispiel suchen in Flechtenpolstern Zuflucht. Meist wimmelt es hier auch von Milben. Die kleinen Spinnentiere scheinen den Flechten sogar dienlich zu sein, denn im Milbenkot finden sich sowohl Pilzsporen als



Die unterschiedlichsten Schnecken tun sich an Flechten gütlich (links *Limax* sp. aus der Nacktschnecken-Familie der Schnegel, rechts die Achat-Felsenschnecke, *Chilostoma achates*). Schnecken haben es vor allem auf die Flechtenalgen abgesehen. Mit ihrer kräftigen Zunge raspeln sie die obere Lagerschicht mit der Algenzone ab. Dabei erzeugen sie charakteristische Fraßspuren. Diese sind meist weiß, weil hier die Flechtenalgen fehlen.

Fotos: Franz Berger

Flechten als Nahrung und Lebensraum



Flechtlinge oder Staubläuse (Ordnung Psocoptera, hier *Metylophorus nebulosus*) sind unauffällige, kleine Insekten, die meist weniger als 5 mm groß werden. Viele Arten leben auf Bäumen, wo sie sich von Flechten, aber auch von freilebenden Algen und von Pilzhypen ernähren. Ein gehäuftes Auftreten von Flechtlingen in Wohn- oder Lagerräumen ist oft ein Zeichen für Schimmelpilzbefall. Foto: AfroBrazilian, Wikimedia Commons

auch Algenzellen. Man nimmt daher an, dass der Milbenkot zur Verbreitung der Flechten beiträgt!

Für viele pflanzenfressende Wirbellose bilden Flechten eine lebensnotwendige Nahrungsgrundlage. So zum Beispiel für viele **Schnecken**. Schnecken besitzen ein besonderes Enzym namens Lichenase. Mit diesem sind sie in der Lage, die wichtigsten Kohlenhydrate der Flechten (Lichenin und Isolichenin) abzubauen. Dazu kommt, dass viele Flechtenstoffe, die für Wirbeltiere giftig sind, den Schnecken nichts weiter ausmachen. Wohlgeschmeckend scheinen manche Flechtenstoffe aber auch für Schnecken nicht zu sein. Und einige Flechtenstoffe wie etwa die Vulpinsäure sind tatsächlich für alle Tiere – inklusive Schnecken – giftig.

Staubläuse ernähren sich von Grünalgen und Pilzen. Sie zeigen daher eine Vorliebe für Flechten, die ihnen beides gleichzeitig bieten. Daher werden diese Insekten (Ordnung Psocoptera) auch als **Flechtlinge** bezeichnet. Weltweit kennt man mehr als 4.000 Arten von Flechtlingen, von denen etwa 100 auch in Mitteleu-

ropa vorkommen. Flechtlinge werden zwischen 0,5 und 10 mm groß. Ihr weichhäutiger Körper besteht aus einem verhältnismäßig großen Kopf, einem Brustabschnitt und einem sackförmigen Hinterleib. Die fadenförmigen Antennen sind lang, die Augen sind bei vielen Arten nur schwach entwickelt. Eine Besonderheit sind die Mundwerkzeuge der Flechtlinge, die eine Zwischenform zwischen dem kauend-beißenden und dem saugenden Typ darstellen. Die Flügel der kleinen Insekten werden in Ruhe dachförmig über den Hinterleib gelegt; im Flug werden Vorder- und Hinterflügel durch Haftvorrichtungen miteinander verbunden (man spricht daher von einer funktionellen Zweiflügeligkeit). Bei vielen Arten sind die Flügel jedoch reduziert. Vor allem die Weibchen sind meist ungeflügelt. Allerdings bewegen sich auch Arten mit voll funktionsfähigen Flügeln hauptsächlich laufend fort. Flechtlinge bevorzugen feuchte Lebensräume. Man findet sie zum Beispiel an Pflanzen, vor allem unter der Rinde von Bäumen, aber auch im Totholz oder in Vogelnestern. In Gebäuden kommen sie ebenfalls vor. Sie richten dort zwar keinen Schaden an und sind auch keine Vorratsschädlinge, doch zusammen mit Hausstaubmilben sind sie mittlerweile für zahlreiche Allergien verantwortlich. Interessant ist, dass manche Flechtlinge – genau wie manche Flechten – in der Lage sind, Feuchtigkeit in Form von Wasserdampf aufzunehmen. Die große ökologische Bedeutung der Flechtlinge besteht darin, dass sie durch ihre Fraßtätigkeit Algen und Pilzhypen für andere Glieder der Nahrungskette verfügbar machen.

Auch die Larven mancher Schmetterlinge wissen Flechten als Nahrung zu schätzen. So zum Beispiel die Raupen der **Flechtenbären** – einer Schmetterlingsgruppe, von denen es in Österreich zehn Arten gibt. Die Flechtenbären, die zur Gruppe der Bärenspinner gehören, sind recht unscheinbare Nachtfalter. Sie sind unauffällig gefärbt und erreichen eine Flügelspannweite von maximal 3,5 cm. Ihre Flügel liegen in Ruhestellung entweder eng am Körper an oder sie werden dachförmig übereinander gelegt. Die Falter fliegen von Mai bis Juni. Sie sind geschickte Flieger



Der Gewöhnliche Flechtenbär (*Eilema complana*) ist – wie alle Flechtenbären – ein kleiner, recht unscheinbarer Schmetterling. Man findet ihn in Wäldern ebenso wie in offenem Gelände. Er ist weit verbreitet und in vielen Gebieten der häufigste Bärenspinner. Die Nahrungspflanze der stark beborsteten Raupe ist die Gewöhnliche Gelbflechte (*Xanthoria parietina*).

Raupe: Ivo Antušek, Wikimedia Commons,

Schmetterling: Sander van der Molen, Wikimedia Commons



und haben außerdem die Fähigkeit, die Ultraschall-Ortungslaute der Fledermäuse wahrzunehmen. Dies erlaubt ihnen, ihren Feinden zu entkommen, indem sie abrupte Ausweichmanöver durchführen. Manche Flechtenbären stoßen aber auch selbst Ultraschalllaute aus, um das Ortungssystem der Fledermäuse zu irritieren.

Ab August findet man die Raupen der Flechtenbären, die bräunlich bis schwarz gefärbt sind und zwei bis drei cm lang werden. Ihre starke und zum Teil recht lange Behaarung hat ihnen den Namen Flechten"bär" eingetragen. Sie ernähren sich von verschiedenen Flechten, die auf Steinen, Bäumen oder auch auf Gebäuden wachsen. Man kann sie dabei jedoch nur selten beobachten, denn die Raupen fressen nachts und verstecken sich tagsüber unter Steinen oder zwischen Flechten. (Manche Flechtenbären, die auch an bzw. in Gebäuden auftreten, werden übrigens als Hygieneschädlinge eingestuft. Zwar befallen sie weder Lebensmittel noch Kleidungsstücke, doch die stark beborsteten Raupen können bei sensiblen Menschen bei Hautkontakt eine

sogenannte Raupendermatitis hervorrufen. Rötungen und Juckreiz sind die Folge.) Im Herbst verpuppen sich die Raupen in einem bräunlichen Gespinnst, das aus Raupenhaaren, kleinen Erdbrocken und Flechtenstücken besteht. Dieses kann man unter der Rinde von Bäumen, am Boden, unter Moos oder Steinen finden. Sie überwintern als Puppe und schlüpfen im darauf folgenden Jahr.

Vögel ernähren sich zwar nicht von Flechten, doch werden Flechten von manchen Vogelarten für den Bau ihres Nestes benutzt. Unter den heimischen Vögeln verwenden zum Beispiel Buchfink und Schwanzmeise Flechten für den Nestbau.

Der etwa spatzengroße **Buchfink** (*Fringilla coelebs*) kommt beinahe in ganz Europa vor. Er besiedelt Wälder, aber auch Obstbaulflächen und baumbestandene Gärten. Bei uns in Mitteleuropa zählt er zu den am weitesten verbreiteten Brutvögeln. Es mag erstaunen: Aber der Buchfink ist in Österreich sogar häufiger als der Haussperling oder die Amsel! Früher wurde der Buchfink wegen seines schönen Gesangs auch häufig als Käfig-



Schwanzmeisen (*Aegithalos caudatus*) besiedeln bevorzugt strukturreiche, feuchte Wälder. Man findet sie aber auch in Gärten, Parks oder Friedhöfen. Ihr aufwändig gebautes Nest besteht vor allem aus Flechten, Moosen und Spinnweben. Besonders gern werden Flechten verwendet, die auf dem Nistbaum wachsen. Auf diese Weise ist das Nest der Schwanzmeise besonders gut getarnt.

Schwanzmeise: Chris Romeiks, Wikimedia Commons, Nest: NottsExMiner, Wikimedia Commons



vogel gehalten. Während die Männchen bunt und recht auffällig gefärbt sind, sind die Weibchen eher unscheinbar graubraun. Buchfinken gehen eine lebenslange Partnerschaft ein. Dies steht in Widerspruch zu ihrem wissenschaftlichen Artnamen, der so viel wie der „unverheiratete“ Fink bedeutet. Diesen Namen verdankt der Buchfink der Tatsache, dass Männchen und Weibchen ihre Reise ins Winterquartier nicht zeitgleich antreten. (Jungtiere und Weibchen ziehen früher in den Süden, während die Männchen länger in den Brutgebieten verweilen bzw. den Winter überhaupt dort verbringen.) Zeitig im Frühjahr kennzeichnet das Buchfink-Männchen dann sein Revier durch seinen charakteristischen, sehr lauten Gesang. Der Nestbau dagegen ist allein Sa-

che des Weibchens. Meist wird das halbkugelförmige, dickwandige Nest in einer Astgabel erbaut. Es besteht aus Moosen, Flechten, Fasern, Wurzeln und Halmen. Vor allem die Flechten und Moose verleihen ihm eine hervorragende Tarnung. Ausgepolstert wird das Nest mit Haaren und Federn. Das Brutgeschäft, das etwa zwei Wochen dauert, wird vom Weibchen allein übernommen. Nach dem Schlüpfen beteiligt sich aber auch das Männchen an der Aufzucht der vier bis sechs Jungen. Meist werden zwei Bruten im Jahr aufgezogen.

Die **Schwanzmeise**, die genau wie der Buchfink zur Gruppe der Sperlingsvögel gehört, verdankt ihren Namen den auffallend langen Schwanzfedern. Der kleine, zierliche Vogel wird etwa 14 cm



Der Buchfink (*Fringilla coelebs*) ist vor allem für seinen hübschen Gesang – den sogenannten Finkenschlag – bekannt. Für den Nestbau verwendet das Weibchen (oben) besonders gern Moose und Flechten. Daher ist das Buchfink-Nest nicht leicht zu entdecken.

