

R. Türk, H. Wittmann

Die bunte Welt der Flechten - eine Einführung

Einleitung

Sicher hat sie jeder schon gesehen, die unscheinbar bis grell gefärbten Krusten auf Felsen, die blättrigen und strauchigen Gebilde auf Bäumen oder auf dem Boden und die lang herabhängenden Bärte in unseren Bergwäldern: Es sind Flechten, wohl eine der sonderbarsten Gruppen im Pflanzenreich.

An geeigneten Wuchsorten vermögen wir sie fast überall zu entdecken: Nicht zu übersehen sind sie in den höheren Lagen unserer Gebirge, wo sie Felsblöcke großflächig überziehen können und ein buntes Mosaik bilden; auf exponierten Graten und in Windheiden bestimmen sie vielerorts den Aspekt als ausgedehnte Teppiche zwischen oder über anderen Alpenpflanzen. Besonders üppig entwickelt sind sie in luftfeuchten, naturnahen Bergwäldern — hier können sie die Stämme alter Baumriesen völlig bedecken und verleihen mancherorts den Wäldern als bartförmige Girlanden ein märchenhaftes Aussehen. Aber auch im Alpenvorland kann die „Wetterseite“ von Laubbäumen dicht mit Flechten bewachsen sein.

Sogar in den flechtenfeindlichen Lebensräumen unserer Großstädte und Industriezentren vermögen einige besonders widerstandsfähige Arten auf Mauerkronen, Dachziegeln, Eternitplatten und staubimprägnierten Holzzäunen ihr kärgliches — aber manchmal sehr farbenfrohes — Dasein zu fristen.

Dennoch zählen sie zu den wenig beachteten und vielfach übersehenen pflanzlichen Organismen. So bezeichnete z. B. der berühmte schwedische Naturforscher Carl von LINNÉ die Lichenen (= Flechten) als „rustici pauperrimi“, das armselige Pöbelvolk; dies nicht nur, weil sie selbst dem aufmerksamen Beobachter so wenig ins Auge fallen, sondern da sie von Natur aus auch die ärmlichsten und widrigsten Lebensbedingungen ertragen können, ja oftmals sogar auf diese angewiesen sind. Selbst im Lichte der Wissenschaft führten die Flechten lange Zeit ein Schattendasein, war es doch sehr schwierig, sie einer bestimmten Pflanzengruppe zuzuordnen. Einige Arten wurden zu den Moosen gestellt, andere galten als Algen. Auch heute noch werden baumbewohnende Flechten fälschlich als „Baummoos“ bezeichnet und das als „Lichen islandicus“ be-

zeichnete Arzneimittel als „Isländisch Moos“. Welch geringe Bedeutung und Wertschätzung die Flechten bisher in unserem Volksbewußtsein erfahren haben, zeigt sich auch darin, daß es nur ganz wenige, sehr auffällige Arten gibt, die auch einen deutschen Namen haben: Lungenflechte, Wolfsflechte, Rentierflechten und Landkartenflechten.

Was sind Flechten?

Bei den heutigen Erkenntnissen und Fortschritten der Naturwissenschaften verwundert es fast, daß die wahre Natur der Flechten erst vor etwa hundert Jahren erkannt wurde. Es war der deutsche Mycologe A. de BARY, der 1866 erstmals vermutete, Gallertflechten könnten aus Pilzen und Algen zusammengesetzt sein. Umfassend wurde diese Vermutung durch den Schweizer Naturforscher S. SCHWENDENER (1868) dargelegt und erweitert. SCHWENDENER stellte nach eingehenden morphologischen und anatomischen Studien die revolutionäre Theorie auf, daß sämtliche Flechten durch das Zusammenleben von Pilz und Alge zustande kommen. Obwohl diese Hypothese lange Zeit heftig umstritten war — so erschien noch 1953 eine Gegenschrift — zweifelt heute niemand mehr an der „Doppelnatur“ der Flechten. Den eindeutigen Beweis für die Ansichten SCHWENDENERs brachten mehrere Versuche, in denen es gelang, Pilz- und Algenpartner zu trennen und sie, nach erfolgreicher Kultivierung der Einzelkomponenten, wieder zu einer neuen Flechte „zusammenzufügen“.

Das Prinzip der Flechte ist wohl am einfachsten durch jene von WIRTH aufgestellte Gleichung verdeutlicht:

$$1 + 1 = 1$$

Pilz + Alge = Flechte

Damit wird ausgesagt, daß aus zwei verschiedenen Pflanzen eine neue Pflanze entsteht. Als wesentlichstes Merkmal des Organisationstyps „Flechte“ kann man ein „inniges Zusammenleben zum Vorteil beider Partner“ anführen; eine derartige Lebensgemeinschaft nennen wir Symbiose. Weitere Charakteristika sind:

- eine neue morphologische Einheit, die sowohl von der der Alge als auch von der des Pilzes mehr oder weniger deutlich abweicht;
- physiologische Leistungen, die über die Leistungen der Einzelkomponenten hinausgehen;
- die oftmalige Ausbildung von eigenen Verbreitungseinheiten, die Pilz- und Algenpartner enthalten.

Wuchsform der Flechten

Beim Betrachten einer Flechte fallen uns kaum Gemeinsamkeiten mit dem gewohnten Bild unserer bekannten Farn- und Blütenpflanzen auf. Der bemerkenswerteste Unterschied ist wohl, daß wir keine Gliederung in Wurzel, Sproß und Blätter vorfinden, sondern daß der Flechtenkörper ein relativ einheitliches, im Vergleich mit den höheren Pflanzen einfach gebautes Gebilde darstellt, das wir „Lager“ oder „Thallus“ nennen (Abb. 1). Da wir einen ähnlich gestalteten Vegetationskörper auch bei Pilzen und Algen beobachten können, rechnen wir die Flechten mit diesen beiden Pflanzengruppen zu den Lagerpflanzen oder Thallophyten.

Nach den mannigfaltigen Wuchsformen des Lagers kann man die Flechten in vier Typen einteilen:

Krustenflechten

Sie stellen eine Gruppe von relativ einfach gebauten Flechten dar. Ihr Thallus kann als areolierte, mehrere Millimeter dicke Kruste ausgebildet sein (z. B. Landkartenflechten) oder aber als staubiger, körniger oder lackartiger Überzug Baumrinden, Holz, Felsen, Erde, Moose oder Pflanzenreste überwachsen. Einige Arten können dabei beträchtliche Flächen bedecken, so färbt die hauptsächlich im Alpenraum vorkommende Flechte *Chrysothrix candelaris* oft ganze Bäume von der Stammbasis bis in den Kronenbereich mit ihrem leuchtend gelben Thallus. Auch das bunte Mosaik auf den Felsblöcken im Hochgebirge stammt zum Großteil von verschiedenartig gefärbten Lagern von Krustenflechten.

Eine ausgeprägte Schichtung in Mark- und Algenbereiche, wie wir sie bei Blattflechten kennenlernen werden, ist bei Krustenflechten nur selten zu beobachten. Auch Haftfasern (Rhizinen), die zur Verankerung auf der Unterlage dienen, kommen nicht vor — meist sind die Krustenflechten mit ihrer ganzen Unterseite am Substrat festgewachsen und von diesem nicht ohne Beschädigung zu entfernen.

Mehreren Arten gelingt es, innerhalb ihrer Unterlage zu wach-

sen; ja einige haben ihr Lager sogar ins harte Kalkgestein soweit eingesenkt, daß nur mehr ein rot oder blau gefärbter Fleck die Existenz der Flechte verrät. Der Pilz dieser Flechten hat die Fähigkeit, Säuren auszuscheiden, die das Gestein anätzen können; dadurch wird einerseits ein Weiterwachsen ermöglicht und andererseits sichergestellt, daß trotz des „versteckten“ Lagers die Fruchtkörper an die Gesteinsoberfläche gelangen können. Diese Arten sind zwar meist sehr unscheinbar, dennoch können sie manchmal sehr massiv auftreten: so sind zum Beispiel die blau gefärbten Felswände in den Kalkalpen auf die blaue Farbe des Lagers der Flechte *Hymenelia coerulea* zurückzuführen.

Einen Übergang zu den Blattflechten stellen die sogenannten placodiaten (schuppigen) Krustenflechten dar. Bei ihnen ist, vor allem in den Randpartien, eine deutliche Lappung des Lagers zu beobachten und manchmal heben sich die Randloben auch etwas von der Unterlage ab. Zu diesem Wuchstyp zählen zahlreiche, oft leuchtend gelb oder orange gefärbte Vertreter der Gattung *Caloplaca* und auch die häufige Art *Lecanora muralis*.

Blattflechten

Die Gruppe der Blattflechten ist durch einen großen Formenreichtum ausgezeichnet. Als Charakteristikum sind flache, dorsiventral gebaute Loben anzuführen, die im Querschnitt eine deutliche Schichtung aufweisen. Die Oberfläche ist mit einem gewebeartigen Pilzgeflecht gegen die Außenwelt abgegrenzt; darunter liegen — in den Pilzhyphen eingebettet und dadurch gut geschützt — die Algen. Die anschließende Markschicht wird nur vom Pilz aufgebaut und erscheint im Schnitt als breite, weiße Zone. Bei einigen Laubflechten ist an der Unterseite ein dicht gepacktes Geflecht aus Pilzhyphen, die Unter- rinde, ausgebildet.

Laubflechten sind — im Vergleich mit Krustenflechten — lose mit der Unterlage verwachsen. In vielen Fällen sind zur Verankerung besondere Haftorgane, die sogenannten Rhizinen, ausgebildet. Diese können als Filz- oder Haarbesatz die Unterseite der Loben überziehen oder als „Wimpern“ deren Ränder einsäumen. Ihre Funktion könnte man mit den Wurzeln der Blütenpflanzen vergleichen.

