Der Mikrokosmos der Flechten (Lichenes)

Mag. Dr. Gerhard NEUWIRTH

Rabenberg 18
4911 Tumeltsham (Ried i/I)

Abb. 1: Die Blattflechte *Vulpicida juniperinus*, Lager (Thallus) ca. 5 cm Länge mit Fruchtkörpern (Apothecien)

Über die immer noch geheimnisvolle Partnerschaft zwischen Pilzen und Algen, die wir Flechten oder „lichenisierte Pilze" nennen, wurde bereits mehrmals berichtet. Inzwischen konnten erfreulicherweise immer mehr naturbewusste Menschen für diese Organismen sensibilisiert werden, die in den häufigen Bewohnern von Baumrinden, Steinen oder Gartenzäunen nicht mehr Parasiten vermuten, die es zu vernichten gilt, sondern sie als erfreuliche Bereicherung unserer Lebensräume sehen. Meistens standen allerdings die Erscheinungsformen der Flechtenarten, ihre ökologische Bedeutung und die Standorte im Vordergrund (Abb. 1).

Was aber spielt sich im Verborgenen ab? Wie viele Partner sind nun wirklich an der Symbiose beteiligt? Welche Mechanismen ermöglichen grundsätzlich die Entstehung und das Überleben der Flechten in unterschiedlichsten Lebensräumen vom gemäßigten Klima über die Wüsten bis hin zu den Kälteregionen? Was sichert die Vermehrung der Flechten?

Dieser Artikel gibt Einblick in die mikroskopisch kleinen, aber lebensnotwendigen Funktionsbereiche der Symbiosen und bezieht sich zudem auf neueste Erkenntnisse. Werfen wir doch einen Blick in den Mikrokosmos der lichenisierten Pilze, in eine geheimnisvolle Welt überraschender Anpassungen und Überlebensstrategien.

Eine neue Sichtweise der Flechtensymbiosen

Das Jahr 2016 brachte wahrhaft einen Umbruch in der Flechtenforschung (Lichenologie). War man seit beinahe 150 Jahren davon ausgegangen, dass Flechten eine sensible Lebensgemeinschaft eines Schlauchpilzes (Ascomycet) mit einer oder mehreren Algen als Partner wären, erkannte man kürzlich einen weiteren Faktor. Umfassende Analysen von Lichenologen aus Österreich (Universität Graz), USA und Schweden

konnten einen weiteren Pilzpartner in Form eines Hefepilzes nachweisen. Ein völlig neuer Ansatz, der im renommierten Fachjournal „Science“ publiziert wurde (Spirbille u. a. 2016) und unter den Experten großes Interesse auslöste. Diese Erkenntnis könnte das lang diskutierte Phänomen erklären, warum Flechten derselben Art häufig ein völlig anderes Erscheinungsbild zeigen und zudem unterschiedliche chemische Substanzen freisetzen.

Der Vegetationskörper oder Thallus

Lassen Sie mich daher mit dem Vegetationskörper (Thallus) beginnen, der unterschiedlich strukturiert sein kann, aber häufig eine Rindenschicht (Cortex) aufweist. Er wirkt formgebend und kann beträchtliche Dimensionen erreichen, etwa bei der Bartflechte *Usnea longissima* mit mehreren Metern Länge. Der Thallus erscheint blattähnlich (hat nichts mit seiner Struktur zu tun!), fadenförmig, krustenartig oder zeigt nur ein Geflecht aus Pilzhyphen. Er kann frei herabhängen (Bartflechten), dem Substrat (Gestein, Holz, Rinde, Beton) locker aufliegen oder festgewachsen sein.

Die kürzlich nachgewiesenen Hefepilze im Cortex von Makroflechten sind offenbar keine Seltenheit, sondern kommen weltweit in vielen häufigen Flechtenarten vor. Resultat: der Thallus enthält regelmäßig zwei nicht verwandte Pilze, die den Flechtenkörper morphologisch und physiologisch zumindest beeinflussen oder maßgeblich verändern können.