Buchfink-Weibchen: Thermos, Wikimedia Commons, Männchen: Michael Maggs, Wikimedia Commons, Nest: Vasily Vishnevskiy, www.123fr.com

lang. Doch entfallen nur rund 5 cm der Gesamtlänge an den kugelförmigen Körper. Die Schwanzfedern dagegen erreichen eine Länge von etwa 9 cm. Der lange Schwanz ist zwar beim Fliegen nicht unbedingt förderlich, doch er hilft der kleinen Meise beim Balancieren im Geäst, wo sie auf den äußersten Spitzen der Zweige auf Insektenjagd geht. Schwanzmeisen zeigen ein recht ausgeprägtes Sozialverhalten: Außerhalb der Brutsaison leben sie in kleinen Trupps von bis zu 30 Tieren. Diese beanspruchen ein bestimmtes Territorium, das je nach Größe des Schwarms unterschiedlich groß sein kann und gegen Eindringlinge vehement verteidigt wird. Zur Brutzeit besetzen die einzelnen Paare innerhalb dieses Territoriums ein bestimmtes Brutrevier. Der Nestbau selbst wird von beiden Partnern bewerkstelligt und dauert in der Regel mehr als einen Monat. In dieser Zeit entsteht ein äußerst kompakter Bau, dessen Höhe bis zu 25 cm und dessen Durchmesser bis zu 18 cm betragen kann. Das dickwandige Nest (die Wände können 3 cm stark sein!) ist bis auf das Schlupfloch geschlossen. Es besteht vor allem aus Flechten, Moos und Spinnweben. Bisweilen werden auch andere Fasern, Halme oder Haare benutzt; ausgepolstert wird das Nest vor allem mit Federn. Interessant ist, dass für die äußerste Schicht besonders gern Flechten des Nistbaums verwendet werden. Dadurch ist das Nest der Schwanzmeise besonders gut getarnt. Nicht immer



Der Wanderregenpfeifer (*Pluvialis dominica*) brütet in den Tundren und Grasländern Alaskas und Nord-Kanadas. In Europa kommt er nur als Durchzügler und Gastvogel vor. Das Nest des Wanderregenpfeifers ist eine einfache Bodenmulde. Diese wird gern mit Flechten ein wenig ausgepolstert. Als Nestflüchter verlassen die Jungen das Nest unmittelbar nach dem Schlüpfen.

Nest: MeegsC, Wikimedia Commons, Wanderregenpfeifer: Wikimedia Commons



Auch der Langschwanz-Seidenschnäpper (*Ptilonys caudatus*) verwendet für den Bau seines offenen Napfnestes regelmäßig Flechten. Dabei zeigt der in Mittelamerika beheimatete Singvogel eine besondere Vorliebe für Bartflechten der Gattung *Usnea*.

Foto: Chris Jimenez, Wikimedia Commons

ziehen die Eltern ihre Jungen allein groß. Oft werden sie dabei von anderen Tieren aus dem Schwarm (sogenannten „Helfern“) unterstützt. Auf diese Weise kann ein Schwanzmeisenpaar bis zu einem Dutzend Junge pro Brut großziehen.

Zu den Säugetieren, die Flechten verzehren, gehören unter anderem Wühlmäuse, Lemminge, Eichkätzchen und Murmeltiere. Aber auch Rehe, Hirsche, Steinböcke, Bergziegen, Moschusochsen und Elche fressen Flechten. Und gelegentlich tun sich sogar Eisbären an Flechten gütlich! Von besondere Bedeutung jedoch sind Flechten für die Rentiere. Rentiere besiedeln die nördlichen

Flechten als Nahrung und Lebensraum



Rentiere sind vor allem während der kalten Jahreszeit auf Flechten angewiesen. Im Winter benötigt jedes Rentier etwa 2 kg Flechten pro Tag. Zu den sogenannten Rentierflechten zählen verschiedene Arten der Gattung *Cladonia*. Die Echte Rentierflechte (*Cladonia rangiferina*, Bild) findet man in den lichten, sommergrünen Laub- und den borealen Nadelwäldern ebenso wie in der Tundra.

Rentierflechte: Roman Türk, Rentier: Anita Ritenour, Wikimedia Commons.

Waldgebiete und Tundren Europas, Asiens und Nordamerikas (wo sie übrigens Karibus genannt werden). Im Norden Europas bilden Rentiere bis heute die Existenzgrundlage verschiedener Nomadenvölker. Die Vegetationszeit in diesen Regionen ist kurz. Daher sind die Rentiere gezwungen, ausgedehnte Wanderungen zu unternehmen, um ausreichend Nahrung zu finden. Ihre Herden können sehr unterschiedlich groß sein und im Extremfall mehrere 100.000 Tiere umfassen. Nach der Wanderung lösen sich diese riesigen Herden jedoch auf und zerfallen in kleinere Verbände. Diese Gruppen mit ihren zehn bis hundert Mitgliedern bestehen entweder nur aus männlichen oder nur aus weiblichen Tieren. Während Rentiere im Sommer die unterschiedlich-

sten Gräser und Kräuter zu sich nehmen, sind sie im Winter von Rentierflechten, Moosen und Pilzen abhängig. Zu den Rentierflechten im weiteren Sinne werden mehrere Arten von strauchförmig verzweigten, aufrecht auf dem Boden wachsende Flechten der Gattung *Cladonia* gezählt. Neben der Echten Rentierflechte (*Cladonia rangiferina*) sind dies zum Beispiel die Sternrentierflechte (*Cladonia stellaris*), die Wald-Rentierflechte (*C. arbuscula*), die Milde Rentierflechte (*C. mitis*) oder die Ebenästige Rentierflechte (*C. portentosa*). Sie alle wachsen auf mageren, flachgründigen Böden und auf mit Erde bedeckten Felsen. Sie bevorzugen für gewöhnlich sauren Untergrund; man findet sie jedoch auch auf Kalk. Interessant ist, dass die Rentiere durch die



Das Nördliche Gleithörnchen (*Glaucomys sabrinus*) kommt in Südkanada und im Westen der Vereinigten Staaten vor, wo es dichte Laub- und Nadelwälder besiedelt. In Baumhöhlen oder auf Ästen errichtet das Nördliche Gleithörnchen seine Nester. Diese bestehen fast vollständig aus Flechten der Gattung *Bryoria*.

Foto: Stephen Sharnoff

Beweidung der Flechten deren Vorkommen massiv beeinflussen: Bei geringer Beweidung etwa dominiert die Stern-Rentierflechte, die nur wenige andere Flechtenarten aufkommen lässt. Wenn ihr Anteil bei stärkerer Beweidung zurückgeht, wird sie von der Echten Rentierflechte, der Mildren Rentierflechte und anderen *Cladonia*-Arten ersetzt. Ist die Beweidung jedoch zu stark, verschwinden auch diese Arten. Anstelle von *Cladonia*-Arten findet man dann nur noch raschwüchsige Flechten, die für die Tiere



Moschustiere (hier das Sibirische Moschustier, *Moschus moschiferus*) leben einzelgängerisch in den Gebirgen Zentralasiens. Die etwa rehgroßen Tiere sind mit den Hirschen verwandt. Allerdings besitzen sie kein Geweih. Auffällig sind die oberen Eckzähne der Männchen, die mehr als 7 cm lang werden können. Die männlichen Tiere haben an ihrem Bauch außerdem die namensgebende Moschusdrüse. Moschustiere ernähren sich von Gräsern und Moosen. Vor allem im Winter bilden Flechten einen wichtigen Bestandteil ihrer Nahrung.

Foto: Николай Усик, Wikimedia Commons

jedoch wertlos sind. Bis sich überweidete Gebiete wieder erholen, vergehen viele Jahre!

Flechten werden sogar von manchen Primaten als Nahrungsquelle genutzt. So zum Beispiel von den **Schwarzen Stumpfnasenaffen** (*Rhinopithecus bieti*), die in Südchina heimisch sind. Ihren Namen verdanken die Tiere ihrem charakteristischen Äußeren: Ihre Nase ist stark verkleinert (die Nasenbeine fehlen) und die Nasenlöcher weisen nach vorne bzw. nach oben. Sie errei-

Flechten als Nahrung und Lebensraum

chen eine Körperlänge von etwa 80 cm, wobei die Männchen deutlich größer und auch schwerer werden als die Weibchen. Ihr Fell ist in Anpassung an ihren Lebensraum dicht und recht lang. Denn Schwarze Stumpfnasenasaffen besiedeln Gebirgswälder zwischen 3.000 und 4.700 m Seehöhe und zählen zu den kältetolerantesten Primaten überhaupt. (Keine andere Affenart lebt übrigens in größerer Höhe!) In ihrem Verbreitungsgebiet herrschen mehrere Monate im Jahr Temperaturen unter dem Gefrierpunkt, und oft liegt bis zu einem Meter Schnee. Nicht zuletzt deshalb sind Flechten – die den Tieren das ganze Jahr über zur Verfügung stehen – für die Schwarzen Stumpfnasenasaffen eine wichtige Nahrungsquelle. Insbesondere Bartflechten der Gattung *Bryoria* werden von den Affen gern gefressen. Auf dem Speiseplan der Tiere stehen außerdem Blätter, Baumrinde, Nüsse und Früchte. Die Abhängigkeit von den Flechten ist vermutlich auch der Grund, warum die Tiere eine Art „Wanderleben“ führen. Da

Flechten einen geringen Nährwert haben brauchen die Tiere verhältnismäßig große Mengen, um ihren Energiebedarf zu decken. Daher sind die Reviere der Stumpfnasenasaffen bis zu 25 km² groß.

Schwarze Stumpfnasenasaffen leben in losen Gruppen, denen mehr als 200 Tiere angehören können. Diese großen Verbände, die sich immer wieder aufspalten und zusammenkommen, bestehen aus zahlreichen kleinen Familiengruppen. Zu diesen gehören in der Regel ein erwachsenes Männchen, drei bis fünf Weibchen und deren Nachwuchs. Mittlerweile sind Schwarze Stumpfnasenasaffen allerdings sehr selten. Ihre Zahl hat durch die Vernichtung ihrer natürlichen Lebensräume (Waldrodung) und die starke Bejagung durch den Menschen stark abgenommen. Vermutlich gibt es heute nur noch rund 1.500 Tiere. Die Art wurde daher von der Weltnaturschutzorganisation IUCN als stark gefährdet eingestuft.

Für den Schwarzen Stumpfnasenasaffen bilden Flechten (vor allem Bartflechten der Gattung *Bryoria*) eine wichtige Nahrungsquelle. Diese standen ihnen in den Bergwäldern Südchinas einst in ausreichender Menge zur Verfügung. Heute jedoch bedroht der Mensch durch die Rodung der Wälder ihren Lebensraum massiv.

Foto: Hugh Lansdown





Die Verwendung der Nabelflechte *Umbilicaria esculenta* hat in Japan eine lange Tradition. Iwatake, wie die Flechte dort genannt wird, wächst auf steilen Felswänden und die „Ernte“ ist dementsprechend schwierig. Dazu kommt, dass die Flechte vor allem bei Regenwetter gesammelt wird. Denn im feuchten Zustand ist sie nicht brüchig und kann leichter mit Hilfe eines Messers vom Felsen gelöst werden.

Foto: LMOÖ, Gemälde: Hiroshige II, Wikimedia Commons

Nahrungsmittel, Farbstoff und Medizin

Flechten dienen dem Menschen schon seit jeher auch als „Nutzpflanzen“. Man verwendet sie als Futter für Haustiere, zum Färben von Stoffen und Wolle oder auch als Medizin. Dennoch ist der wirtschaftliche Nutzen der Flechten vergleichsweise gering. Denn aufgrund ihres ausgesprochen langsamen Wachstums sind der Nutzung von Flechten durch den Menschen enge Grenzen gesetzt. Zudem können Flechten nicht kultiviert werden.