Ein Sonderfall der Verankerung ist bei den Nabelflechten verwirklicht: sie sind mittels einer zentralen Haftscheibe am Substrat befestigt, wodurch auf der Oberfläche eine typische nabelförmige Vertiefung entsteht. Zahlreiche Vertreter dieser Wuchsform gehören zur Gattung *Umbilicaria*, die ihren Na-

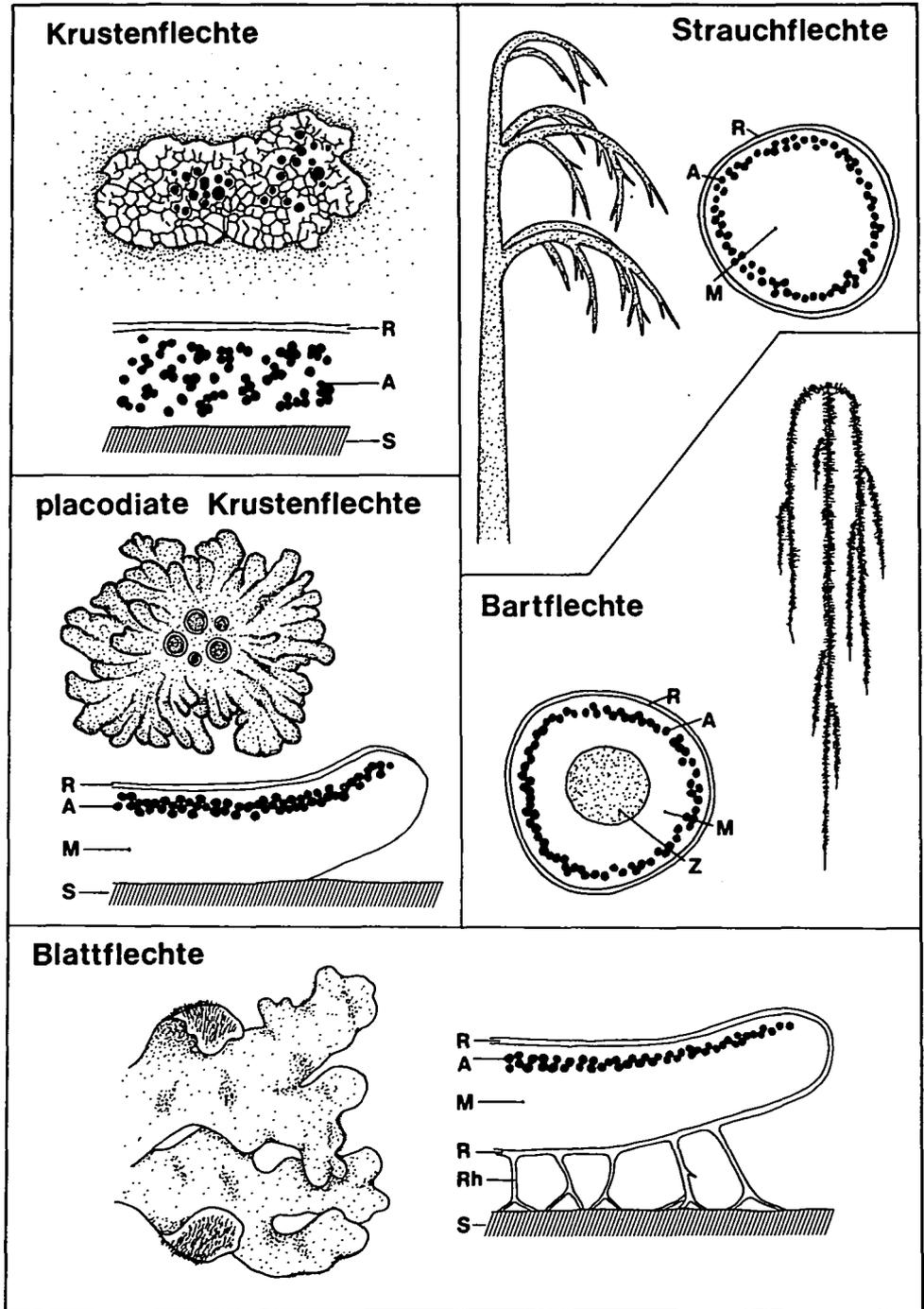


Abb. 1: Wuchsformen und Lagerquerschnitte von Flechten
 R = Rinde, A = Algen, M = Markschicht,
 S = Substrat, Z = Zentralstrang,
 Rh = Rhizinen

men nach ihrem Erscheinungsbild erhalten hat (lateinisch: umbilicus = Nabel).

Zu den Blattflechten gehören auch recht große Formen: so kann die braune Lungenflechte (*Lobaria pulmonaria*) in luftfeuchten Lagen naturnaher Wälder eine Thalluslänge von 20 bis 30 Zentimeter erreichen. Einige Vertreter der Schildflechten (Gattung *Peltigera*) bilden oft mehrere Dezimeter große, grün oder braun gefärbte Flechtenlager, die am Grund von Baumstämmen, am Waldboden oder in Latschengebüschen zu finden sind. Die „Safranflechte“ (*Solorina crocea*) wächst in feuchten, oft lange Zeit schneebedeckten Mulden der alpinen Stufe unserer Zentralalpen und bildet mit ihrer leuchtend orange gefärbten Unterseite einen netten Kontrast zu den sonst recht einheitlich dunkel gefärbten Biotopen.

Einen Übergang zu den Strauchflechten stellen die Vertreter der Gattung *Cetraria* dar, bei denen sich die flachen Loben mehr oder weniger stark einrollen, wodurch sie aufrecht stehen können. Die wohl bekannteste Art dieser Gattung ist das auf sauren Waldböden und in alpinen Windheiden verbreitete „Isländisch Moos“ (*Cetraria islandica*).

Während bei den meisten Blattflechten die Wuchsform des Pilzes das Aussehen der Flechte bestimmt, gibt es einige Formen, bei denen die Algen den Habitus der Flechte prägen: es sind dies die sogenannten Gallertflechten, eine Formengruppe, die oft auch als eigener Wuchstyp betrachtet wird. Im Trockenzustand sind diese Flechten noch hart und spröde, zeigen jedoch schon kurz nach Befeuchtung ihr typisches „gallertiges“ Aussehen. Die Algenpartner der Gallertflechten sind stets Blaualgen; diese sind durch ihre hohe Fähigkeit zur Wasseraufnahme und durch ihre dunkle Eigenfarbe für das Erscheinungsbild und die Färbung dieses Flechtentyps ausschlaggebend. Erwähnenswert ist noch, daß bei Gallertflechten der für Blattflechten typische, geschichtete Thallusaufbau fehlt und sogar eine Berindung des Lagers nur in wenigen Fällen gegeben ist.

Strauch- und Bartflechten

Die bandförmigen oder drehrunden Loben der Strauch- und Bartflechten sind meist radiär gebaut, d. h., daß im Schnitt von außen nach innen ein ringförmiger Rinden-, Algen- und Markbereich zu beobachten ist. Bei einigen Bartflechten (z. B. sämtliche Vertreter der Gattung *Usnea*) ist innerhalb des Markzylinders noch ein elastischer und reißfester Zentralstrang ausgebildet.

Zahlreiche Strauchflechten bilden ausgedehnte Rasen über Erde oder auf Faulholz; besonders die Gattung *Cladonia* mit

ihren Rentier- und Becherflechten hat im Laufe der Evolution eine geradezu faszinierende Formenvielfalt entwickelt. Bartflechten können eine enorme Länge erreichen — so sind von *Usnea longissima* (der Name spricht für sich!) Thallusfäden beobachtet worden, die mehrere Meter lang waren.

Ständerpilzflechten (lichenisierte Basidiomyceten)

Während der Großteil der flechtenbildenden Pilze zu den sogenannten Schlauchpilzen (Ascomyceten) gehört, ist nur ein verschwindend kleiner Teil den Ständerpilzen (Basidiomyceten) zuzurechnen. Lange Zeit waren derartige Flechten nur aus tropischen Ländern bekannt. In den letzten 25 Jahren wurden jedoch einige Arten aus diesem Verwandtschaftskreis auch in Mitteleuropa entdeckt und manche haben sich im Alpenraum sogar als relativ häufig herausgestellt. Der Grund für diese späte Erkenntnis liegt sicher zum Teil darin, daß einige Ständerpilzflechten viel eher wie ein Pilz als wie eine Flechte aussehen (Abb. 2). So ist auch der Fruchtkörper von *Omphalina*-Arten

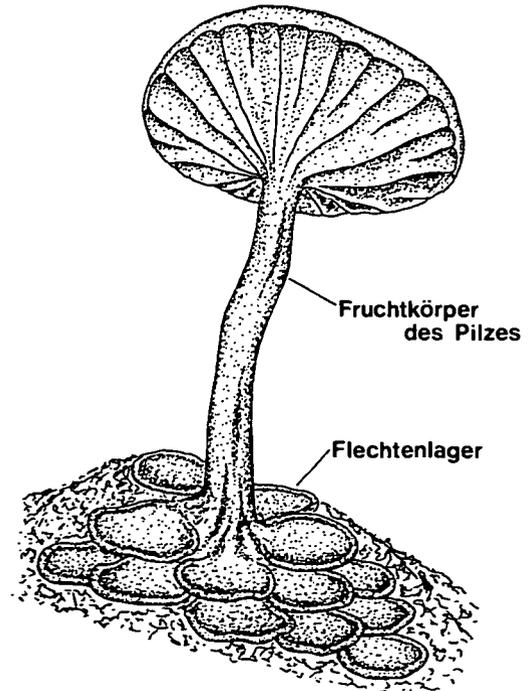


Abb. 2: *Omphalina hudsoniana*, eine auf Moosen und Rohhumus wachsende Ständerpilzflechte mit grünen Thallusschuppen und einem „Schwammerl“ als Fruchtkörper.

nicht von dem eines „Schwammerls“ zu unterscheiden. Einzig die um die Stielbasis verteilten grünen Lagerschuppen verraten, daß an diesem Organismus auch ein Algenpartner beteiligt ist.