Arbeitsprinzip Partnerschaft

Auf Grund ihrer evolutionären Position bleiben diesen Organismen kaum Möglichkeiten sich zu verbreiten und neue Lebensräume zu erschließen. Denn einer Flechtensymbiose fehlen alle Merkmale höherer Pflanzen wie Wurzel, Spross, Blüte oder Blätter, also müssen alternative Wege beschritten werden. In erster Linie ist dies die Kooperation mehrerer Partner, um eine Art Ökosystem in Form einer sensiblen Symbiose zu entwickeln. Grünalgen (Abb. 2) und/oder Cyanobakterien (Abb. 3) übernehmen die Energieversorgung mit Hilfe der Fotosynthese und werden als Fotobionten bezeichnet. Mittlerweile wissen wir, dass nicht eine Art von Algen, sondern viele unterschiedliche Grünalgen beteiligt sein können. Sind auch Cyanobakterien („Blaualgen“) vorhanden, dann sorgen sie nicht

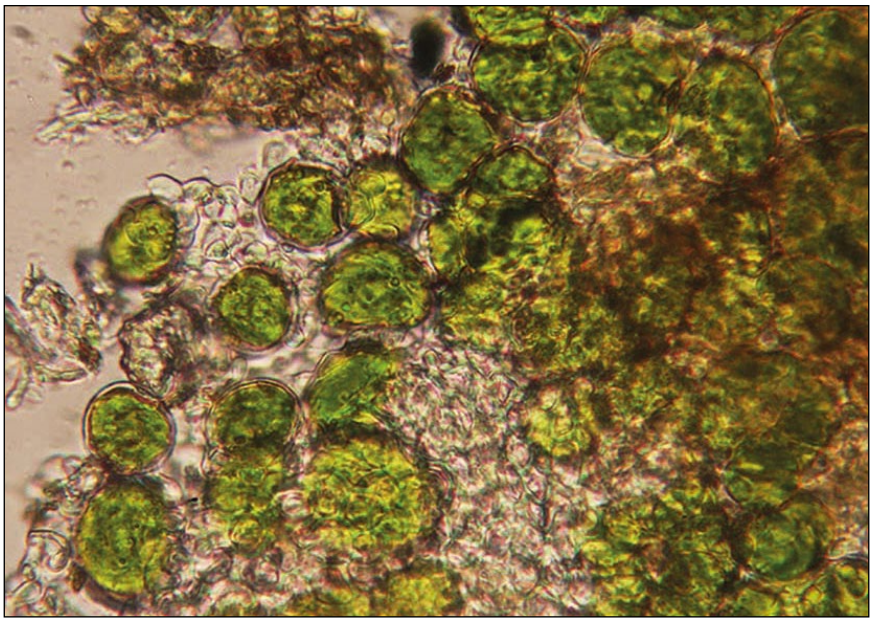

Abb. 2: Grünalge *Trebouxia* sp. in der Blattflechte *Candelaria concolor* (5-15 µm im Durchmesser)

Abb. 3: Zellen von Nostoc mit 3-5 µm Durchmesser (Cyanobacteria, „Blaualgen“)

Abb. 4: Fruchtkörper der Krustenflechte *Caloplaca lactea* (0,3-0,4 mm)

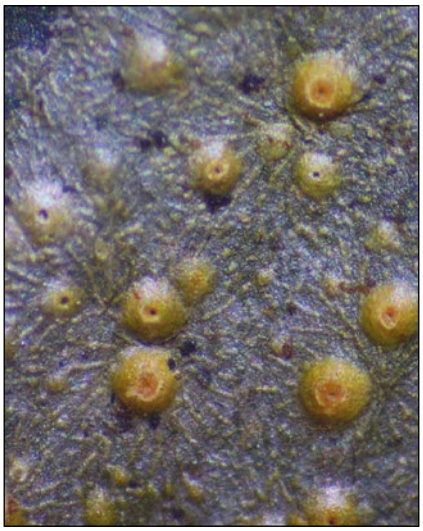

Abb. 5: Perithecien der blattbewohnenden, tropischen Art *Porina radiata* (0,3-0,4 mm)