Notnahrung und Viehfutter

Bei der Verwendung von Flechten als Nahrungsmittel steht die Nutzung als Nahrung für Tiere zweifellos im Vordergrund. Vor allem nördlich des Polarkreises (wo die Vegetation arm an höheren Pflanzen und dafür besonders reich an Flechten ist) dienen Flechten als Nahrung für die halbdomestizierten Rentiere. Während der kalten Jahreszeit sind sie sogar die einzige Nahrung dieser großen Wiederkäuer! Doch auch in unseren Breiten wurden Flechten früher als Viehfutter verwendet. Man wollte da-



Die grüngrauen, krustigen Lager der Mannaflechte (*Aspicilia esculenta*) bedecken weite Landstriche in den asiatischen und nordafrikanischen Steppen. Die Mannaflechte sitzt dem Boden nur lose auf und wird vom Wind häufig über große Distanzen verfrachtet. Die bis zu 2 cm großen

Bruchstücke erinnern ein wenig an Getreidekörner. Sie waren die Grundlage für den Bibelbericht vom „Mannaregen“.

Foto: LMOÖ. Gemälde: James Joseph Jacques Tissot (1836-1902), Wikimedia Commons

mit unter anderem Widerstandskraft und Wachstum von Jungtieren fördern.

Vom Menschen wurden Flechten vor allem in Notzeiten gegessen – denn sie schmecken bitter und haben zudem einen geringen Nährwert. Um die Bitterstoffe zu entfernen und die Flechten einigermaßen genießbar zu machen, wurden diese vor dem Verzehr oft besonders behandelt. Isländisches Moos (*Cetraria islandica*) und die Stern-Rentierflechte (*Cladonia stellaris*) konnten zum Beispiel durch wiederholtes Abkochen und die Zugabe von Lauge etwas schmackhafter gemacht werden, bevor man sie zu Brotmehl verarbeitete und mit Roggen vermischte. Und selbst dann war das Flechtenbrot, das vor allem im Norden Europas zubereitet wurde, wenig schmackhaft und hinterließ einen brennenden Geschmack.

Aus Kanada kennt man die „Felsenkutteln“, die sogenannten Tripes de roche. Doch auch diese aus Nabelflechten (zum Beispiel *Umbilicaria mammulata*) zubereitete „Köstlichkeit“ spielte vor allem als Notnahrung eine Rolle. Die kanadischen Ureinwohner dagegen nutzten nicht nur die Nabelflechte *Umbilicada muhlenbergii*; sie bereiteten außerdem aus der Bartflechte *Alectoria jubata* Brot und Zwieback zu. Im Norden Europas wiederum war die Alkoholgewinnung aus Flechten weit verbreitet – und zwar bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Während des Zweiten Welt-

kriegs wurde dann auch in Russland mit Hilfe eines aufwendigen und wenig einträglichen Verfahrens aus Flechten Zucker und Alkohol für die Armee hergestellt.

Russische Mönche nutzten Flechten (vor allen die Lungenflechte *Lobaria pulmonaria*) bereits seit langer Zeit zum Bierbrauen, wobei ihnen die reichlich vorhandenen Bitterstoffe der Flechten als Hopfenersatz dienten.

In den Steppen und den Wüstensteppen Nordafrikas und des Vorderen Orients hat die Verwendung von Flechten als Nahrungsmittel ebenfalls eine lange Tradition: Die graubraune Krustenflechte *Aspicilia esculenta* (lat. *esculentus* = essbar, genießbar) wird hier als Mehlzusatz in Brot oder Brei verwendet. Diese auch als „Mannaflechte“ bezeichnete Art bildet locker aufliegende, knollige Lager und wird häufig vom Wind zu großen Ansammlungen zusammengeweht. An manchen Stellen kann der Wüstenboden mit einer bis zu 20 cm dicken Schicht bedeckt sein! *Aspicilia esculenta* wird auch gern an Haustiere – vor allem an Ziegen und Schafe – verfüttert. Dass es sich bei der Mannaflechte tatsächlich um das biblische Manna handelte, wird jedoch heute angezweifelt.

Heute haben Flechten für die menschliche Ernährung praktisch keine Bedeutung mehr. Lediglich in Japan gilt die Nabelflechte



Flechten sind ausgesprochen reich an Inhaltsstoffen. Viele davon sind auch für die Pharmaindustrie von Interesse. Bei Untersuchungen am Baumbart (hier der Gewöhnliche Baumbart, *Usnea filipendula*) wurde zum Beispiel die Usninsäure entdeckt – ein sehr wirksames Antibiotikum, das außerdem bei Pilzkrankungen eingesetzt wird.

Fotos: LMOÖ (links), Roman Türk (rechts)

Umbilicaria esculenta nach wie vor als Delikatesse. Die als Iwatake (von japan. iwa = auf Stein wachsend und japan. take = Pilz) bezeichnete Flechte wächst auf steilen Felswänden und muss mühsam gesammelt werden. Die Flechte wird nach einer aufwendigen Zubereitung als Suppe, Salat oder gebacken gegessen. Sie bildet einen wichtigen Bestandteil traditioneller Gerichte und wird vor allem bei festlichen Anlässen serviert.

Traditionelle und moderne Heilmittel

Flechten werden bereits seit dem Altertum als Heilmittel verwendet. Schon die alten Chinesen, die Ägypter, aber auch die Griechen und Römer bekämpften bestimmte Krankheiten mit Hilfe von Flechten. (Die Ägypter verwendeten Flechten übrigens aufgrund ihrer antibiotischen und fungiziden Wirkung auch bei der Mumifizierung!)

Häufig wurden Flechten dabei nach den Prinzipien der Signaturenlehre eingesetzt. Die Signaturenlehre, die während des Mittelalters ihre Blütezeit erlebte, geht davon aus, dass man die Heilwirkung einer Pflanze aus deren Form und Farbe ableiten könne. Dieser Tradition gemäß wurden Flechten bei Erkrankung jener Körperteile verwendet, denen sie in Aussehen oder Farbe ähneln. Die Lungenflechte (*Lobaria pulmonaria*) zum Beispiel kam bei Lungenerkrankungen und Schwindsucht zum Einsatz. Die Gelbflechte (*Xanthoria parietina*) verabreichte man gegen

Gelbsucht, und Bartflechten der Gattung *Usnea* dienten als Haarwuchsmittel. Mit der Apfelflechte (*Peltigera leucophlebia*) bekämpfte man Eingeweidewürmer. Gegen Tollwut sollte die Hundsflechte (*Peltigera canina*) gemischt mit Pfeffer helfen. Eine Besonderheit stellten Flechten dar, die auf Totenschädeln wuchsen, und die als „Muscus cranii humani“ (Moos von Menschenschädeln) bezeichnet wurden. Sie waren ein begehrtes – und ausgesprochen teures! – Mittel gegen Epilepsie.

In der Volksmedizin spielen Flechten in vielen Regionen der Erde nach wie vor eine wichtige Rolle. So wird die Hundsflechte (*Peltigera canina*) in manchen Regionen Indiens gegen Leberleiden eingesetzt. Und von einigen Indigenen am Amazonas wird aus der Flechte *Dictyonema sericeum* eine halluzinogene Substanz gewonnen. In China schätzt man auch heute noch die schmerzstillende und fiebersenkende Wirkung der Felsen-Schüsselflechte (*Parmelia saxatilis*). Und die Totengebeinsflechte (*Thamnolia vermicularis*) wird in der traditionellen chinesischen Medizin bei Erschöpfungszuständen, Reizbarkeit, Bluthochdruck, Husten und entzündlichen Erkrankungen der Atemwege eingesetzt.

Doch auch in der modernen Medizin haben einige wenige Flechten bzw. deren Inhaltsstoffe ihren Platz: So ist zum Beispiel Usninsäure – ein Inhaltsstoff, der übrigens nur bei Flechten vorkommt – wirksam gegen Bakterien und Pilze. Zwar kommt Usninsäure bei vielen Flechten vor, einträglich gewinnen lässt sie sich

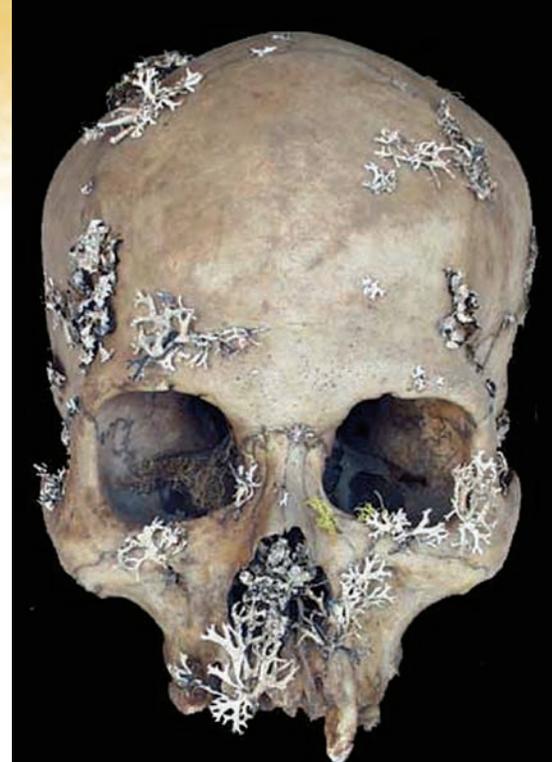


Die Lungenflechte (*Lobaria pulmonaria*) wurde früher gegen allerlei Lungenerkrankungen sowie gegen Schwindsucht eingesetzt. Sie wird übrigens bis heute in der Homöopathie als Hustenmittel verwendet. Allerdings ist die Lungenflechte mittlerweile ausgesprochen selten, da sie äußerst empfindlich auf Luftschadstoffe reagiert. Während sie noch vor 100 Jahren im europäischen Tiefland weit verbreitet war, findet man sie heute fast nur noch am Alpennordrand in einer Höhenlage von mehr als 900 Metern.

Foto: Heiko Bellmann

jedoch nur aus Rentierflechten (Gattung *Cladonia*) und aus Bartflechten der Gattung *Usnea*. Zu Salben, Tinkturen oder Puder verarbeitet, wird Usninsäure heute vor allem bei Haustieren eingesetzt – etwa zur Bekämpfung infektiöser Ekzeme oder anderer Hauterkrankungen. Doch auch im Bereich der Humanmedizin kommt der Flechtenstoff zum Einsatz. Allerdings kann Usninsäure bei sensiblen Patienten eine allergischen Kontaktdermatitis hervorrufen oder die Lichtempfindlichkeit der Haut steigern.

Nach wie vor wichtig in der modernen Humanmedizin ist Isländisch Moos (*Cetraria islandica*). Dieses wird bei Atemwegserkrankungen, Keuchhusten, Katarrhen und bestimmten Formen von Lungentuberkulose eingesetzt. Dazu wird Isländisch Moos zu Pastillen und Bonbons verarbeitet oder als Tee verabreicht. Dieser Tee fördert die Durchblutung der Schleimhäute und lindert



Flechten, die auf Totenschädeln wuchsen, galten einst als Besonderheit. Das „Muscus cranii humani“ (Moos von Menschenschädeln) war ein begehrtes und ausgesprochen teures Heilmittel. Unter anderem wurde es gegen Epilepsie eingesetzt.