Fortpflanzung der Flechten

Wie bereit erwähnt, bestehen Flechten immer aus zwei Teilen, einem Pilz- und einem Algenpartner. Diese sind fast ausnahmslos für eine Flechtenart charakteristisch, d. h. es kann nur eine bestimmte Pilzart mit einer bestimmten Algenart eine bestimmte Flechte aufbauen.

Zahlreiche Flechtenalgen kommen auch freilebend vor. Im Gegensatz dazu sind die Flechtenpilze in der Natur völlig auf die Existenz „ihrer“ Algen angewiesen — sie können ohne diese nicht existieren. Es ist zwar gelungen, Flechtenpilze im Labor über längere Zeit zu kultivieren, doch kommt es ohne Algen nie zur Ausbildung eines typischen Flechtenlagers. Erst beim Kontakt mit den entsprechenden Algen kann die Flechte ihren charakteristischen Thallus ausbilden.

In der Symbiosegemeinschaft ist nur der Pilz zu sexueller Vermehrung befähigt. Er bildet in oft recht charakteristischen Fruchtkörpern ein- bis wenigzellige Verbreitungseinheiten, die Sporen, aus.

Die Fruchtkörper können sehr mannigfaltig gestaltet sein und sind für die Systematik und Bestimmung von Flechten von großer Bedeutung. Die vielfältige Ausbildung zeigt sich meist erst unter dem Mikroskop: so gibt es schüssel-, napf-, birn-, kugel-, fleck- und strichförmige Fruktifikationsorgane, bei einigen Arten können sie sogar gestielt sein und haben dann fast die Form von Stecknadeln. Die auf glattrindigen Laubbäumen verbreitete „Schriftflechte“ (*Graphis scripta*) hat ihren Namen von den an Schriftzeichen erinnernden, länglichen und teilweise verzweigten Fruchtkörpern.

Aus diesen Organen werden nun die Sporen ausgeschleudert und durch Wind, Wasser oder Tiere verbreitet. Beim Auftreffen auf einen geeigneten Untergrund keimen die Sporen aus und bilden ein kleines Hyphengeflecht, das nun unbedingt geeignete Algen finden muß, um nicht abzusterben. Wir sehen, daß hier der Zufall eine bedeutende Rolle spielt und man kann annehmen, daß eine große Anzahl von Sporen nötig ist, um das Fortleben einer Flechte zu sichern.

Einige Arten haben dem Zufall etwas nachgeholfen: sie haben schon im Fruchtkörper Algen eingeschlossen und schleudern diese zusammen mit den Sporen aus. Durch diesen „Trick“ ist

die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Sporenkeimung wesentlich erhöht.

Eine große Zahl von Flechten hat jedoch noch wesentlich effektivere Verbreitungseinheiten entwickelt, und zwar die sogenannten Isidien und Soredien. Bei Isidien handelt es sich um berindete Auswüchse der Lageroberfläche, die Algen enthalten und durch Wasser oder Tiereinwirkung abbrechen und anschließend verbreitet werden können. Die Isidien können sehr verschieden ausgebildet sein: es treten stiftförmige, zylindrische, kugelige oder korallinische Formen auf; einige haben sogar eine „Sollbruchstelle“, an der sie sich besonders leicht vom Thallus lösen. Trifft eine derartige Isidie nun auf eine geeignete Unterlage auf, so kann sie sofort zu einer neuen Flechte heranwachsen: sie hat ja nicht nur den Pilz, sondern auch gleich die richtige Alge mitbekommen!

Ein ähnliches Prinzip liegt den Soredien zugrunde. Es handelt sich bei ihnen um mikroskopisch kleine Algenpakete, die von Pilzhyphen umspunnen sind. Sie werden in eigenen Organen, den sogenannten Soralen, gebildet, die als „staubige Aufbrüche“ meist an der Oberseite oder den Rädern des Lagers zu sehen sind. Da diese Soredien sehr klein und leicht sind, ist eine Verbreitung durch Wind, Wasser oder Tiere — auch über weite Strecken — für sie kein Problem. Wie die Isidien haben auch diese Verbreitungseinheiten bereits beide Symbiosepartner auf den Weg mitbekommen und können ohne „Partnersuche“ zu einem neuen Lager keimen.

Bei einigen Strauchflechten (z. B. Rentierflechten) können vor allem durch Schnee- und Trittwirkung ganze Lagerstücke abbrechen und über kurze Strecken transportiert werden. Da sich sämtliche Bruchstücke wieder zu kompletten Lagern regenerieren können, trägt auch diese „Thallusfragmentation“ zur Verbreitung einiger Flechtenarten bei.

Flechten erscheinen einem oberflächlichen Beobachter eher primitiv organisiert — man sollte jedoch bedenken, welche evolutionäre Leistung es darstellt, wenn zwei Vertreter unterschiedlicher Pflanzengruppen gemeinsame und vor allem äußerst effektive Verbreitungseinheiten entwickeln!

Physiologie der Flechten — Stoffwechsel

Flechten gehören zu den „wechselfeuchten“ (poikilohydrn) Pflanzen. Das heißt, der Wasserhaushalt ihres Lagers ist engstens mit dem Wasserhaushalt ihres Standortes verknüpft. Der Wassergehalt der Flechten ist abhängig von den jeweils herrschenden Feuchtebedingungen am Wuchsort. Bei trockenem

Witterungsbedingungen sind die Flechtenlager ebenfalls austrocknet, sie fühlen sich spröde an. Anders bei Regen, Nebel oder Taufall: Hier nehmen die meisten Flechten begierig wie ein Schwamm das Wasser auf. Ab einem gewissen Grad der Durchtränkung des Lagers „erwachen sie zum Leben“, ihre Respiration kommt in Gang und unter den entsprechenden Bedingungen werden die Flechtenalgen photosynthetisch aktiv. Sind die herrschenden Witterungsbedingungen durch Regen oder Nebel gekennzeichnet, ist es den Flechten möglich, den ganzen Tag über einen entsprechenden photosynthetischen Stoffgewinn zu erzielen. Bei Sonneneinstrahlung allerdings trocknen sie aus und gehen in einen Ruhezustand, die „Trockenstarre“ über. In diesem Zustand sind sie, wie wir später noch sehen werden, äußerst widerstandsfähig gegenüber natürlichen Streßfaktoren wie Hitze und Kälte, zeigen aber sonst keine Lebensfunktionen.

Viele Flechten sind aber auch imstande, den für die Photosynthese notwendigen Wasserbedarf anders zu decken — sie nehmen das Wasser in Dampfform auf und setzen sich in verhältnismäßig kurzer Zeit mit der Feuchtigkeit ihrer Umgebung ins Gleichgewicht. Vor allem für Flechten in Wüstengebieten und anderen ariden Zonen unserer Erde ist diese Form der Wasseraufnahme von entscheidender Bedeutung für ihr Vorkommen. Auch in unseren Regionen gibt es Flechten, die das Wasser ausschließlich in Dampfform beziehen. Sie kommen in Gebieten bzw. an Standorten mit einer im Jahresdurchschnitt hohen relativen Luftfeuchtigkeit vor. Ihr Lager ist mit tropfbar flüssigem Wasser nicht benetzbar; Vertreter dieser eigenartig organisierten Flechten bevorzugen Wuchsorte, die nicht oder nur äußerst selten von Regenwasser oder Tau benetzt werden, wie z. B. Wurzelhöhlungen, tiefe Borkenrisse und Felsüberhänge. Viele morphologische und anatomische Strukturen in den verschiedenen Flechtenlagern sind als Anpassungen an den Wasserhaushalt der Wuchsorte zu verstehen. So bevorzugen in den Alpen viele Bartflechten die wolken- und nebelreichen Lagen zwischen 1200 und 1600 Meter Seehöhe, während sich auf sonnedurchglühten Felsen zumeist nur mehr eng anliegende Blatt- und Krustenflechten finden.