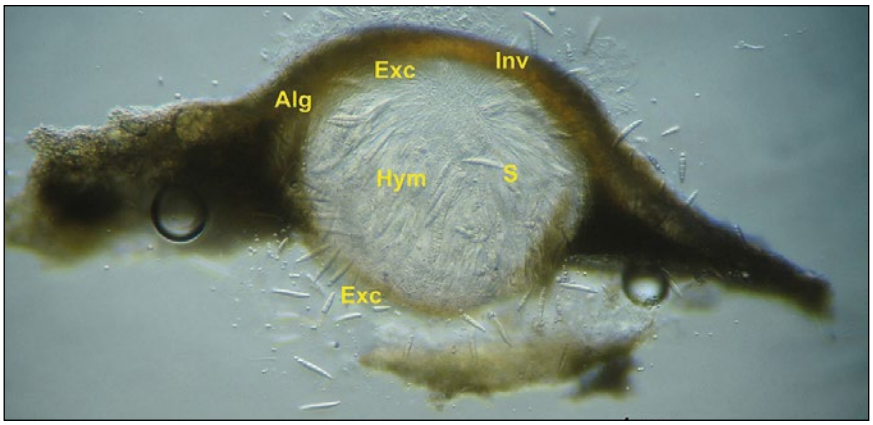

Abb. 6: Schnitt durch einen Fruchtkörper von *Porina radiata*: Alg – Algenschicht; Exc – Excipulum (siehe oben); H – Hymenium; Involucrellum: dunkle oder schwarze Deckschicht auf dem Gehäuse des Fruchtkörpers; S – Sporen.

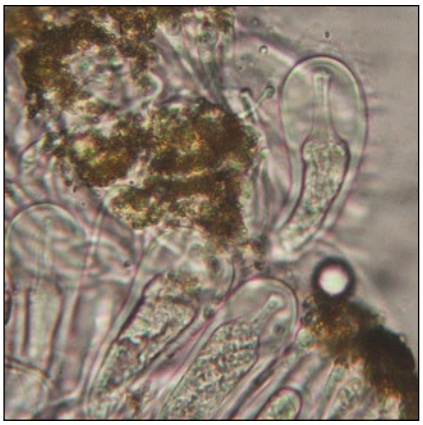

Abb. 7: Schläuche von *Candelaria concolor* (50-60 µm)

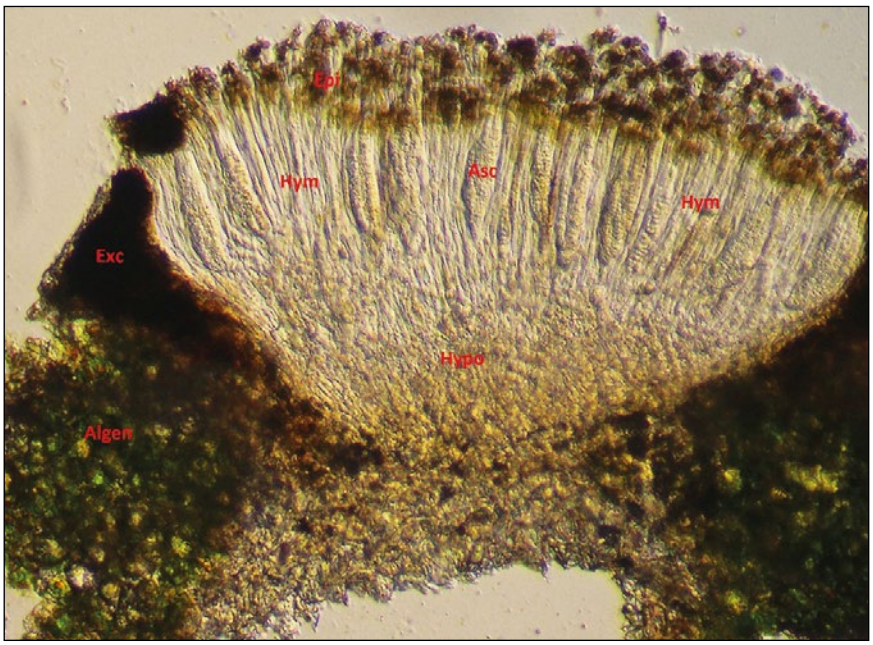

Abb. 8: Querschnitt durch ein Apothecium der „Schriftflechte“ *Graphis scripta* (0.4 mm Durchmesser).A – Asci: Schläuche der Pilze; B – Basis des Fruchtkörpers: Hypothecium; E – Epihymenium: die oberste Schicht des Hymeniums wird aus den Spitzen der Füllfäden gebildet und kann gefärbt sein; Exc – Excipulum (Gehäuse): steriler, äußerer Teil des Hymeniums bzw. Randbereich des Fruchtkörpers; verschieden gefärbt oder fehlend. H – Hymenium: die breiteste Schicht des Fruchtkörpers enthält die sporenbildenden Schläuche und die Füllfäden (Paraphysen); S – Sporen oder Ascosporen; Lirellae sind langgestreckte Fruchtkörper, die bei bestimmten Gattungen vorkommen.