Foto: Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem Freie Universität Berlin

außerdem Verdauungsbeschwerden. Eine ähnliche pharmazeutische Wirkung wie das Isländisch Moos hat übrigens auch das Eichenmoos (*Evernia prunastri*). Dieses spielt darüber hinaus eine wichtige Rolle bei der Herstellung von Parfums.

Vermutlich sind jedoch weitaus mehr Flechtenstoffe medizinisch wirksam, als bis dato bekannt ist. Aus der Nabelflechte *Umbilicaria esculenta* zum Beispiel wurden hochmolekulare Zuckerverbindungen – sogenannte Polysaccharide – gewonnen. Einige davon wirken tumorhemmend und werden bei der Krebsbehandlung von Pflanzen eingesetzt (etwa gegen Tomatenkrebs oder auch gegen das Tabakmosaikvirus). Im Laborversuch erwiesen sich diese Stoffe auch bei bestimmten Krebserkrankungen von Mäusen als wirksam. Es ist also durchaus möglich, dass Flechten in der Medizin künftig wieder eine größere Rolle spielen könnten.



Die Totengebeinsflechte (*Thamnolia vermicularis*) verdankt ihren Namen den hohlen, bleichen Thallusästen, die an ausgebleichte Knochen von Vögeln oder kleinen Säugetieren erinnern. Man findet die Totengebeinsflechte weltweit in arktischen und alpinen Klimata. In der traditionellen chinesischen Medizin wird die Totengebeinsflechte als Heilmittel verwendet. Sie soll unter anderem gegen Erschöpfungszustände und entzündliche Erkrankungen der Atemwege helfen. Neue Untersuchungen haben gezeigt, dass bestimmte Stoffe aus der Totengebeinsflechte das Immunsystem beeinflussen und zudem antitumorwirksam sind.

Foto: Stephan Weigl



Die hustenstillende Wirkung von Isländisch Moos (*Cetraria islandica*) ist dem Menschen seit langer Zeit bekannt. Allerdings hat das Sammeln für medizinische Zwecke nicht unerheblich zum Rückgang der Art beigetragen. In Mitteleuropa ist die Flechte außerhalb der Alpen inzwischen sehr selten geworden. Und auch in Österreich gehört *Cetraria islandica* heute zu den stark gefährdeten Arten. Kein Wunder: Um 1 kg des begehrten Arzneimittels zu gewinnen, werden rund 40 kg Flechten benötigt! (Dies entspricht in etwa einer 200 m² großen, dicht bewachsenen Fläche.)

Foto: Heiko Bellmann



Zwar können manche Flechten beim Menschen eine allergische Hautreaktion hervorrufen. Doch die als „Schuppenflechte“ bezeichnete Hautkrankheit hat – anders als der Name vermuten lässt – absolut nichts mit Flechten zu tun. Ihren deutschen Namen verdankt die nicht ansteckende, entzündliche Hautkrankheit Psoriasis lediglich der Tatsache, dass betroffene Hautstellen entfernt an eine Flechte erinnern.

Foto: www.paul-hat-schuppenflechte.de, Wikimedia Commons

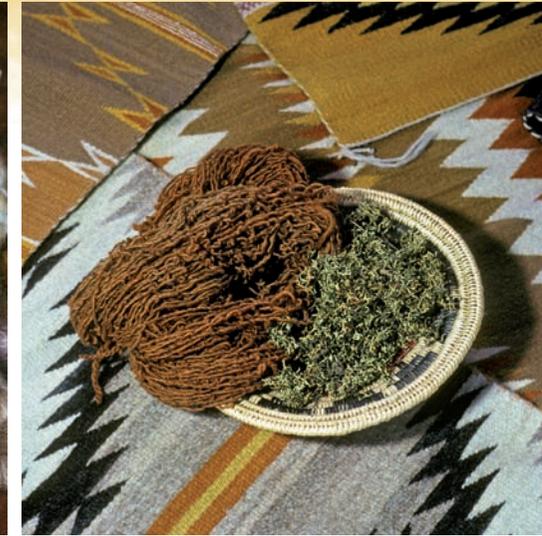
Farbe, Duft und Dekor

Bereits seit dem Altertum werden aus Flechten Farbstoffe gewonnen. Tatsächlich gehörten Farbstoffe aus Flechten zu den wichtigsten Farbstoffen überhaupt, bis sie im 19. Jahrhundert schließlich von synthetischen Farbstoffen abgelöst wurden. Flechtenfarben – vor allem gewonnen aus Flechten der Gattungen *Lecanora*, *Pertusaria*, *Umbilicaria* und *Rocella* – wurden auf-

grund ihrer tiefen, warmen Töne einst sehr geschätzt. Besonders in Skandinavien und in Schottland wurden auch andere Flechtenarten (wie zum Beispiel Vertreter der Gattungen *Evernia* und *Parmelia*) zum Färben von Stoffen und Wolle verwendet, mit deren Hilfe sich schöne Gelb- und Brauntöne erzielen ließen. Allerdings sind Flechtenfarben leider nicht lichtecht und daher nicht besonders beständig. Heute werden sie nur noch selten und in

Flechtenfarben wurden seit dem Altertum zum Färben tierischer Fasern (wie Seide oder Wolle) benutzt. Ihre Herstellung war einigermaßen aufwändig, und die begehrten Färbemittel erzielten hohe Preise.

Fotos: Stephen Sharnoff



Kombination mit synthetischen Farbstoffen verwendet, denen sie eine besondere Tiefe verleihen.

Die bedeutendsten Farbstoffe, die aus Flechten gewonnen wurden, waren Orseille und Lackmus. **Orseille** ist ein purpurner Farbstoff, der vor allem aus Flechten der Gattung *Roccella* gewonnen wird, welche man an Felsen der Mittelmeerküste und des Atlantiks findet. Bereits um 1.500 v. Chr. wurde Orseille von den Phöniziern zum Vorfärben von Stoffen verwendet. Und während des gesamten Altertums galt er als der wertvollste Farbstoff nach dem Purpur der Purpurschnecke. Hergestellt wurde Orseille, indem man die Flechten zerkleinerte und mit Urin (später dann einfach mit Ammoniak) und Ätzkalk vermischte. Diese Masse musste mehrere Wochen lang gären; dabei wurde sie immer wieder umgerührt und auf diese Weise mit Luft versetzt. Bakterien verwandelten dann den Harnstoff in Ammoniak, welcher wiederum bestimmte Flechtenstoffe spaltete. Der so hergestellte, eingedickte Brei wurde schließlich an Textilmanufakturen gesandt. Die Qualität der roten, violetten bis blauen Farbstoffe war allerdings recht unterschiedlich – abhängig von der verwendeten Flechtenart sowie von der Reinheit des Sammelgutes.

Als Nebenprodukt der Orseille-Erzeugung erhielt man außerdem **Lackmus**. Dazu wurde dem Gemisch aus Flechten, Urin (bzw. Ammoniak) und Ätzkalk auch noch gemahlene Kreide und

Gips beigemischt. Der tiefblaue Lackmus wird jedoch nicht nur als Farbstoff verwendet. Er ist außerdem der älteste in der Chemie benutzte Indikator. Lackmus besitzt nämlich die Eigenschaft, je nach pH-Wert seine Farbe zu ändern. Er wird bis heute zum Nachweis von Säuren (Rotfärbung) und Basen (Blaufärbung) eingesetzt.

Bis heute finden Flechten außerdem in der Parfumindustrie Verwendung. Allerdings gibt es nur wenige Arten, die selbst in größeren Mengen Duftstoffe enthalten. Die meisten werden traditionell eher als „Duftträger“ genutzt und zum Beispiel mit Rosenöl oder anderen duftenden Essenzen versetzt, da sie Duftstoffe sehr gut aufnehmen. Man verwendete die derart behandelten Flechten für unterschiedliche Zwecke (etwa für Potpourris oder Duftkissen). Nur einige wenige Flechtenarten enthalten selbst Geruchsstoffe in ausreichenden Mengen, um sie für die Parfumerstellung interessant zu machen: Es sind dies allem voran das Eichenmoos (*Evernia prunastri*) und das Baummoos (*Pseudevernia furfuracea*), auch Elchgeweih-Flechte genannt. Aber auch einige Arten der Gattung *Ramalina* sowie die Lungenflechte (*Lobaria pulmonaria*) enthalten geeignete Duftstoffe.

Das Eichenmoos, das seinen Namen seinem bevorzugten Wuchsort (nämlich der Rinde von Eichen) verdankt, wird unter dem Namen „Mousse de chène“ oder „Mousse odorante“ gehandelt. Beide – sowohl Eichenmoos als auch Baummoos – werden

Nahrungsmittel, Farbstoff und Medizin

Die rote bis violette Flechtenfarbe Orseille zählte im Altertum neben dem Purpur der Purpurschnecke zu den wertvollsten Farbstoffen. Man gewann ihn bevorzugt aus Flechten der Gattung *Rocella* (hier die Färberflechte, *Rocella tinctoria*), die man an Felsen der Mittelmeerküste und des Atlantiks findet.

Foto: Norbert Nagel, Wikimedia Commons

Form verwendet wurden, werden ihre Duftstoffe heute mit Hilfe von Lösungsmitteln (wie zum Beispiel Methanol, Petroläther oder Benzol) extrahiert. Anschließend werden Harze und Wachse mit Hilfe von Alkohol ausgefällt. Die grüne Farbe des Chlorophylls dagegen bleibt meist erhalten. Neben der wohlriechenden Eversäure enthält der Auszug auch zahlreiche andere Duftstoffe in kleineren Mengen.

Flechten dienen aber nicht nur als Farb- und Duftstofflieferanten, sondern werden außerdem für Dekorationszwecke verwendet. Dies gilt insbesondere für die Stern-Rentierflechte (*Cladonia stellaris*), die in großen Mengen aus Skandinavien importiert wird. Aus ihren schönen, buschigen Lagern werden „Bäumchen“ hergestellt, die in Architekturmodellen und bei Modelleisenbahnen verwendet werden. Für diesen Zweck werden sie in Glycerin getaucht, sodass sie weniger spröde sind, und eingefärbt. Sehr häufig kann man Flechten der Gattung *Cladonia* aber auch in Gestecken sehen. Allem voran auf Friedhöfen, wo oft große Mengen der Flechten zu Kränzen verarbeitet werden.