Sehr schön sind die Beziehungen zwischen dem CO_2 -Gaswechsel (Respiration und photosynthetische CO_2 -Aufnahme), dem Wassergehalt der Flechtenlager und den klimatischen Faktoren wie relativer Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Lichtintensität in der Abb. 3 zu sehen. Bedingt durch die nächtliche Temperaturabnahme, die natürlich auch in den Wüsten gegeben ist, erhöht sich die rel. Luftfeuchtigkeit

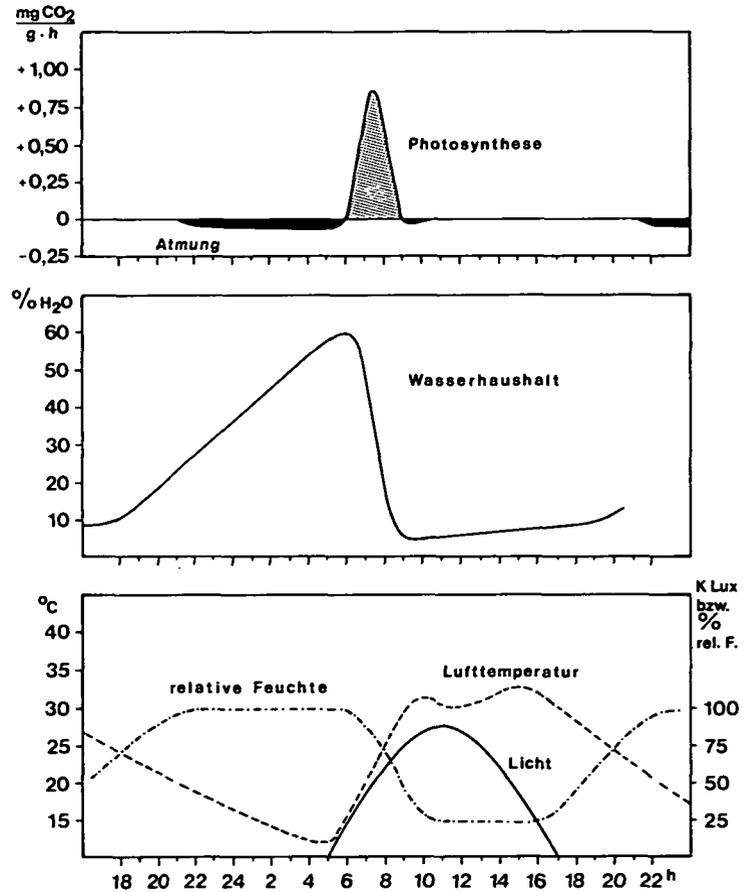


Abb. 3: Photosynthese und Dunkelatmung der Wüstenflechte *Ramalina maciformis* in Abhängigkeit von Wassergehalt, relativer Luftfeuchte, Lufttemperatur und Lichtintensität. Während der Nachtstunden nimmt die Lufttemperatur ab, die relative Feuchte steigt an und dementsprechend auch der Wassergehalt der Flechte; dadurch wird die Atmung aktiviert. Nach Sonnenaufgang wird die Photosynthese rasch in Gang gesetzt; die Erhöhung der Lufttemperatur hat eine Verminderung der relativen Feuchte zur Folge, wodurch das Lager sehr rasch an Wasser verliert und schließlich in die „Trockenstarre“ übergeht (nach LANGE und Mitarbeitern).

— die Flechten nutzen diesen Anstieg der Luftfeuchtigkeit sofort zur Aufnahme von Wasserdampf und teilweise auch von Tau, die Atmung kommt über Nacht in Gang, am Morgen beginnen die Flechten bei zunehmender Beleuchtung mit der photosynthetischen CO_2 -Aufnahme. Diese sinkt mit dem Verdunsten des Wassers aus den Thalli ab, schließlich sind die Flechten so trocken, daß sie keine meßbaren Lebensfunktio-

nen mehr erkennen lassen. Dieses von LANGE und Mitarbeitern entdeckte Reaktionsschema gilt prinzipiell auch für Flechten unserer Breiten, die an wechselfeuchten Standorten siedeln. Der photosynthetische Stoffgewinn ist für die Flechten zwar gering, aber er reicht aus, um ihnen, wenn auch ein sehr langsames Wachstum zu ermöglichen.

Von den beiden Symbiosepartnern ist es also die Alge, die die Energie in Form von Photosyntheseprodukten dem Pilzpartner zur Verfügung stellt, sie ist der produzierende Teil, der Pilz der konsumierende. Die Photosyntheseprodukte werden bei den Blaualgenflechten dem Pilz in Form von Glukose, einem monomolekularen Zucker, angeboten, bei den Grünalgenflechten in Form von Ribit, Sorbit und Erythrit, das sind Zuckeralkohole. Dabei werden interessanterweise diese Zuckeralkohole in den isolierten Flechtenalgen nicht aufgebaut, sondern andere Verbindungen. Sind sie allerdings in Verbindung mit dem Pilzpartner, synthetisieren sie diese Zuckeralkohole, die der Flechtenpilz aufnimmt und entsprechend verwertet. Dabei ist festzustellen, daß die Zellwand der isolierten Flechtenalgen weitgehend undurchlässig für die Photosyntheseprodukte ist, unter dem Einfluß des Pilzpartners erhöht sich die Durchlässigkeit der Zellwände der Flechtenalgen in einem außerordentlich hohen Maße, so daß die in der Alge gebildeten Photosyntheseprodukte rasch und in ausreichender Menge vom Pilz aufgenommen werden können (Abb. 4).

Die Voraussetzung für die gegenseitige physiologische Beeinflussung der beiden Partner ist eine möglichst enge Kontaktnahme zwischen den Algenzellen und den Pilzhyphen (= Pilzfäden). Während bei den Gallertflechten i. a. der Kontakt locker ist — die Pilzhyphen liegen nur nebeneinander — können bei anderen Flechten schon innigere Kontaktformen auftreten. Die Pilzhyphen umgeben die Algenzellen mit einem Geflecht oder sie umfassen ihre Partner mit einem dichten Netzwerk. Bei der Gattung *Cladonia* gibt es sogar Umklammerungshyphen. In manchen Fällen werden die Zellwände beider Partner eng aneinandergedrückt, mitunter sogar aufgelöst. Dennoch dringen die Pilzfäden niemals in das Zellplasma ihres Algenpartners ein.

Wachstum der Flechten

Infolge der Abhängigkeit der Photosynthese von einem entsprechenden Wassergehalt der Flechtenlager haben die Flechtenalgen nicht immer Möglichkeit, photosynthetisch aktiv zu sein; denn nicht selten sind die äußeren Bedingungen derge-

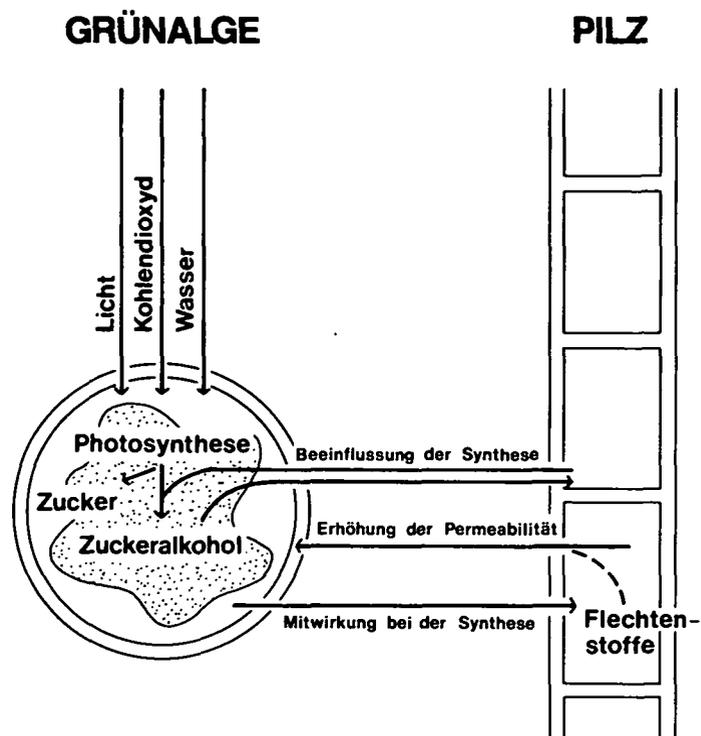


Abb. 4: Stoffwechselphysiologische Wechselbeziehungen zwischen Pilz und Grünalge. Die Alge produziert photosynthetisch aus Kohlendioxid und Wasser mit Hilfe von Lichtenergie Zuckerverbindungen. Durch in Verbindungen mit dem Pilzpartner werden diese in Zuckeralkohole umgewandelt, die der Flechtenpilz aufnehmen und verwerten kann. Zudem wird die Durchlässigkeit der Zellwand der Alge unter dem Einfluß des Pilzes erhöht; so können die in der Alge gebildeten Photosyntheseprodukte rasch und in ausreichender Menge vom Pilz aufgenommen werden (Schema nach WIRTH 1980 a verändert)

stalt, daß für die Flechten nicht genügend Wasserdampf oder Wasser in der Atmosphäre vorhanden bzw. die Temperaturen ungünstig sind. Am natürlichen Standort wechseln also Phasen mit einer mehr oder weniger hohen physiologischen Aktivität mit solchen der „Trockenstarre“ ab. Dies hat zur Folge, daß das Wachstum der Flechten i. a. nur langsam erfolgt. Je nach dem Standort und der Flechtenart liegen die jährlichen Zuwachsraten des Durchmessers und der Höhe der Lager zwischen 0,01 bis etwa 8 mm pro Jahr.

Bemerkenswert ist das Alter, das die Flechten erreichen können. Während das maximale Durchschnittsalter von mitteleuropäischen Blatt- und Strauchflechten zwischen 30 bis 50 Jah-

ren liegt — also noch relativ bescheiden ist, konnte für die Landkartenflechte (*Rhizocarpon geographicum*) auf Felsblöcken in den Vorfeldern der Alpen ein Alter zwischen 350 bis 1300 Jahre ermittelt werden. Die ältesten Flechtenlager in der Arktis werden auf 4500 Jahre geschätzt. Der Salzburger Lichenologe Roland BESCHEL (1928—1971) eröffnete durch zahlreiche vergleichende Untersuchungen die Möglichkeit, aus dem Durchmesser von Flechtenlagern auf deren Alter zu schließen. Daraus wiederum läßt sich der Zeitraum abschätzen, der zwischen der Erstbesiedlung der Unterlage und dem Zeitpunkt der Messung verstrichen ist. Mit dieser Methode — die Lichenometrie — können z. B. verschieden alte Moränen in Gletschervorfeldern datiert werden. Auch das ungefähre Alter der geheimnisvollen Steinfiguren auf den Oster-Inseln konnte durch die Lichenometrie festgestellt werden.