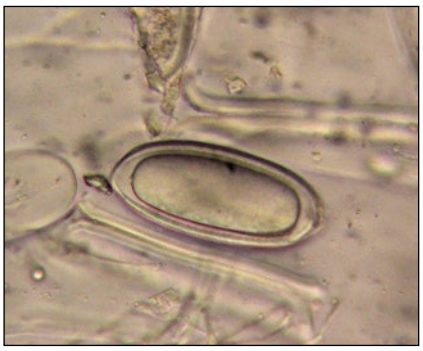

Abb. 9: Dickwandige, einfache Spore der Krustenflechte *Pertusaria leioplaca* (72 x 30 µm)

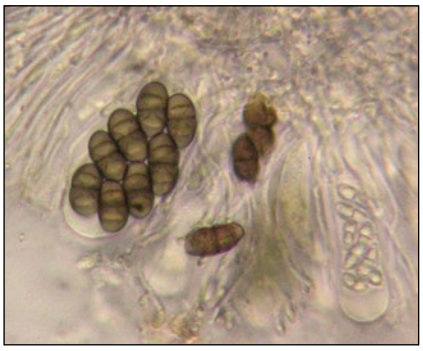

Abb. 10: 1-septierte Sporen in *Physcia aipolia* (13-15 x 8-10 µm)

nur für die Lichtreaktion, sondern bilden zudem spezielle Zellen (Heterocysten), die der Stickstoff-Fixierung dienen und damit eine wesentliche Rolle im Stoffwechsel des Ökosystems spielen. Die Pilze, vor allem Schlauchpilze (Ascomyceten), seltener Ständerpilze (Basidiomyceten) und nun auch die Hefepilze, erfüllen eine Reihe von Funktionen wie Formgebung, Wasserzufuhr, Produktion von chemischen Substanzen (sekundäre Metaboliten) oder schlicht die Bildung von Vermehrungseinheiten (Ascosporen). Wir bezeichnen sie als Mycobionten. Das exakte Zusammenspiel aller physiologischen Prozesse stellt ein ökologisches Gleichgewicht in der Symbiose her, das den Flechten die Besiedelung extremer Standorte in jeder Hinsicht ermöglicht. Gemeinsam erschließen die Partner der Symbiose ungeahnte Lebensräume, die ihnen als selbstständige Organismen verschlossen wären. Pilze können keine Fotosynthese durchführen und gewinnen ihre Energie nun durch den Algenpartner. Umgekehrt ermöglichen die Pilze den Algen die Zufuhr von Wasser und Nährstoffen, was eine wesentliche Steigerung der Überlebensmöglichkeiten bedeutet. Eine zusätzliche Eigenschaft sichert das Überleben der Flechten an extremen Standorten: Sie können den Stoffwechsel drosseln und verbrauchen dann nur mehr ein Minimum an Energie (ähnlich einem Winterschlaf bei Tieren). Bei Feuchtigkeitsmangel verfallen Flechten in eine Art Trockenstarre und die Lichtreaktion wird unterbrochen. Dies gelingt den Partnern als isolierte Lebewesen nicht. Übrigens werden übermäßige Aktivitäten bei der Zellteilung der Algen vom Pilz kontrolliert und notfalls reduziert. Die Kehrseite der Medaille ist allerdings die hohe Sensibilität gegenüber toxischen Umwelteinflüssen, die chemische Reaktionen mit unterschiedlichen Konsequenzen in

der Flechte bewirken. Heute können wir durch Veränderungen der Flechtenthalli wie zum Beispiel Vitalitätsverluste, Minderwuchs, Thallusverfärbungen usw. Rückschlüsse auf die Luftqualität ziehen.