Eine ganz besondere Verwendung von Flechten kann man beim sogenannten Wilde-Mändle-Tanz beobachten, der heute noch alle fünf Jahre in Oberstdorf im Oberallgäu aufgeführt wird. Dieser recht außergewöhnliche Tanz, der von insgesamt 13 Männern vorgeführt wird, gilt als ältester Kulttanz der Alpenländer. Die Tänzer sind am ganzen Körper mit Bartflechten der Gattung *Usnea* geschmückt. Ihre Darbietung, die auf einen über 2.000 Jahre alten Brauch aus der Keltzeit zurückgeführt wird, wird von besonderen Gesängen und urtümlicher Musik begleitet. Eine ähnliche Tradition findet man übrigens in der Marktgemeinde Telfs in Tirol. Alle fünf Jahre findet hier das sogenannte Schleicherlaufen statt. Bei diesem traditionellen Fastnachtsspiel sorgen die sogenannten „Wilden“ für Ordnung – grimmig maskierte Männer und Burschen, die über und über mit Bartflechten behangen sind.

zur Herstellung von Parfums der feineren Duftrichtung mit der Note „Fougère“ oder „Chypre“ verwendet. Auch verschiedenen Kosmetikartikeln wie etwa Seifen oder Rasierwässern verleihen die Flechten ihren typischen erdig-moosigen Geruch. Gesammelt werden Eichenmoos und Baummoos in großen Mengen in Südfrankreich, im ehemaligen Jugoslawien, in Nordafrika (vor allem im Marokko und Algerien) sowie in Indien. Die Flechten werden nach dem Sammeln möglichst lange gelagert, da sich der Geruch dadurch intensiviert. Während sie früher in zerriebener

Der Flechtenfarbstoff Lackmus ist heute vor allem als Indikator bekannt, da er mit dem pH-Wert seine Farbe ändert. Einst war der tiefblaue Lackmus jedoch eine begehrte Substanz zum Bläuen von vergilbter Wäsche. Und nicht nur das: Auch Lebensmittel (wie zum Beispiel Liköre) und Medikamente wurden mit Lackmus gefärbt.

Fotos: Wikimedia Commons





In der Parfümindustrie nehmen Eichenmoos (*Evernia prunastri*, links) und Baummoos (*Pseudevernia furfuracea*, rechts) bereits seit Jahrhunderten eine wichtige Rolle ein. Verschiedenen Parfums, Seifen und anderen Kosmetikartikeln verleihen sie eine unverkennbar herbe, erdig-moosige Note.

Fotos: Heiko Bellmann (links), Peter Bilovitz (rechts), LMOÖ (unten)



Für die Parfümherstellung werden die gesammelten Flechten (hier das Baummoos, *Pseudevernia furfuracea*) zunächst unter Zugabe von Lösungsmitteln gekocht. Auf diese Weise wird das sogenannte Konkret extrahiert. Konkrets enthalten neben dem ätherischen Öl auch Wachse. Sie werden vor allem in Seifenparfums verwendet. Für andere Produkte benötigt man Absolues. Diese werden hergestellt, indem man die Wachse mit Hilfe von Alkohol aus dem Konkret entfernt.

Fotos: Stephen Sharnoff





Die Stern-Rentierflechte (*Cladonia stellaris*) kennt man als „Bäumchen“ in Architekturmodellen oder Modelleisenbahnen. Auch für Gestecke und Kränze wird sie gern verwendet. Für diese zweifelhaften Verwendungszwecke werden enorme Mengen der Rentierflechte aus dem Norden Europas importiert.

Foto: Roman Türk (links), Stephen Sharnoff (rechts)

Auch für den Krippenbau werden neben verschiedenen Moosen häufig Flechten verwendet. Sie dienen als Bodenabdeckung, zum Kaschieren von Verbindungsstellen oder schlicht als schmückendes Element.

Fotos: Roman Türk



Nahrungsmittel, Farbstoff und Medizin



Beim sogenannten „Wilde-Mändle-Tanz“ – einem traditionellen Tanz, der heute nur noch im deutschen Oberstdorf aufgeführt wird – tragen die Darsteller ein ganz besonderes Kostüm (das sogenannte „Häs“): Auf das Gewand aus Leinen werden lange, zottelig herabhängende Bartflechten aufgenäht. Derart ausgestattet bewegen sich die Tänzer zu Ehren des germanischen Gottes Thor zu rhythmischer und recht urtümlicher Musik. Es werden verschiedene Szenen dargestellt – darunter ein Fruchtbarkeitstanz, ein Keulentanz und sogar eine akrobatische Pyramide.

Fotos: Trachtenverein Oberstdorf



Die intensive Landwirtschaft bedroht Flechten nicht nur durch eine Zerstörung ihres Lebensraums im Rahmen der Flurbereinigung. Die Flechtenflora nimmt außerdem Schaden durch den massiven Einsatz von Pestiziden, Herbiziden und

Düngemitteln. Dazu kommt, dass die Intensivlandwirtschaft (insbesondere die intensive Viehwirtschaft) ganz wesentlich zu einem Anstieg des Ammoniak-Gehalts in der Luft beiträgt. Zu den Flechten, die auf Düngung und Pestizide besonders empfindlich reagieren, gehört zum Beispiel die Goldaugenflechte (*Teloschistes chrysophthalmus*). In Mitteleuropa ist sie inzwischen ausgestorben.

Fotos: Klaus Zeugner (links), Eric Hunt, Wikimedia Commons (rechts)

Flechten als Bioindikatoren

Flechten zeichnen sich durch eine enorme Widerstandskraft gegen natürliche Umwelteinflüsse aus. Ausgesprochen empfindlich reagieren sie dagegen auf Veränderungen ihres Lebensraums durch den Menschen. Insbesondere Luftverunreinigungen haben eine verheerende Wirkung auf die Flechtenflora. Aufgrund dieser großen Empfindlichkeit gegen Abgase sind Flechten aber auch ideale Zeigerorganismen.

Veränderte Umweltbedingungen, veränderte Flechtenflora

Im Laufe seiner Geschichte hat der Mensch die Umwelt stets verändert. Eine ganz neue Dimension erreichte die menschengemachte Umweltverschmutzung jedoch mit der industriellen Revolution. Zu jener Zeit stieg der Energieverbrauch sprunghaft an. Die Verbrennung enormer Mengen von Kohle belastete die Luft. Giftige Schwefeldioxidverbindungen führten zu einem Waldsterben größeren Ausmaßes. Auch die Gewässer und die Böden nahmen Schaden: Klärwässer und industrielle Abwässer landeten in den Flüssen. Und die Böden im Umkreis der Industriebetriebe

Flechten als Bioindikatoren

wurden mit Schwermetallen (wie zum Beispiel Blei, Cadmium und Quecksilber) und anderen giftigen Stoffen verseucht. Dazu kam ein sprunghaftes Bevölkerungswachstum und ein rasantes Anwachsen der Städte. Immer größere Areale wurden verbaut und immer mehr Bodenfläche versiegelt. Auch das Verkehrsaufkommen stieg enorm an; neue Eisenbahnlinien und Straßen zerstückelten die Landschaft. Zudem verursacht der Verkehr eine Vielzahl von Luftschadstoffen und Treibhausgasen, die als Abgase ausgestoßen werden. Zwar konnte der Schadstoffausstoß der einzelnen Fahrzeuge durch technische Verbesserungen inzwischen verringert werden; doch das ständig steigende Verkehrsaufkommen machte diesen Erfolg zunichte. Als ausgesprochen problematisch erwies sich ferner die sogenannte „Grüne Revolution“: Anbau- und Bewirtschaftungsmethoden der Landwirtschaft haben sich seit Mitte der 20. Jahrhunderts drastisch verändert. Die Intensivlandwirtschaft, die sich durch einen hohen Einsatz von Maschinen und Agrochemikalien auszeichnet, strebt maximale Erträge an. Doch führte diese Produktionssteigerung zu einer großflächigen Umgestaltung der Agrarlandschaft und zu massiven Umweltproblemen. Zwar ist man sich der mannigfaltigen, durch menschliche Aktivitäten herbeigeführten Probleme mittlerweile bewusst. Und in manchen Bereichen lassen sich durchaus positive Trends verzeichnen. Vor allem in den OECD-Staaten konnte die Situation zumindest teilweise verbessert werden. Umgekehrt verhält es sich jedoch in den Schwellen- und Entwicklungsländern, wo sich die Lage durch den zunehmenden Rohstoffabbau und die rasante Industrialisierung immer weiter verschlechtert. Aber auch in den reichen Industrienationen besteht weiterhin enormer Handlungsbedarf, um lebenswichtige natürliche Ressourcen zu erhalten und den Rückgang der Artenvielfalt einzudämmen.

Flechten gehören zu jenen Arten, die auf menschliche Eingriffe und Veränderungen ganz besonders empfindlich reagieren. Allem voran die Verunreinigung der Luft macht ihnen zu schaffen. Dies hat mehrere Gründe: Flechten nehmen Luft und Regenwas-

ser weitgehend ungefiltert auf. Denn ihnen fehlt – anders als höheren Pflanzen – ein Abschlussgewebe (Cuticula) und Spaltöffnungen. Sie können ihren Gasaustausch daher nicht steuern. Schadstoffe, die in der Luft oder im Regenwasser gelöst sind, gelangen in den Flechtenkörper und reichern sich dort an. Vermutlich sind Flechtenalgen Schadstoffen gegenüber auch deshalb besonders empfindlich, weil der Pilz Stoffe abgibt, die die Durchlässigkeit ihrer Zellmembran erhöhen. (Auf diese Weise kann der Pilz Photosynthese-Produkte besser übernehmen.) Und so können auch Schadstoffe leichter in die Algenzelle gelangen. Zudem zeichnet sich die Symbiose zwischen Alge und Pilz durch eine äußerst feine physiologische Regulierung aus. Das heißt, zwischen den beiden Symbiose-Partnern besteht ein fein aufeinander abgestimmtes physiologisches Gleichgewicht. Wird dieses relativ labile Gleichgewicht durch äußere Einflüsse gestört, kann dies tiefgreifende Folgen haben. Schlimmstenfalls kann es zu einer Auflösung des Systems und damit zu einem Absterben der Flechte führen.

Doch nicht nur Luftverunreinigungen, sondern auch andere anthropogene Veränderungen wirken sich negativ auf die Flechtenflora aus: So reagieren Flechten zum Beispiel sehr empfindlich auf klimatische Veränderungen. Außerdem haben viele Flechten, die an eine bestimmte Unterlage angepasst sind, durch die Praktiken der modernen Land- und Forstwirtschaft ihre Lebensgrundlage verloren. Und nicht zuletzt stellen die rege Bautätigkeit und die zunehmende Bodenversiegelung eine massive Bedrohung für zahlreiche bodenlebende Flechten dar.