Flechtenstoffe

Flechten zeichnen sich durch einen besonders ausgeprägten Sekundärstoffwechsel aus. Sie synthetisieren eine Vielzahl von Inhaltsstoffen, die sonst aus keiner anderen Pflanzengruppe bekannt sind. Im Durchschnitt kann die Konzentration der Flechtenstoffe 1 bis 5 Prozent des Trockengewichtes erreichen, in Extremfällen 25 bis 30 Prozent. Die oftmals auffällige Gelb- oder Rotfärbung vieler Flechtenlager ist auf den Gehalt an dem Anthrachinon Parietin zurückzuführen.

Bis heute sind über 300 aromatische Flechtenstoffe bekannt, die aus Produkten des Sekundärstoffwechsels aufgebaut werden. Die meisten „Flechtensäuren“ sind in Wasser nur sehr schwer löslich. Sie werden im Flechtenpilz gebildet und in oder auf den Pilzhypen abgelagert. Über die Zweckmäßigkeit der Produktion dieser Flechtenstoffe in oftmals hohen Konzentrationen gibt es nur Vermutungen. Sicher ist, daß manche Flechtenstoffe, z. B. die Usninsäure, antibiotische Wirksamkeit haben, andere wiederum rufen eine deutliche Wachstumshemmung für andere Pflanzen hervor.

Ökologie der Flechten

Etwa 20.000 Flechtenarten existieren in allen klimatischen Regionen der Erde, in unseren Breiten ca. 2500 bis 3000. Der Anteil der Flechten an der Pflanzendecke wird umso höher, je unwirtlicher die Lebensbedingungen für die höheren Pflanzen sind. Dies gilt sowohl für die kalten Klimazonen der Antarktis,

Arktis und der Gebirge als auch für die trockenwarmen Zonen der Wüste.

Der Schwerpunkt der Verbreitung von Flechten liegt in den kalten Klimazonen. Hier kommt den Flechten ihre erstaunliche Widerstandsfähigkeit gegen die Kälte zugute, wodurch sie gegenüber den höheren Pflanzen im Vorteil liegen und teilweise konkurrenzstärker sind. So liegt etwa der Flechtenkoeffizient (= Zahl der Flechtenarten: Zahl der Blütenpflanzen) in Deutschland bei 0,55, in Schweden bei 0,95, auf Grönland 2,2 und in der Antarktis gar bei über 100. (2 Blütenpflanzenarten stehen dort über 350 Flechtenarten gegenüber.) Anders ist das in tropischen Gebieten: hier dominieren die höheren Pflanzen, der Flechtenkoeffizient beträgt nur 0,1.

Die hohe Widerstandsfähigkeit der Flechten gegenüber der Kälteeinwirkung zeigt sich in verschiedenen Eigenschaften dieser Organismen. So ist beispielsweise von Arten aus der Antarktis oder von höheren Gebirgslagen bekannt, daß sie Temperaturen bis zu -196°C zu überstehen vermögen — und das im feuchten Zustand, in dem sie physiologisch aktiv und damit sehr empfindlich sind. Verblüffend ist dabei die enorm rasche Normalisierung der Stoffwechselvorgänge, wenn wieder günstige Umweltbedingungen herrschen.

So dauert es nach einer Kältebehandlung von -196°C beispielsweise nur wenige Minuten, bis die Photosynthese wieder ungehindert anlaufen kann. Hervorragend gegenüber den anderen Pflanzen ist die Fähigkeit vieler Flechten, auch bei Temperaturen weit unter dem Gefrierpunkt photosynthetisch aktiv zu sein (bis -20°C) und ausreichend Kohlenhydrate für die Aufrechterhaltung der Stoffwechselvorgänge zu produzieren. (Abb. 5)

Auf der anderen Seite sind die Flechten auch gegenüber der Hitzeeinwirkung sehr widerstandsfähig. Im trockenen Zustand können sie Temperaturen bis 70°C ungeschädigt überstehen, im feuchten Zustand sind sie allerdings gegenüber der Wärmeeinwirkung sehr empfindlich. Hier liegt die Überlebensspanne zwischen $34-40^{\circ}\text{C}$. Zieht man in Betracht, daß sich die Lager dunkler Krustenflechten auf Steinen bis zu 70°C erwärmen können, so stellt die Austrocknung der Flechtenlager die Garantie für das Überleben unter diesen extremen Hitzebedingungen dar. Dies gilt sowohl für Flechten aus extrem warmen Klimaten als auch für Flechten unserer Breiten, die Standorte besiedeln, die sich unter Sonneneinstrahlung stark erwärmen können, wie z. B. Rohhumus, dunkel gefärbte Gesteinsunterlagen, südexponierte Stammoberflächen von Bäumen.

Wuchsorte von Flechten

Flechten vermögen überall dort zu wachsen, wo sie sich weitgehend ungestört entwickeln können und dem Druck der konkurrierenden höheren Pflanzen nur in geringem Maße ausgesetzt sind. Denn sie wachsen sehr langsam, viele von ihnen haben einen hohen Lichtbedarf und vertragen nur eine geringe Beschattung. So ist es nicht verwunderlich, daß in den Fichtenkulturen des Alpenvorlandes kaum Flechten anzutreffen sind. Flechten benötigen eine Unterlage (= Substrat), mit der sie mehr oder weniger verbunden sind. Fest mit der Unterlage verwachsen sind die Krustenflechten auf Gestein, Holz, Boden, eine Tatsache, die jedem forschenden Lichenologen (Flechtenforscher) die Mitnahme von „Sammelwerkzeug“ wie Hammer und Meißel, ein starkes Messer, eine Säge und einen möglichst großen Sammelsack empfiehlt. Schon so mancher Hammerschlag traf nicht den Meißel, sondern die Hand, wenn es galt, eine besonders seltene Flechtenart von einem harten Gneis-

block zu stemmen. Hier verband sich schon oft Freude mit Schmerz.

Viele Blattflechten sind mit Hilfe von Rhizinen mit der Unterlage verhaftet oder die Pilzfäden bilden einen Filz (Tomentum), der sie mit der Auflagefläche verbindet. Die Strauchflechten wachsen lose auf dem Boden, die baum- und gesteinsbewohnenden sind zumeist fest mit der Borke an einer Ansatzstelle verbunden, andere hängen nur lose von den Ästen wie z. B. *Usnea longissima*, *Evernia divaricata* oder *Alectoria sarmen-tosa*.

Grundsätzlich können Flechten auf den verschiedenartigsten Unterlagen gefunden werden, die meisten Arten zeigen eine enge Bindung an bestimmte Substrate, nur einige wenige können auf verschiedenen Unterlagen und Standorten vorkommen.

Epiphytische Flechten wachsen auf pflanzlichen Substraten, auf Baumstämmen, den Ästen, Holz, Nadeln, ja sogar auf Blättern.

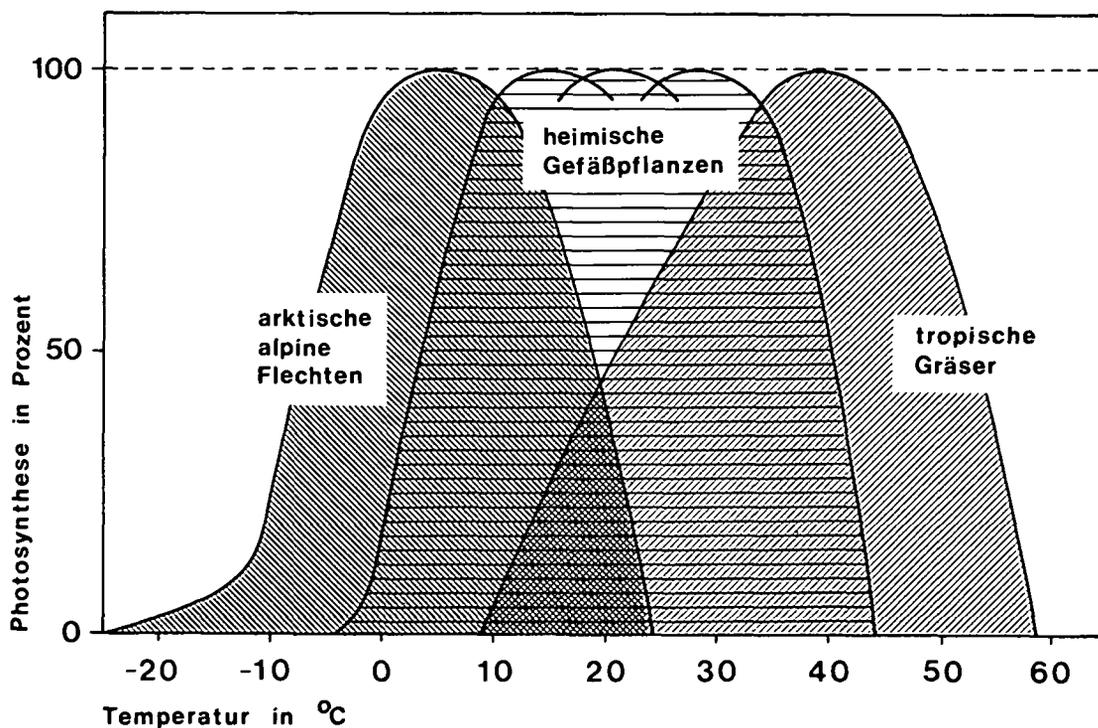


Abb. 5: Abhängigkeit der Photosyntheserate von der Temperatur. Die verschieden schraffierten Flächen kennzeichnen die Temperaturabhängigkeit der Photosyntheseleistung unterschiedlicher Pflanzentypen. Flechten zeigen das Temperaturoptimum der photosynthetischen CO₂-Bindung bei niedrigen Temperaturen (Schema nach LARCHER, verändert).