Ob all diese Beobachtungen richtig eingeschätzt werden, müssen weitere Analysen und Forschungsarbeiten erst belegen. Wir wissen trotz moderner Forschungsarbeiten noch nicht genau, wie viele Algen- und Pilzarten an der Symbiose beteiligt sein können und auch die Rolle der häufig auf den Thalli festgestellten Bakterien ist nicht klar. Zudem ist der genaue Mechanismus für ihre extreme Kälteresistenz nicht genau bekannt, der durch ein „Frostschutzmittel" ermöglicht wird.

Mikrokosmos der Fortpflanzung

Lichenisierte Pilze entwickeln häufig charakteristische Fruchtkörper aus Schlauchpilzen (Ascomycota), die wir als Ascomata bezeichnen. Die Größe differiert von mikroskopisch kleinen Formen bis zu mehreren Zentimetern großen schüsselförmigen Gebilden (konkav) bei Blattflechten. Die beiden typischen Formen sind leicht erkennbar: Apothecien (Abb. 4) erscheinen meist scheiben- bis becherförmig mit oder ohne Eigenrand, dagegen sind Perithecien (Abb. 5, 6) gewölbt (konvex), oft als kleine Halbkugeln geformt und können in den Thallus eingebettet sein. Manche „versinken" regelrecht in winzigen Gruben der Gesteine. Diese Fortpflanzungsorgane bestehen aus pilzähnlichen Strukturen, die ascogene Pilzfäden (Hyphen) und Asci (Schläuche, Abb. 7) zur Produktion von Ascosporen enthalten. Im reifen Stadium geben die Schläuche ihre Ascosporen über eine kleine Öffnung an der Spitze ab (Apex). Zwischen diesen Schläuchen finden wir meist Füllfäden aus gallertiger Substanz, die sogenannten Paraphysen (Abb. 7). Dieser oft breite Bereich wird als Hymenium bezeichnet. Als obere Begrenzung bildet sich ein unterschiedlich gefärbtes Epihymenium, unterhalb des Hymeniums ein Hypothecium (Abb. 8). In allen Bereichen können durch Testsubstanzen chemische Farb-Reaktionen ausgelöst werden, was zur Identifizierung unerlässlich ist. Auch eine negative Reaktion ist ein Indikator! Die wichtigsten sind Kalilauge (KOH), para-Phenylendiamin (PD), Chlorlösungen (C), Jod-Kaliumjodid-Lösungen (Lugol).

Abb. 11: mehrfach septierte Spore von *Graphis pulverulenta* (42 x 8 µm)

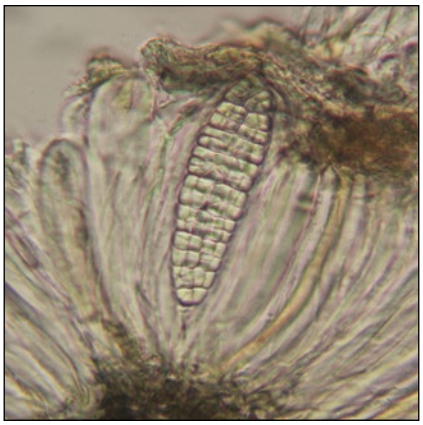

Abb. 12: mauerförmige Sporen von *Calopadia subcoerulescens* (65 x 20 µm)

Abb. 13: mauerförmige Sporen der Krustenflechte *Diploschistes scruposus* (30 x 14 µm)

Abb. 14: Soralen der Krustenflechte *Porpidia soredizodes* (0.3-0.4 mm)

Vermehrungseinheit Ascospore: eine unendliche Vielfalt an Formen und Gestaltung

Die **Ascosporen** werden innerhalb der Fruchtkörper in den Schläuchen der Pilze produziert und dienen als Grundlage der Fortpflanzung. Sie entwickeln eine unglaubliche Diversität (Vielfalt) und sind für den Lichenologen zur Identifizierung der Art einer der wichtigsten Parameter zur Bestimmung (Form, Farbe, Septierung und Größe). Jede Spezies hat durch ihre charakteristischen Sporen so etwas wie einen „Fingerabdruck", ist also artspezifisch. Nach dem Reifungsprozess werden sie über eine Öffnung im Ascus freigegeben und treffen im günstigsten Fall auf eine entsprechende Algenzelle, wobei die Erfolgsquote äußerst gering ist.