Anthropogene Eingriffe verändern und beeinträchtigen die Flechtenflora also auf vielfältige Art und Weise. So ist es auch nicht weiter verwunderlich, dass Flechten zu den am stärksten bedrohten und zugleich am stärksten dezimierten Organismengruppen Europas zählen. Österreich bildet in dieser Hinsicht leider keine Ausnahme: Viele Flechten, die noch bis Mitte des 20. Jahrhunderts einen wichtigen Teil der heimischen Ökosysteme

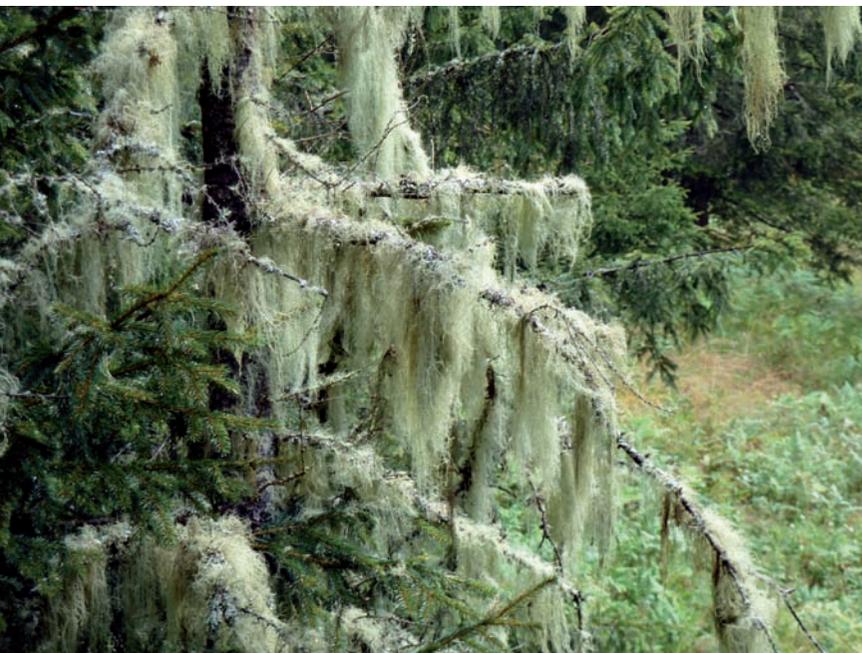


Auch durch die moderne Forstwirtschaft wird die Flechtenflora massiv dezimiert. Durch die einseitige Förderung der Fichte etwa entstanden eintönige, in ihrem Inneren lichtarme Fichtenmonokulturen. Diese stellen geradezu flechtenfeindliche Biotope dar. Flechten, die auf naturnahe, vielfältig strukturierte Waldbestände als Lebensraum angewiesen sind, verschwinden. Die kurzen Umtriebszeiten (also das frühe Fällen der Bäume) verhindern außerdem, dass langsamwüchsige Flechten überhaupt aufkommen. Und auch Totholz, das für viele Flechten wichtig ist, ist in unseren modernen Wirtschaftswäldern Mangelware.

Fotos: Roman Türk

bildeten, sind mittlerweile verschwunden. Und dies gilt längst nicht mehr nur für die Ballungszentren und die unmittelbare Umgebung größerer Industrieanlagen. Auch in vielen ländlichen Regionen ist ein Flechtensterben von erschreckendem Ausmaß zu beobachten. Natürlich reagieren nicht alle Flechtenarten gleich empfindlich auf menschengemachte Veränderungen. Was bei-

spielsweise die Luftverschmutzung betrifft, kann man verallgemeinernd sagen: Die Empfindlichkeit nimmt von Krustenflechten über Blatt- und Strauchflechten bis hin zu Bartflechten zu. Das heißt: Während viele Krustenflechten mit Luftschadstoffen noch einigermaßen zurecht kommen, sind die Auswirkungen auf Blatt- und Strauchflechten schon deutlich gravierender. Am empfindlichsten jedoch reagieren die Bartflechten – die sogenannten „Baumbärte“, die noch bis vor einigen Jahrzehnten das Bild unserer Wälder prägten und die in Österreich vielerorts verschwunden sind.



Bartflechten, die an nährstoffarme Bedingungen angepasst sind, leiden durch den Eintrag von stark düngenden Verbindungen (wie zum Beispiel Nitrit, Nitrat, Ammonium, Ammoniumnitrat oder Stickoxiden). Sie werden in ihrem Wachstum gehemmt bzw. können sich gegen andere Arten nicht mehr durchsetzen. In Österreich hat die sukzessive Dezimierung der „Baumbärte“ bereits nach dem Zweiten Weltkrieg eingesetzt. Heute findet man nennenswerte Bartflechtenbestände nur noch an nur noch an Orten, die von Luftschadstoffen weitgehend unbelastet sind.

Foto: Roman Türk



Baumrinde gehört zu den besonders reich von Flechten besiedelten Substraten. Auf einem einzigen Baum können an die drei Dutzend verschiedene Flechtenarten vorkommen! Allerdings gilt dies nur für Gebiete mit geringer Luftverschmutzung. Denn gerade baumbewohnende Flechten reagieren auf säurebildende Luftverunreinigungen wie etwa Schwefeldioxid ausgesprochen empfindlich. In Stadtzentren und Ballungsräumen gedeihen auf den Bäumen daher heute keine Flechten mehr. Hier findet man lediglich Überzüge aus Grünalgen (rechts).

Fotos: Roman Türk (links), Franz Berger (rechts)



Flechten leiden ganz besonders unter Luftschadstoffen. Ihre Wachstumsrate verändert sich und ihr Vermehrungspotential sinkt. Auch die Photosynthese kann beeinträchtigt sein. Bei vielen Flechten treten zudem sichtbare Schäden auf: Farbveränderungen etwa, ein Ausbleichen oder auch Risse im Flechtenkörper. Links: die Furchen-Schüsselflechte (*Parmelia sulcata*) im gesunden Zustand; rechts: schwer geschädigt.

Fotos: Roman Türk



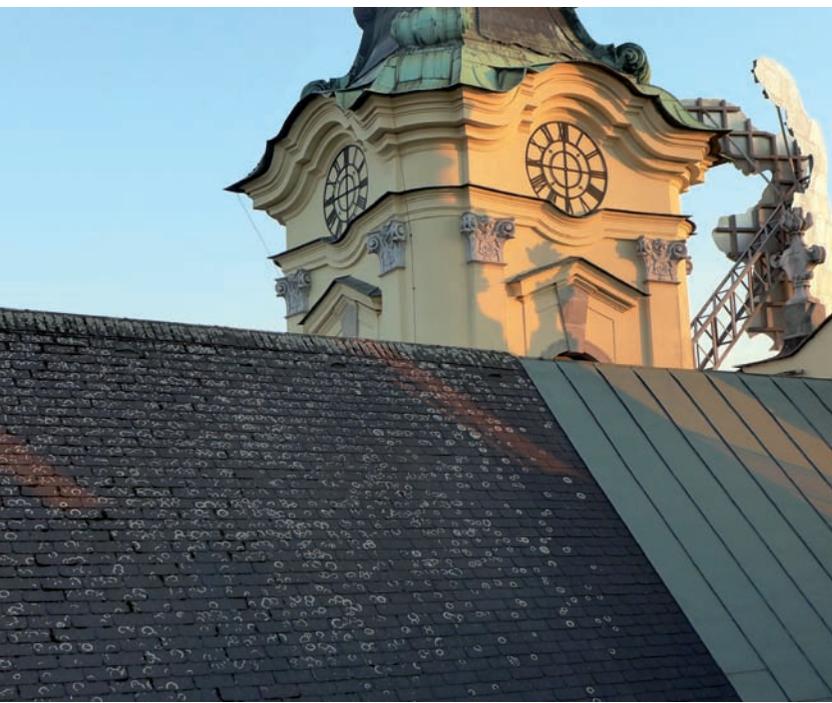
Nicht alle Flechten reagieren auf eine Verunreinigung der Luft gleichermaßen empfindlich. Die Gewöhnliche Gelbflechte (*Xanthoria parietina*) ist Luftverunreinigungen gegenüber vergleichsweise tolerant. Sie wächst bevorzugt auf nährstoffreichen Unterlagen und man findet sie auch im urbanen Gebiet auf Bäumen und Sträuchern. Erst wenn die Konzentration von Stickoxiden, Schwefeldioxid oder von anderen sauer reagierenden Abgasen einen bestimmten Wert überschreitet, verschwindet auch die Gewöhnliche Gelbflechte aus den Siedlungen.

Foto: Heiko Bellmann

Neben diesem dramatischen Artenrückgang ließ sich während der letzten Jahrzehnte außerdem eine massive Veränderung in der Zusammensetzung der Flechtenflora beobachten: Viele empfindliche Flechtenarten gehen in ihrem Bestand massiv zurück bzw. sterben (gebietsweise) aus. Weniger empfindliche Arten dagegen, die mit den anthropogenen Schadstoffen besser zurechtkommen, sind unter den verschlechterten Umweltbedingungen konkurrenzfähiger und treten dementsprechend häufiger auf.

Dicke Luft und saurer Regen

Flechten reagieren bereits lange vor anderen Tier- und Pflanzenarten auf Luftverunreinigungen. Sie sind daher außerordentlich wertvolle Bioindikatoren – Zeigerorganismen also, die uns sehr einprägsam vor Augen führen, wie es um Luft, Wasser und verschiedene Ökosysteme bestellt ist. Dass die Flechtenflora den Grad der Luftverschmutzung anzeigt, wurde bereits Mitte des 19. Jahrhunderts erkannt. Man stellte damals fest, dass in der engli-



Flechten sind nicht die einzigen Lebewesen, die empfindlich auf eine Verschlechterung der Luftgüte reagieren. Laut der Weltgesundheitsorganisation (WHO) sterben jedes Jahr rund 3 Millionen Menschen an den Folgen der Luftverschmutzung. Dort, wo der Reichtum der Flechtenflora abnimmt, ist auch die Zahl der Lungenkrebs-Erkrankungen besonders hoch. Die ausgesprochen widerstandsfähige Mauerflechte (*Lecanora muralis*) kann man auch noch in Gebieten mit starker Luftverunreinigung antreffen.

Foto: LMOÖ

Flechten als Bioindikatoren

schen Stadt Manchester – damals eine Hochburg der Industrialisierung – deutlich weniger Flechten vorkamen als in anderen Städten. Seither werden Flechten im Rahmen der Umweltüberwachung als Indikatoren für Luftschadstoffe verwendet. Insbesondere epiphytische (auf Bäumen wachsende) Flechten werden seit langem zur Ermittlung von belasteten Gebieten und zur langfristigen Aufzeichnung von Umweltbelastungen eingesetzt.

Wie stark Flechten durch luftverunreinigende, toxische Stoffe geschädigt werden, hängt von mehreren Faktoren ab: so zum Beispiel vom Wassergehalt des Flechtenkörpers, von der Zeitdauer der Schadstoffeinwirkung und natürlich von der Konzentration der Schadstoffe in der Luft. Auf eine permanente, leichte Einwirkung von Luftschadstoffen reagieren Flechten zunächst mit nicht sichtbarer Schädigung wie etwa einer Veränderung von Stoffwechselforgängen. Vitalität und Konkurrenzkraft nehmen ab – wobei unterschiedliche Flechtenarten jedoch verschieden stark reagieren. Dadurch werden sensiblere Flechten mit der Zeit von anderen Arten verdrängt. Nimmt die Schadstoffbelastung zu, treten alsbald sichtbare Veränderungen und Schädigungen auf. Schlimmstenfalls kommt es zum Absterben der Flechten. Das Vorkommen (oder Fehlen) bestimmter Flechtenarten ist daher ein Maß für die Luftqualität. Ist die Flechtenflora an einem bestimmten Ort artenreich und kommen auch empfindliche Arten vor, so ist die Luftqualität gut. Mit sinkender Luftqualität nimmt auch die Vielfalt der Flechtenflora ab. Stadtzentren und Ballungsräume sind oft regelrechte „Flechtenwüsten“. Baumwohnende Flechten kommen dort aufgrund der starken Luftverunreinigung und anderer Belastungen nicht mehr vor.