Epipetrische Flechten bevorzugen Unterlagen aus Gestein, sie wachsen auf der Gesteinsoberfläche, endolithische wiederum wachsen im Gestein (Kalkgestein) und lediglich die Fruchtkörper von unterschiedlicher Färbung deuten darauf hin, daß oftmals ganze Felswände von Flechten bewachsen sind. In den Kalkalpen (Totes Gebirge, Dachstein, siehe Abb. 6) können große Felspartien von der endolithischen Flechte *Hymenelia coerulea* bewachsen sein, die Felsen erscheinen dann bläulich gefärbt.

Auf dem Boden finden sich die „epigäischen“ Flechten ein. Wie bei den Gesteinsflechten gibt es auch hier ein hohes Maß an Spezialisierung an die chemische Beschaffenheit und den Säuregrad des Untergrundes. Viele Flechtenarten wachsen nur auf silikatischem Gestein bzw. dem Boden, der daraus gebildet wird, andere wiederum sind nur auf kalkhaltigem Substrat anzutreffen; manche zeigen schon die geringsten Kalkspuren im Untergrund an.

Eine Besonderheit sind Flechten, die nur auf schwermetallhaltigem Gestein oder auf Erzschlacken vorkommen. Standorte, an denen schwermetallhaltige Gesteinzüge anstehen, sind be-

sonders interessante Attraktionszentren für Lichenologen. Denn hier lassen sich Flechten finden, die eine hohe Spezialisierung an den Untergrund entwickelt haben, wie z. B. *Acarospora sinopica*, *Lecidea silacea* und verschiedene *Rhizocarpon*- und *Lecanora*-Arten. Der Schwermetallgehalt der Flechtenlager kann bis zu 9 % des Trockengewichtes betragen. Da Schwermetalle im allgemeinen Stoffwechselgifte sind, haben viele Flechten Mechanismen entwickelt, die aufgenommenen Schwermetalle durch Speicherung in bestimmten Schichten des Lagers zu inaktivieren.

Wie die Schwermetallflechten zeigen, gibt es Arten mit einem sehr hohen Grad der Bindung an ein bestimmtes Substrat. Das gilt nicht nur für die Schwermetallflechten, sondern auch für viele andere Arten, die z. B. — wie schon erwähnt — nur auf Kalkgestein oder nur auf Silikatgestein wachsen. Als Beispiel für eine enge Bindung an Silikatgestein sei die Verbreitung von *Lasallia pustulata* in Oberösterreich (Abb. 7) gezeigt, die nur im silikatischen Anteil (Mühlviertel, Sawwald) Oberösterreichs zu finden ist oder von *Acarospora fuscata* (Abb. 8), die außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes im Mühl-

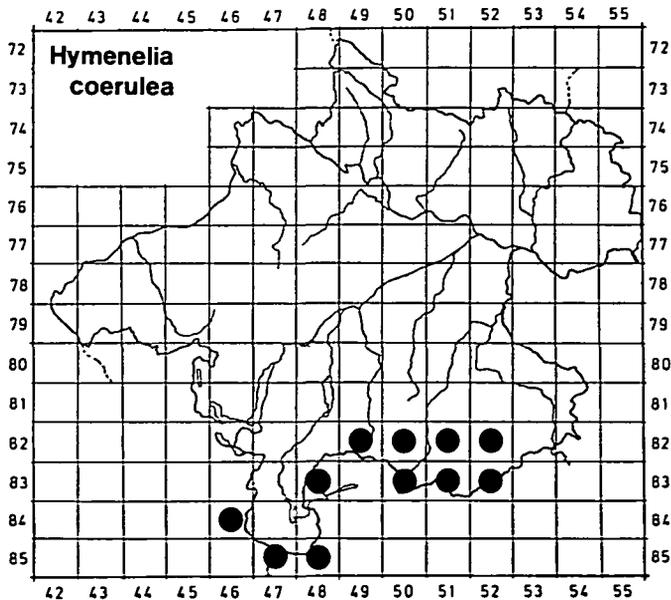


Abb. 6: Verbreitung der endolithischen Kalkflechte *Hymenelia coerulea* in Oberösterreich, ihr Vorkommen ist auf die höheren Erhebungen der Kalkgebirge beschränkt.

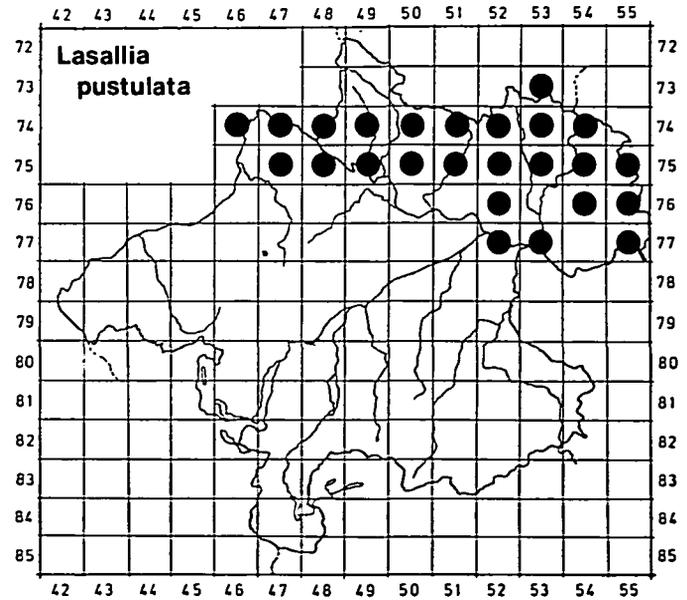


Abb. 7: Die Verbreitung von *Lasallia pustulata* in Oberösterreich spiegelt die enge Bindung an Granitgestein wider — *L. pustulata* kommt nur im Mühlviertel und im Sawwald vor.

viertel auch auf von Menschen geschaffenen Unterlagen wie z. B. Grabsteinen oder Feldsteinen aus Granit vorkommen kann und so eine Erweiterung ihres natürlichen Vorkommens erfährt. Das gleiche gilt für Flechten, die an Kalk gebunden sind, diese finden sich z. B. im Mühlviertel auf Betonmauern (z. B. *Lecanora dispersa*, (Abb. 9), Mörtel oder Eternit. Der Mensch kann also den Lebensraum für einige Flechtenarten erweitern, indem er ihnen neue Wuchsorte schafft.

Schon von weitem fallen sogenannte „Vogelblockfelsen“, die durch Exkremente von Vögeln gedüngt sind, auf. Solche Felsen sind dicht mit Vertretern der Gattung *Xanthoria*, *Caloplaca* und *Physcia* — im Hochgebirge auch *Ramalina* — bewachsen, von denen die beiden erstgenannten eine intensive Rot- bis Orangefärbung zeigen.

Während diese Flechten ihre hohen Ansprüche an die Stickstoffversorgung aus den Vogelexkrementen decken, gibt es auch Flechten, die den Luftstickstoff verwerten können. Dies gilt vor allem für jene Formen, die die Blaualgengattung *Nostoc* als Symbiosepartner haben. Denn diese Algen sind mit Hilfe von spezialisierten Zellen befähigt, den molekularen

Luftstickstoff zu binden und dem Pilzpartner in reduzierter Form verfügbar zu machen. Einige arktisch-alpin verbreitete Flechtenarten wie z. B. *Peltigera aphthosa*, *Stereocaulon*- und *Solorina*-Arten haben das Problem der Stickstoffversorgung auf besonders elegante Weise gelöst: Diese Grünalgenflechten haben bestimmte Thalluszonen entwickelt, in denen sie einen weiteren Symbiosepartner, nämlich *Nostoc*-Algen eingelagert haben (Cephalodien). Durch diesen sind sie befähigt, den gesamten Flechtenthallus sowohl mit den Photosyntheseprodukten des Grünalgenpartners als auch mit den Stickstoffverbindungen der Blaualgen zu versorgen.

Hinsichtlich der Wuchsorte sind den Flechten fast keine Grenzen gesetzt. Manche hochspezialisiert angepaßte Arten wachsen nur in der Spritzzone der Meeresküsten, andere auf Steinen im Süßwasser, oder wiederum auf anderen Flechten — das sind parasitische Flechten, die der befallenen Wirtsflechte vor allem die Algen „rauben“ und die Wirtsflechte zum Absterben bringen können, wie z. B. *Lecidea insidiosa*, die auf *Lecanora varia* parasitiert.

Flechten haben im allgemeinen keine schädigende Wirkung

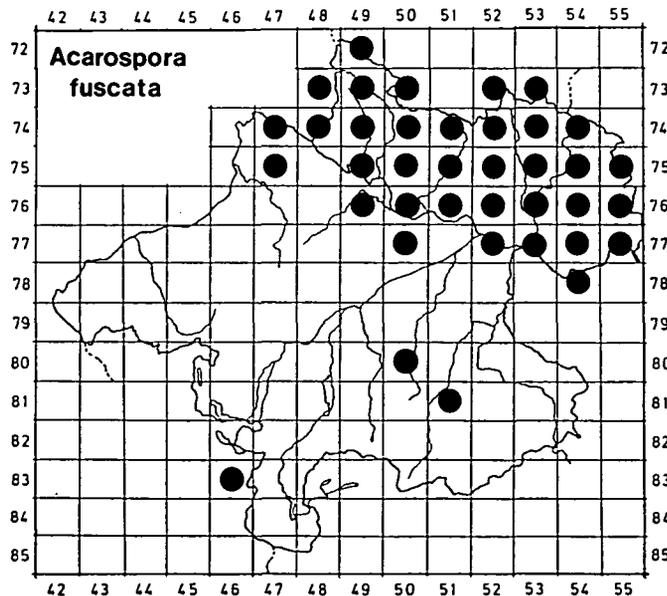


Abb. 8: Verbreitung von *Acarospora fuscata* in Oberösterreich. *A. fuscata* ist auf gedüngtem Silikatfels häufig anzutreffen, außerhalb ihres Hauptverbreitungsgebietes im Mühlviertel wächst sie auf Grab- und Grenzsteinen aus Granit.