Typische Merkmale der Sporenzellen sind die Trennwände, die wir Septen nennen. Sie können fehlen (einfache Sporen, Abb. 9), quer-septiert mit einem Septum (Abb. 10) bis vielen horizontalen Septen (Abb. 11) erscheinen oder wie Mauern aussehen (muriform, farblos Abb. 12). Auch die

Abb. 15: Die giftige „Wolfsflechte" *Letharia vulpina* gehört den Strauchflechten an (12 cm)

Farbe spielt eine Rolle (farblos, grau oder braun, Abb. 13), ebenso wie die Dicke der Wand, die Pigmentation oder die Form. Als Maßeinheit verwendet man generell 0,001 mm = 1 µm.

Eine weitere Möglichkeit zur Vermehrung bieten die **Soredien**, zylindrische bis kugelige Knäuel von Pilzfäden, die Algenzellen enthalten und als Paket weitergegeben werden. Sie sind Diasporen der vegetativen Fortpflanzung (Wirth 2013). Statt in Fruchtkörpern entstehen sie auf der Oberfläche der Thalli in Rissen oder Aufbrüchen, den **Soralen** (Abb. 14).

Ähnliche Funktionen haben die **Isidien**, die als stiftförmige, kugelige oder platte Auswüchse auf dem Thallus der Flechten entstehen können.

Neben diesen Merkmalen benötigt der Flechtenforscher noch einige ökologische Parameter zur Identifizierung: zum Beispiel Art des Substrates (Erde, Gestein, Rinde etc.), klimatische Bedingungen am Standort oder Einflüsse von Luftschadstoffen. Deshalb sind geologische und botanische Kenntnisse unerlässlich.

Vielleicht wird durch diesen Artikel verständlicher, welch durchaus schwieriges Unterfangen es ist, eine Flechtenart korrekt zu bestimmen, erfordert doch diese Aufgabe viel Wissen, Erfahrung und Geduld. Und hier soll sich der Kreis meiner Betrachtungen wieder schließen.

Die meisten Charakeristika werden erst unter dem Mikroskop sichtbar oder nach der Behandlung mit chemischen Testsubstanzen, also wahrhaftig im **„Mikrokosmos der Flechten“**.

Epilog

Der Autor setzt sich seit 28 Jahren für mehr Akzeptanz der Flechten ein, denn diese Lebensgemeinschaften zeigen eine faszinierende Diversität und bewohnten unseren Planeten bereits Millionen von Jahren vor den Menschen. Sie finden in vielen Lebensbereichen Anwendung, was allerdings den meisten Leuten nicht bekannt ist. Sie sind allgegenwärtig, aber man geht daran vorbei. Ein großer Teil der Artenvielfalt bleibt dem Unkundigen aufgrund der geringen Größe verborgen (Mikroflechten), wird falsch interpretiert (Parasiten) oder unter falschem Namen angeboten.

Die Pharmazeutische Industrie bietet beispielsweise das „Isländische Moos“ als Mittel gegen Erkrankungen der Atemwege an, obwohl es sich um die Flechtenart *Cetraria islandica* handelt. Manche Arten entfalten antibiotische Wirkung (z. B. durch Usninsäure) oder werden in Cremes, Salben oder Tinkturen eingesetzt. Diese sekundären Inhaltsstoffe der Flechten, von denen wir noch viel zu wenig wissen, könnten in Zukunft große Bedeutung bei verschiedenen Therapien in der Medizin erlangen.

Seit langer Zeit kennt man zudem die Färbewirkung mancher Flechtenarten (*Rocella*) vor allem rund um die Mittelmeerküsten. Eine wichtige Funktion erfüllen gewisse Flechten als Nahrung für Tiere, wie auch der Name „Rentierflechten“ deutlich macht. Die auf steinigen Böden der Wüstengebiete wachsende *Circinaria esculenta* versorgt Schafe- und Ziegen im arabischen Raum mit Nahrung und war vielleicht auch das legendäre „Manna“ aus der Bibel.

Manche Spezies enthalten auch Giftstoffe. Die attraktive, leuchtend gelb-grüne „Wolfsflechte“ *Letharia vulpina* (Abb. 15) wurde in Skandinavien bedauerlicherweise zum Töten von Füchsen und Wölfen verwendet. Die Wirkung der verantwortlichen Vulpinsäure betrifft – zumindest in größeren Mengen – aber auch Schnecken und Insekten, obwohl vermutlich einige Tierarten (Igel, Mäuse, Ratten) immun gegen das Toxin sind.