Zu den wichtigsten Luftschadstoffen – die übrigens nicht nur für Flechten, sondern auch für den Menschen schädlich sind – gehören Schwefeldioxid (SO_2), Stickoxide (NO_x), Kohlenmonoxid (CO), Ozon (O_3), Kohlenwasserstoffe und Feinstaub. Vor allem Schwefeldioxid, das nicht nur bei industriellen Prozessen entsteht, sondern auch beim Heizen mit Kohle und Öl freigesetzt wird, ist bzw. war ganz wesentlich für das Flechtensterben verant-

wortlich. Schwefeldioxid beeinträchtigt grundlegende Stoffwechselaktivitäten der Flechten (wie etwa die Fotosynthese), so dass es zu einer Abnahme der Kohlenhydrat-Produktion und damit zu einer Hemmung des Wachstums kommt. Noch bis in die 1980er Jahre musste man aufgrund der hohen Schwefeldioxid-Konzentration in der Luft in vielen Regionen um das vollständige Verschwinden baumbewohnender Flechten bangen. Vor allem die Städte entwickelten sich zu Flechtenwüsten, in denen epiphytische Flechten in Folge von Luftverunreinigungen fast völlig verschwanden. Doch war die Situation auch außerhalb der urbanen Räume und industriellen Ballungszentren vielerorts dramatisch: Denn Schwefeldioxid wird durch den Wind weit verdriftet, und so kam es auch in vielen ländlichen Regionen zu einer Beeinträchtigung und einer Verarmung der Flechtenflora.

Inzwischen hat sich die Situation geändert: Die Schwefeldioxid-Belastung der Luft konnte mit Hilfe entsprechender Filteranlagen seit Mitte der 1980er Jahre deutlich reduziert werden. Bei anderen Schadstoffen dagegen ist die Belastung weiterhin hoch bzw. zu hoch. Neben Ozon und Feinstaub gilt dies insbesondere für Stickstoffverbindungen. Diese treten mittlerweile in Konzentrationen auf, die nicht nur sensible Arten und Ökosysteme belasten, sondern sich auch negativ auf die menschliche Gesundheit auswirken. Und ein Ende dieser Entwicklung ist nicht in Sicht: Die Emission von reaktivem Stickstoff (dazu gehört neben den Stickoxiden auch Ammoniak, der vorwiegend durch intensive Viehzucht entsteht) steigt weiter an. Weltweit werden jedes Jahr rund 150 Millionen Tonnen durch Landwirtschaft, Industrie und Verkehr freigesetzt!

Paradoxerweise hat sich die Situation für die Flechten seit Einführung der Katalysatorpflicht nicht wesentlich verbessert – im Gegenteil: Zwar konnte der Ausstoß von Stickoxiden durch die Katalysatorpflicht bei PKWs in der Tat stark reduziert werden; doch wurden diese Verbesserungen durch den ständig zunehmenden LKW-Verkehr alsbald zunichte gemacht. Andererseits ist ausgerechnet der Drei-Weg-Katalysator eine wesentliche Quelle



Flechten werden durch Luftverunreinigung geschädigt, an der Vermehrung gehindert oder sogar abgetötet. In vielen Stadtzentren und Ballungsräumen (wie hier in Linz) sind baumbewohnende Flechten großteils verschwunden. Eine solche „Flechtenwüste“ entsteht, wenn die mittlere winterliche Schwefeldioxid-Konzentration $0,16\text{mg/m}^3$ Luft überschreitet – ein Wert, der in Mitteleuropa noch vor nicht allzu langer Zeit vielerorts gegeben war.

Foto: Stephan Weigl

für pflanzenwirksame Stickstoffverbindungen (allem voran für Ammoniak). Diese „Düngung“ aus der Luft ist für viele Flechten ein massives Problem. Flechten, die an nährstoffarme Bedingungen angepasst sind, werden durch düngende Stickstoffverbindungen in ihrem Wachstum unterdrückt und können gegen andere Arten, die damit besser umgehen können, nicht mehr aufkommen. So trifft man heute vielerorts Flechtengesellschaften, die stickstofftolerant oder stickstoffliebend sind. Flechten, die erhöhte Düngegaben aus der Luft tolerieren, können Stickstoffverbindungen bis zu einem gewissen Grad akkumulieren. Doch auch bei ihnen lassen sich ab einem bestimmten Zeitpunkt erste Schäden erkennen. Und überschreitet die Konzentration einen

bestimmten Schwellenwert, sterben schließlich auch sie ab. Sollte die Schadstoffemission nicht eingedämmt werden, wird die Flechtenvielfalt in den nächsten Jahren daher weiter dramatisch zurückgehen.

Die düngende Wirkung von Stickstoffverbindungen (wie Stickoxiden, Nitrit, Nitrat, Ammonium oder Ammoniumnitrat) macht vielen Flechten schwer zu schaffen. Selbst an stickstofftoleranten Arten – wie zum Beispiel an der Furchenschüsselflechte (*Parmelia sulcata*, links), der Helm-Schwielenflechte (*Physcia adscendens*, Mitte) oder der Staubigen Astflechte (*Ramalina pollinaria*, rechts) – werden bereits nach wenigen Jahren Schäden sichtbar.

Fotos: Roman Türk





Zum aktiven Monitoring gehört die sogenannte „Standardisierte Flechtenexposition“. Dabei wird die Luftverunreinigung eines Gebiets mit Hilfe von dort ausgesetzten Flechtenexponaten beurteilt. Am besten bewährt hat sich für dieses Verfahren die Gewöhnliche Blasenflechte (*Hypogymnia physodes*, Bild). Diese reagiert auf Schadstoffe mit äußerlich sichtbaren Schädigungen (Verfärbungen). Nach 150 bzw. 300 Tagen wird dann die Schädigung am Flechtenkörper ermittelt. Daraus lässt sich schließen, wie intensiv die Belastung mit Luftschadstoffen an dem jeweiligen Standort ist.

Foto: Roman Türk.

Aktives und passives Monitoring

Bereits seit mehr als hundert Jahren weiß man, dass Flechten auf Luftverunreinigungen ausgesprochen sensibel reagieren. Längst macht sich auch die Wissenschaft die Empfindlichkeit der Flechten gegenüber Schadstoffen zunutze. Zum einen wird die bestehende Flechtenflora nach genau festgelegten Methoden untersucht. Denn Verbreitung und Häufigkeit von Flechten erlauben Rückschlüsse auf die Luftgüte in einem bestimmten Gebiet; auf diese Weise lassen sich wertvolle Informationen über die Wirkung und Ausbreitung von schädigenden Verbindungen (wie zum Beispiel von Stickoxiden, Fluoriden oder von Schwefeldioxid) gewinnen. Beim sogenannten passiven Monitoring werden dabei jene Flechtenarten für die Untersuchung herangezogen, die bereits im jeweiligen Ökosystem vorhanden sind. Anders dagegen beim aktiven Monitoring: Bei diesem werden bestimmte Flechtenarten von den Wissenschaftlern gezielt in (belastete) Ökosysteme eingebracht. Anschließend wer-

den die Reaktionen in genau festgelegten Zeiträumen beobachtet und aufgezeichnet.

Grundsätzlich unterscheidet man beim Monitoring außerdem zwischen Reaktionsindikatoren und Akkumulationsindikatoren: Reaktionsindikatoren sind Organismen, die unmittelbar auf die Einwirkung von Schadstoffen reagieren – die also in ihrer Entwicklung beeinträchtigt werden oder sogar absterben. Akkumulationsindikatoren dagegen sind Organismen, die Schadstoffe teilweise oder auch vollständig verstoffwechseln und so in ihren Geweben anreichern. Flechten dienen sowohl als Reaktionsindikatoren als auch Akkumulationsindikatoren. Das heißt, sie reagieren unmittelbar auf Schadstoffe durch Vitalitätsverlust, reichern aber außerdem Schadstoffe in ihrem Körper an. (Dabei kann es sich z. B. um Schwermetalle, aber auch um künstliche Radionuklide handeln, die zum Beispiel bei Störfällen in Kernkraftwerken frei werden können.)

kleinen Maßstab. In Gebieten mit geringer Schadstoffbelastung kann ein einziger Baum eine ausgesprochen reiche Flechtenflora beherbergen. (Nicht selten findet man an einem solchen Baum an die 40 Moos- und Flechtenarten!) Daher sind Flechten vom dramatischen Rückgang dieser Landschaftselemente – sei es nun

durch straßenbauliche Maßnahmen oder veränderte Bewirtschaftungsmethoden – ganz besonders betroffen. Umgekehrt könnte man durch den Erhalt von (alten) Bäumen einen wertvollen Beitrag zum Flechtenschutz leisten. Eine besondere Bedeutung kommt dabei Baumarten mit einer basenreichen Rinde zu, wie

Flechten als Bioindikatoren

zum Beispiel Esche, Spitzahorn oder Bergahorn. Denn auf diesen findet man noch Flechtenarten, die durch Luftverschmutzung und sauren Regen stark zurückgegangen sind.

Um eine vielfältige Flechtenflora zu bewahren bzw. zu fördern ist aber auch der Erhalt von Magerwiesen von essentieller Bedeutung. Dies gilt für flechtenreiche Magerwiesen und Zwergstrauchheiden auf saurem Untergrund ebenso wie für Kalkmagerwiesen. (Allerdings sind Kalkmagerwiesen generell etwas weniger stark gefährdet als saure Silikatmagerwiesen, die zu den am stärksten gefährdeten Lebensgemeinschaften Mitteleuropas zählen.) Problematisch ist hier vor allem die Umwandlung artenreicher Magerwiesen in Fettwiesen durch die Ausbringung von Gülle. Dadurch ist zwar eine intensive Weidehaltung möglich, doch gehen sämtliche Pflanzen und auch Flechten verloren, die an nährstoffarme Böden angepasst sind und mit den hohen Düngegaben nicht zurechtkommen. Oft kommt es im Rahmen von Flurbereinigungsmaßnahmen auch zu einer „Entsteinung“ dieser einst so strukturreichen Habitate, wodurch wiederum viele Flechten ihren Lebensraum verlieren. Selbst große Felsblöcke und Findlinge, auf denen man Flechten findet, die auf lichtreiche Habitate angewiesen sind, werden oft entfernt. Dasselbe gilt für alte Kulturlandschaftselemente wie zum Beispiel Lesesteinwälle oder Trockenmauern. Diese bereichern aber nicht nur das Landschaftsbild, sie bilden auch wertvolle Lebensräume für Flechten (und viele weitere Lebewesen). Insbesondere Naturstein- und Trockenmauern, wie man sie etwa in Weinbergen findet, stellen wichtige Refugien für eine große Zahl von Flechten dar. Die Vernichtung historischer Kulturlandschaften im Zuge der Flurbereinigung ist daher auch aus Sicht des Flechtenschutzes besonders problematisch.

Für Flechten wichtig und besonders schützenswert sind darüber hinaus alle anderen vom Menschen unter Verwendung von Naturstein geschaffene Objekte – seien es nun Bildstöcke, Wegkreuze, Grenz- oder Grabsteine. Auf alten Friedhöfen etwa kann man bisweilen mehr als 100 Flechtenarten finden – darunter

auch ausgesprochene Raritäten. Leider fällt die „lebendige Patina“ auf Steindenkmälern heute oft einem stark ausgeprägten Reinlichkeits- und Ordnungsdenken zum Opfer: Die Flechten werden abgekratzt oder gar mit Hilfe von chemischen Mitteln entfernt. Diese Reinigungsmaßnahmen führen aber nicht nur zum Verlust der Flechten; sie sind häufig auch verwitterungsfördernd und daher auch aus konservatorischer Sicht bedenklich.