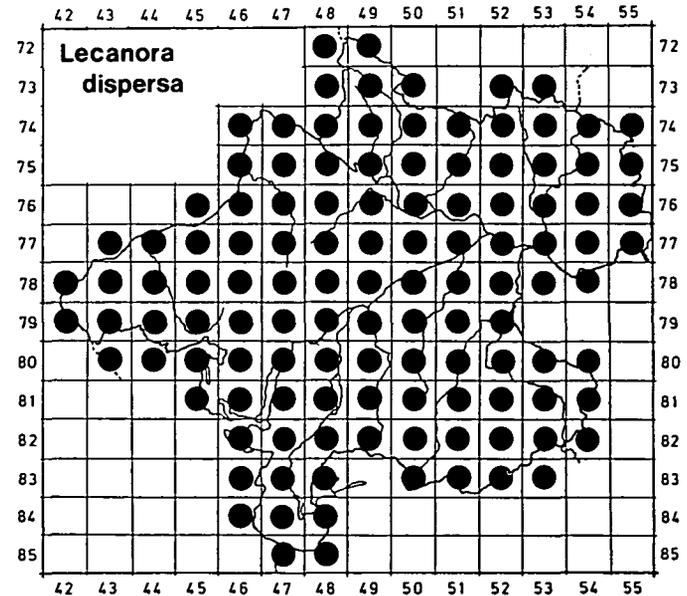


Abb. 9: Verbreitung von *Lecanora dispersa* in Oberösterreich. Diese von Natur aus auf kalkhaltigem Untergrund vorkommende Flechte erfährt eine Ausweitung ihrer natürlichen Wuchsmöglichkeiten durch den Menschen; sie ist heute auf Mörtel, Dachschindeln und Betonmauern fast überall zu finden.

auf ihre Unterlage; weder die baumbewohnenden Flechten, die in manchen Gegenden fein säuberlich von den Stämmen der Obstbäume entfernt oder durch einen Kalkanstrich in ihrer Entwicklung gehemmt werden, noch die bodenbewohnenden und die meisten gesteinsbewohnenden. Den Unmut von Kunstbeflissenen rufen Flechten allerdings hervor, wenn sie auf alten, oftmals sehr wertvollen Glasfenstern wachsen und dort die Oberflächen anätzen und aufräumen.

Als Erstbesiedler von Gestein, Rohboden und auf Baumborke haben Flechten eine sehr große Bedeutung im Mineralstoffkreislauf der Natur. Mittels der Flechtensäuren ist es ihnen möglich, selbst harte Quarze anzulösen und so die oberflächliche Verwitterung zu fördern. Flechten gehören aus diesem Grunde und wegen ihrer hohen Widerstandsfähigkeit gegenüber den natürlichen Streßfaktoren (Kälte, Hitze, Trockenheit) zu den „Pionierpflanzen“.

Flechten als Bioindikatoren

Trotz ihrer enormen Widerstandsfähigkeit gegenüber natürlichen Umwelteinflüssen sind diese Organismen äußerst empfindlich gegen die durch den Menschen bewirkten Veränderungen ihres Lebensraumes. Vor allem forstliche Maßnahmen wie Kahlschlag und Wiederaufforstung mit Monokulturen haben den Lebensraum vieler baumbewohnender Flechtenarten stark eingeschränkt, da sie die ihnen gemäßen ökologischen Bedingungen nicht mehr vorfinden. Auch das gezielte Schlägern alter Bäume und das Fehlen von Baumleichen führte zu einem starken Rückgang einiger spezialisierter Arten, die früher noch häufig in unserem Gebiet anzutreffen waren. Aber auch der Forststraßenbau, der Straßenbau im allgemeinen, das Anlegen von Liften und Schipisten engen die Wachstumsmöglichkeiten für viele Flechtenarten ein.

So ist das Verschwinden von *Usnea longissima* (Abb. 10) und *Lobaria pulmonaria* (Abb. 11) auf diese Eingriffe zurückzuführen.

Verheerend auf Flechten wirken sich aber Luftverunreinigungen aus, die von industriellen Abgasen, dem Hausbrand und dem Kraftfahrzeugverkehr stammen. Es gibt in Mitteleuropa bereits weite Gebiete, in denen empfindliche Flechtenarten fast völlig verschwunden sind. Schon über hundert Jahre ist es bekannt, daß Flechten in städtischen und industriellen Ballungsräumen nur ein kümmerliches Dasein führen, ja gebietsweise völlig fehlen. Durch exakte Untersuchungen über die Verbreitung, Häufigkeit, äußeres Erscheinungsbild und die Form der

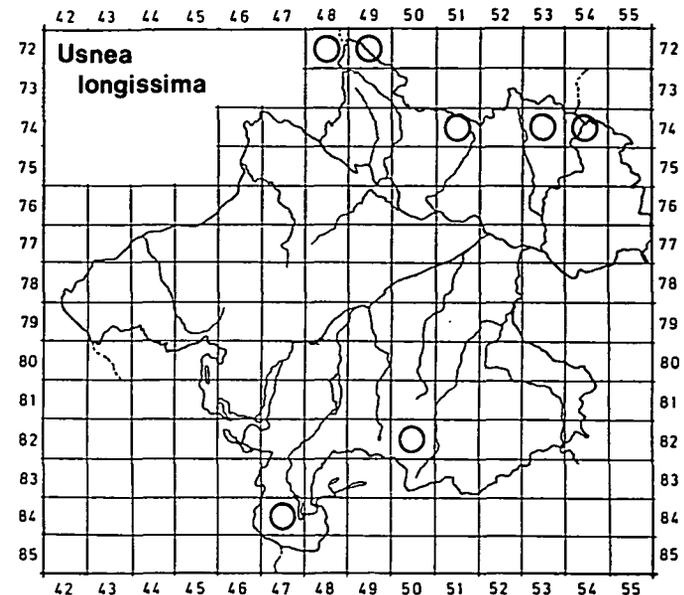


Abb. 10: Verbreitung von *Usnea longissima* in Oberösterreich vor 1900; diese schöne Flechte ist heute in Oberösterreich ausgestorben.

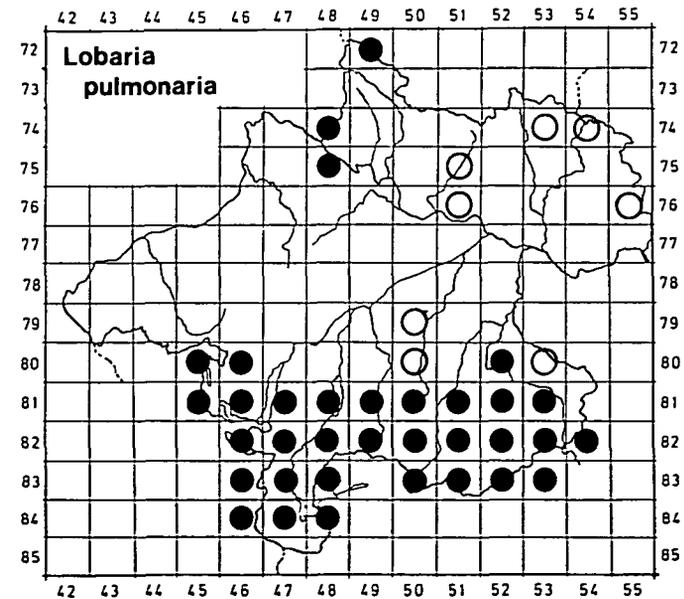


Abb. 11: Verbreitung von *Lobaria pulmonaria* in Oberösterreich (Kreise: Funde vor 1900, Punkte: Funde nach 1950); diese Art ist besonders im Mühlviertel und im Alpenvorland in starkem Rückgang.

Schädigung baumbewohnender Flechten lassen sich genaue Aussagen über die Konzentration und die flächenmäßige Ausbreitung der Luftverunreinigungen gewinnen — Flechten sind somit ideale Zeigerpflanzen (= Bioindikatoren) für die Belastungssituation der Luft, vor allem für SO₂ (Schwefeldioxid).

So ist es nur selbstverständlich, daß baumbewohnende Blatt- und Strauchflechten in den Industriezonen des oberösterreichischen Alpenvorlandes (z. B. Linz, Lenzing, Steyermühl) fast gänzlich ausgerottet sind. Wie weitreichend die Luftverunreinigungen sind, zeigt der dramatische Rückgang der Flechtenflora im Mühlviertel innerhalb der letzten zwei Jahre.

Neben den baumbewohnenden Flechten, die in dieser Region bei gleichbleibender Belastung wahrscheinlich innerhalb der nächsten fünf Jahre vernichtet sein werden, sind auch die widerstandsfähigeren Boden- und sogar Gesteinsflechten in ihrer Existenz gefährdet. Ausbleichen und krankhafte Verfärbung der Lager, Wuchsabnormitäten und der Zerfall der Thalli belegen eine starke Belastung der Luft mit Schadstoffen, die, wie nach dem bisherigen Zonierungsverlauf der Schädigungsstufen zu schließen ist, zum Großteil von Emissionsquellen im benachbarten Ausland stammen.

Andererseits soll nicht unerwähnt bleiben, daß Flechten in ehemals stark belastete Gebiete wieder einwandern können, wenn der Belastungsgrad der Atmosphäre durch drastische Maßnahmen zur Luftreinhaltung deutlich herabgesetzt wird. Dies konnte z. B. im Stadtgebiet von München und in der Umgebung einiger Industrieanlagen in Österreich beobachtet werden. Sind aber Flechtenarten einmal gänzlich ausgestorben, gehen Bausteine der Ökosysteme für immer verloren.