Ein ganz anderes Anwendungsgebiet sind die bei wenigen Arten (*Evernia*, *Pseudevernia*) enthaltenen Duftstoffe, die relativ aufwändig für Parfums extrahiert werden.

Aber eines der wichtigsten Themen ist wohl ihre Funktion als Parameter der Ökologie. Einerseits wirken Flechten als Bioindikatoren und ermöglichen uns die Erstellung von Zustandsbildern eines Lebensraumes. Die Zeit großer Schwefeldioxid-Emissionen ist zum Glück vorüber, doch leider mussten unzählige Flechten zugrunde gehen, weil sie sofort auf die Giftstoffe reagierten. Die Belastung durch Stickoxide aus dem Straßenverkehr und der Eintrag von toxischen Luftschwebstoffen (Aerosole) setzen allerdings den Flechten nach wie vor stark zu.

Eine der außergewöhnlichsten Fähigkeiten der Flechten betrifft den Stickstoff-Kreislauf in der Natur und soll hier kurz beschrieben werden: Der Stickstoff (N_2) wird zum Aufbau von Eiweißstoffen (Proteine) gebraucht, ist aber im elementaren Zustand schwer verfügbar, weil er aus der Luft kaum gebunden werden kann, obwohl in der Atmosphäre 78 % davon enthalten sind. Etwa 10-15 % der Flechten enthalten Cyanobakterien („Blaualgen“), die wie zum Beispiel Nostoc den Stickstoff N_2 direkt aus der Luft aufnehmen können. Dazu werden spezielle Zellen, die Heterocysten gebildet, die eine Stickstoff-Fixierung ermöglichen. Alle übrigen Flechtenarten mit Grünalgen decken ihren Bedarf über das Substrat- oder Regenwasser in Form von gelösten Nitraten. Weit über 90 % dieser zusätzlichen N_2-Verbindungen entnimmt der Pilzpartner. Übrigens kennen wir die Bindung von elementarem Stickstoff direkt aus der Luft nur von wenigen Spezialisten wie den Knöllchenbakterien. Ein beachtlicher Trick der Natur zur Deckung des Bedarfs.

Auch Stickstoff-Überschuss durch Ammoniumnitrate – Überdüngung oder Eutrophierung – wird von manchen resistenten Flechtenarten ausgenützt, die dann als intensiv-gelbe Exemplare ganze Äste bedecken können (gelbe Wandflechte). Leider verdrängen sie dann weniger konkurrenzstarke Arten.

Und nicht zuletzt sind die Flechten Pioniere in der Natur. Sie besiedeln die unmöglichsten Orte in der Natur, lösen die Oberfläche von Gesteinen auf und bereiten sie für die höheren Pflanzen vor. Interessant ist die Tatsache, dass viele Flechten auch Substanzen bewohnen, die von Menschenhand gemacht wurden (Glas, Kunststoff, Eternit und auch Metalle). Flechten sind wahre Überlebenskünstler!

Alle diese Erkenntnisse geben nur einen kleinen Einblick in die Welt der Flechten. Wer allerdings angesichts dieser Fakten immer noch fragt, was denn die Lichenologie „bringt“, sollte sich intensiver mit diesen faszinierenden Organismen befassen…

Eine aktuelle Ausstellung im Biologiezentrum Linz mit dem Titel **„FLECHTEN: Farbe, Gift & Medizin“** bietet eine Fülle von Informationen zu dieser Thematik (4. Nov. 2016–22. Okt. 2017), inklusive Vorträge und Exkursionen.

Alle Fotos: Gerhard Neuwirth

Literatur

Spribille u. a. 2016: Basidiomycete yeasts in the cortex of ascomycete macrolichens. Science 10.1126/science.aaf8287 (2016): 488-492.

Wirth V., Hauck M., Schultz M. 2013: Die Flechten Deutschlands. Stuttgart: Ulmer, Bd. 1: 63.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: ÖKO.L Zeitschrift für Ökologie, Natur- und Umweltschutz

Jahr/Year: 2017

Band/Volume: 2017_01

Autor(en)/Author(s): Neuwirth Gerhard

Artikel/Article: Der Mikrokosmos der Flechten (Lichenes) 22-26