Neben diesen Konstruktionen aus Stein sind auch Holzbauwerke für viele Flechten wichtige Ersatzlebensräume. Insbesondere Flechten, die auf Totholz angewiesen sind, haben in den modernen Wirtschaftswäldern wenig Möglichkeiten. Noch bis vor kurzem schuf der Mensch reichlich Ersatz in Form von Scheunen, Heustadeln, Brücken, Zäunen oder Stützen für Obstbäume. Doch mittlerweile haben Drahtzäune die Holzkonstruktionen ersetzt. Und dort, wo nach wie vor Holz zum Einsatz kommt, ist dieses meist imprägniert und eignet sich nicht länger als Untergrund für Flechten. Viele der alten Holzkonstruktionen werden dagegen entfernt, sodass immer mehr holzlebende Flechten ihre Lebensgrundlage verlieren.

Nicht zuletzt gilt es außerdem, jene Flechten zu schützen, die dauernd oder zeitweise untergetaucht in Bächen und Flüssen leben. Diese sind durch Veränderungen des Abflussregimes (etwa durch Wasserableitungen, Uferverbauungen, Aufstau oder Kanalisierung) aber auch durch eine Verunreinigung des Wassers in ihrer Existenz gefährdet. Auch in diesem Fall würden von den Schutzmaßnahmen übrigens nicht nur Wasserflechten, sondern eine Vielzahl von anderen Organismen profitieren.

All diese Maßnahmen zum Schutz von Flechten können jedoch nur den gewünschten Erfolg bringen, wenn gleichzeitig die Luftschadstoffbelastung verringert wird. Denn noch mehr als der Verlust von geeignetem Lebensraum bedroht die Verunreinigung der Luft die Vielfalt der Flechtenflora.



Flechten als Bioindikatoren

Das Mühlviertel ist eine stein- und flechtenreiche Region. Große, oftmals bizarr geformte Granitblöcke sind typische Landschaftselemente vor allem im Unteren Mühlviertel. Kleine Steine wurden einst aus den Ackerflächen herausgelesen und an den Grundstücksgrenzen zu Wällen oder Mauern aufgeschichtet. Die so entstandenen Lesesteinwälle und Trockenmauern bilden einen wichtigen Lebensraum für Flechten.

Foto: Roman Türk



Vom Menschen geschaffene Objekte aus Naturstein bilden für viele Flechten wichtige Ersatzlebensräume. Alte Bildstöcke, Wegkreuze und Denkmäler zum Beispiel können die Flechtenflora eines Gebietes erheblich bereichern. Oftmals werden dafür Steine verwendet, die aufgrund ihres mineralogischen Aufbaus ganz bestimmte Flechtenarten beherbergen. Eine ganz besonders reiche Flechtenflora findet man zudem in alten Friedhöfen.

Fotos: Roman Türk (links), Stephen Sharnoff (rechts)

Magerwiesen sind zwar nährstoffarm, dafür aber ausgesprochen artenreich. Auch zahlreiche Flechtenarten sind auf diesen Lebensraum angewiesen. Doch leider zählen Magerwiesen mittlerweile zu den seltensten Lebensraumtypen Österreichs. Ihre vielfältige Fauna und Flora ist das Ergebnis einer jahrhundertelangen extensiven Nutzung, die in dieser Form nicht mehr wirtschaftlich ist.

Foto: Roman Türk



Auch auf alten Dächern findet sich oft eine reiche Flechtenflora. Eine Neueindeckung sollte daher soweit möglich nicht in einem Zug, sondern in zwei aufeinander folgenden Schritten vorgenommen werden. Auf diese Weise gibt man den Flechten Gelegenheit, die neuen Ziegel zu besiedeln. Wenn möglich, sollten alte, flechtenbewachsene Dachziegel auch wiederverwendet werden.

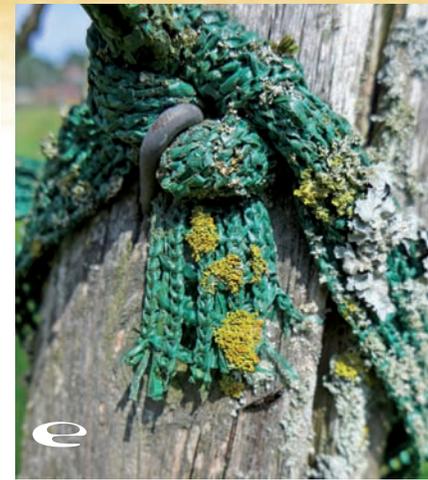
Fotos: Othmar Breuss (links), Stephen Sharnoff (Mitte), LMOÖ (rechts)





Scheunen, Heustadel und andere Gebäude aus Holz bieten jenen Flechten Lebensraum, die auf (Tot)Holz spezialisiert und angewiesen sind. Allerdings darf das Holz, um als Flechtenhabitat zu dienen, nicht imprägniert sein. Leider verschwinden immer mehr dieser alten Bauwerke aus unserer Kulturlandschaft. Sie werden entweder nicht mehr gebraucht oder aber durch andere Gebäude (wie zum Beispiel Wellblechhütten) ersetzt, die sich nicht als Ersatzlebensraum für Flechten eignen.

Fotos: Roman Türk



Flechten findet man auf den verschiedensten von Menschen gemachten Objekten. Und zwar nicht nur auf Stein oder Holz: Manche Flechten gedeihen auch auf Glas, auf Metall oder sogar auf Plastik. Hier zu sehen sind Flechten auf Zäunen, auf alten Autoreifen, auf Lampen, Seilen, Plastikschnüren, einem alten Schaukelpferd und sogar auf einem alten Hut. Außerdem Flechten auf einem Hirschschädel, einem alten Auto und auf einem Schuh.

Fotos: Roman Türk (a bis g), Stephen Sharnoff (h bis j)



Mit Hilfe der Lichenometrie lässt sich zum Beispiel das Alter von Moränen in Gletschervorfeldern bestimmen. Diese Methode hat heute in Zeiten des Klimawandels eine traurige Aktualität.

Fotos: Roman Türk

Lichenometrie

Flechten wachsen langsam. Je nach Flechtenart und Standort liegt die jährliche Zuwachsrates des Durchmessers bzw. der Höhe zwischen 0,01 und 8 mm. Aus diesem Grund bevorzugen Flechten stabile Habitats – das heißt Habitats, die über längere Zeiträume hinweg nur geringfügigen Veränderungen ausgesetzt



Auch vor- und frühgeschichtliche Steinbauwerke können aufgrund ihres Flechtenbewuchses datiert werden. Ein besonderes interessantes Beispiel für eine lichenometrische Altersbestimmung sind die geheimnisvollen Steinfiguren auf den Osterinseln. Ihr Alter (sie entstanden ab 1400 n. Chr.) konnte mit Hilfe der Lichenometrie ermittelt werden.

Foto: Travelling Otter, Wikimedia Commons.

sind (seien es nun chemische oder klimatische Veränderungen oder auch mechanische Beeinflussungen). Können sie sich ungestört entwickeln, erreichen viele Flechten ein bemerkenswertes Alter.

Das geringe aber kontinuierliche Wachstum und das hohe Alter der Flechten macht sich ein ganz besonderes Verfahren zur Altersbestimmung zunutze: die sogenannte Lichenometrie. Diese wurde Mitte des 20. Jahrhunderts vom Salzburger Lichenologen Roland Beschel (1928–1971) entwickelt. Ist die Wachstumsrate einer bestimmten Flechtenart bekannt, so kann man aus der Größe des Flechtenlagers auf das Alter der besiedelten Unterlage schließen. Die ältesten Flechten sind 4.500 Jahre alt! Dies ist folglich auch die Zeitspanne, innerhalb der eine lichenometrische Datierung möglich ist. Mit einer Fehlergrenze von ca. 10% ist die Lichenometrie eine sehr genaue Methode zur Altersbestimmung – besonders wenn sie bei Gesteinen angewandt wird, die weniger als 1.000 Jahre offen zutage liegen. Anwendung findet die Altersbestimmung mit Hilfe von Flechten unter anderem in der Geomorphologie (die die Formen und formbildenden Prozesse der Erdoberfläche untersucht), der Glaziologie (der „formbildenden“ im weitesten Sinn) und der Archäologie.

IMPRESSUM

Dieser Katalog erscheint zur Ausstellung „Flechten – Farbe, Gift & Medizin“ im Biologiezentrum des Oberösterreichischen Landesmuseums vom 03.11.2016 bis 22.10.2017. Kataloge des Oberösterreichischen Landesmuseums N.S. 179, ISBN 978-3-85474-323-1 Linz 2016

Medieninhaber: Land Oberösterreich / Oberösterreichisches Landesmuseum

Wissenschaftliche Direktorin: Gerda Ridler

Kaufmännischer Direktor: Walter Putschögl

Museumstraße 14, A-4010 Linz

www.landmuseum.at

Herausgeber: Biologiezentrum des Oberösterreichischen Landesmuseums

Johann-Wilhelm-Klein-Str. 73, 4040 Linz Austria

www.biologiezentrum.at, www.zobodat.at

Redaktion: Franz Berger, Othmar Breuss

Autorin: Andrea Benedetter-Herramhof

Grafische Gestaltung: Eva Rührnöbl

Druck: Plöchl Druck Freistadt

Coverfotos: vorne: Antarktische Flechtengesellschaft mit *Candelariella murrayi*. Foto: Hans-Peter Reinhaller; hinten: Totengebeinsflechte (*Thamnotia vermicularis*) vom Hinteren Modereck. Foto: Roman Türk

Ausstellung

KuratorInnen: Berger Franz, Othmar Breuss, Roman Türk, Martin Pfosser, Alexandra Aberham

Assistenz: Michaela Minich

Naturvermittlung: Sandra Malez, Gerlinde Kaineder, Rosalinde Machatschek, Lisa Neubauer, Bianca Seitlinger, Eva Wintersberger

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit: Sigrid Lehner, Lisa Manzenreiter

Leihgeber: Franz Berger, Othmar Breuss, Jana Kocoukova, Adelheid Landsteiner, Jiří Malíček, Miriam Mairgünther, Gerhard Neuwirth, Heidemarie Olbrich, Christian Pirklbauer, Roman Türk, Anton Weißenhofer, Volkmar Wirth, Gerhard Fischer (Österreichische Bundesforste AG), Christian Franz (Österreichische Post AG), Werner Griesche (Gebirgstrachten- und Heimatschutzverein Oberstdorf e.V.), Martin Heklau (Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart), Anton Igersheim (Naturhistorisches Museum Wien), Volker John (Pfalzmuseum für Naturkunde Pollichia-Museum), Eduard Winter (Naturhistorisches Museum Wien)



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Kataloge des OÖ. Landesmuseums N.F.](#)

Jahr/Year: 2016

Band/Volume: [NS179](#)

Autor(en)/Author(s): Benedetter-Herramhof Andrea

Artikel/Article: [Flechten - Farbe, Gift und Medizin 1-84](#)