Die bisher genannten menschlichen Eingriffe in das Naturgefüge dürfen nicht für sich allein betrachtet werden, sie alle wirken in vielfältiger Weise zusammen und führen zu einer Verarmung der Flechtenflora. Daraus geht hervor, daß ein Schutz einzelner Arten weitgehend sinnlos ist und nur die Erhaltung großflächiger, naturbelassener Ökosysteme bzw. die Schaffung naturnaher Lebensräume (z. B. Umstrukturierung von Fichtenmonokulturen in Mischwälder) — verbunden mit angemessenen Formen der Bewirtschaftung — ein Überleben vieler Flechtenarten sichern kann. Wie die floristische Flechtenkartierung in Oberösterreich deutlich zeigte, ist eine artenreiche, vitale Flechtenvegetation ein untrügliches Zeichen für die hohe Qualität von Ökosystemen.

Danksagung

Wir danken Herrn Mag. Hans BURGSTALLER für die Anfertigung einiger Mikroaufnahmen, Frau Dr. Elfie STOCKER und Frau Elke BLIEBERGER für die Mithilfe bei der Vorbereitung des Manuskriptes.

Schrifttum

(Verwendete Literatur und weiterführende Publikationen)

- AHMADJIAN, V. & HALE, M. E. (1973): The Lichens. — Academic Press, New York-London, 697 pp.
- FEIGE, G. B. & KREMER, B. P. (1979): Flechten — Doppelwesen aus Pilz und Alge. — Kosmos, Stuttgart, 72 pp.
- HAWKSWORTH, D. L. & ROSE, F. (1976): Lichens as pollution monitors. — Studies in Biology Nr. 66, Edward Arnold, London, 59 pp.
- HENSEN, A. & JAHNS, H. M. (1974): Lichenes. — G. Thieme, Stuttgart, 467 pp.
- JAHNS, H. M. (1980): Farne—Moose—Flechten. — BLV, München, Wien, Zürich, 256 pp.
- LANGE, O. L. & BERTSCH, A. (1965): Photosynthese der Wüstenflechte *Ramalina maciformis* nach Wasserdampfaufnahme aus dem Luftraum. — Naturw. 52: 215—235
- LARCHER, W. (1976): Ökologie der Pflanzen. — Ulmer, Stuttgart, 320 pp.
- POELT, J. (1969): Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. — Cramer, Lehre, 757 pp.
- POELT, J. (1975): Basidienflechten, eine in den Alpen lange übersehene Pflanzengruppe. — Jahrb. Ver. Schutze Alpenpflanzen und -Tiere 40: 1—16
- TÜRK, R. & WITTMANN, H. (1984): Atlas der aktuellen Verbreitung von Flechten in Oberösterreich. — Stapfia 11: 1—98
- TÜRK, R. & WITTMANN, H. (1986): Rote Liste gefährdeter Flechten (Lichenes) Österreichs. — Herausgeg. vom Bundesministerium f. Gesundheit und Umweltschutz, in Druck.
- WIRTH, V. (1980): Flechten. — Stuttgarter Beitr. Naturk. 12: 1—36
- WIRTH, V. (1980b): Flechtenflora: Ökologische Kennzeichnung und Bestimmung der Flechten Südwestdeutschlands und angrenzender Gebiete. — Ulmer, Stuttgart, 552 pp.

Adresse der Autoren:
Dr. Roman TÜRK
Dr. Helmut WITTMANN
Institut für Botanik
Universität Salzburg
Lasserstraße 39
A-5020 Salzburg
Austria

Bildnachweis: Wenn nicht anders vermerkt, stammen die Fotos von den Verfassern. ▶



1 ▲ ▼ 2

Bild 1:

Verschiedene Krustenflechten auf einer Quarzittafel: *Lecidea armeniaca* (Mitte), *Rhizocarpon geographicum* (gelb) und *Sporastatia polyspora* (dunkelgrau).

Bild 2:

Alectoria nigricans über dem Zwergstrauch *Salix herbacea* (Krautweide). Die Flechte (dunkle Fäden) tritt in heftige Konkurrenz mit der Gefäßpflanze.

Bild 3:

Verschiedene Bartflechten (*Usnea*- und *Bryoria*-Arten) auf dem abgestorbenen Ast einer Birke.

Bild 4:

Die Krustenflechte *Chrysothrix candelaris* kann Baumstämme bis in den Kronbereich mit ihrem gelben, staubigen Lager überziehen.

Bild 5:

Das Lager von *Caloplaca nubigena* ist völlig in das Kalkgestein eingesenkt; nur die orangen Fruchtkörper dringen an die Gesteinsoberfläche (Foto: BURGSTALLER).

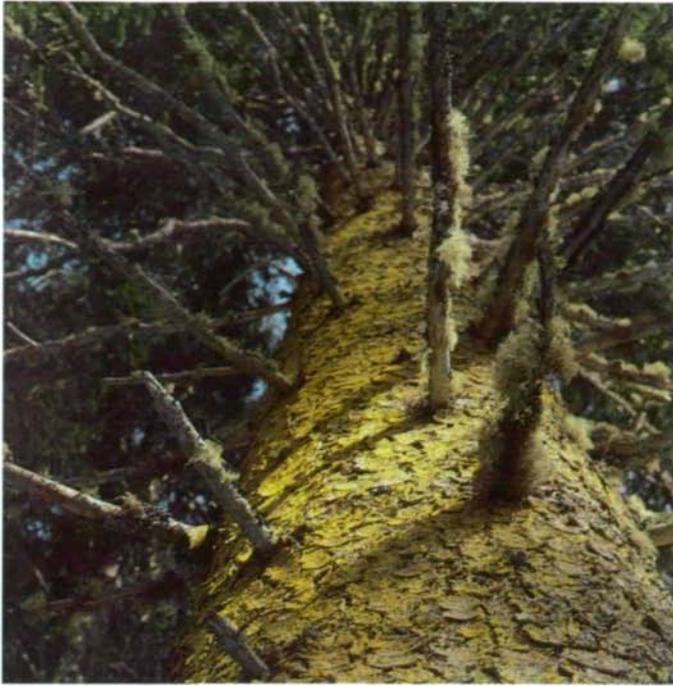
Bild 6:

Caloplaca biatorina, eine placodiata Krustenflechte auf meist überhängenden Kalkfelsen (Foto: BURGSTALLER).

Bild 7:

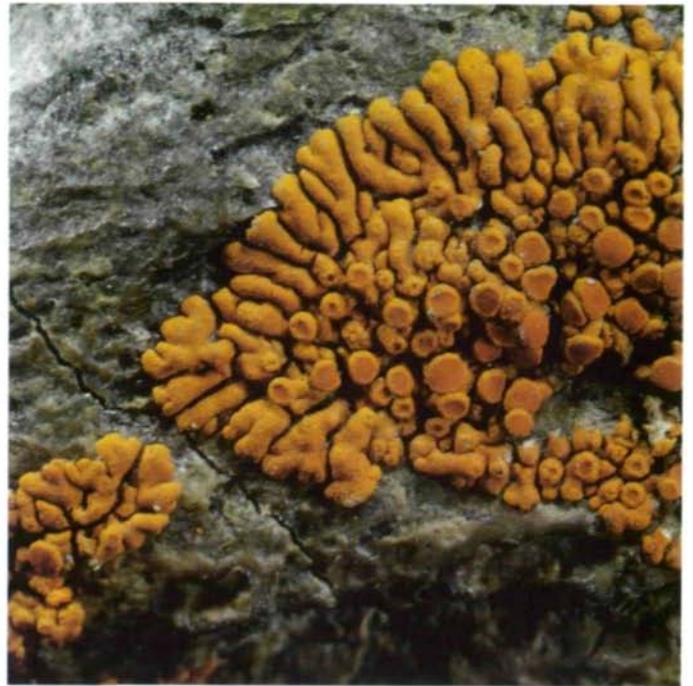
Die „Mauerflechte“ *Lecanora muralis* ist eine der häufigsten Flechten auf anthropogenen Substraten.





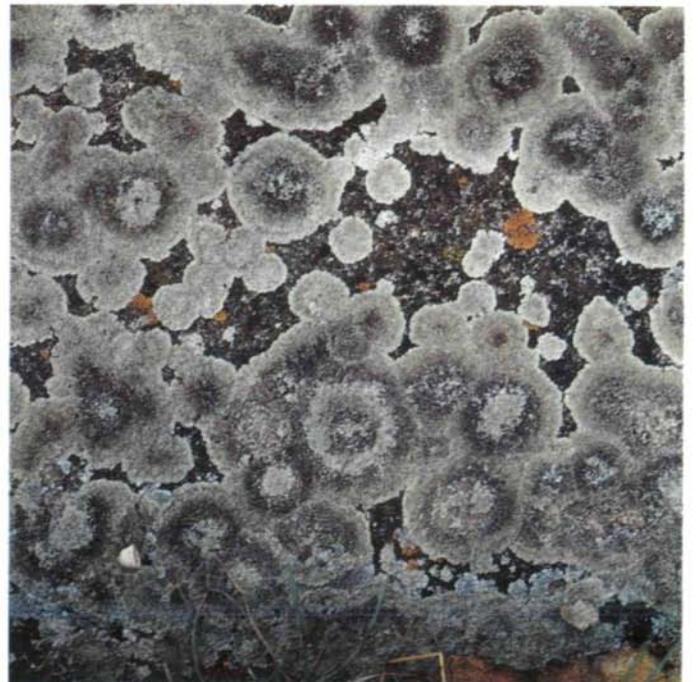
4 ▲

▼ 5



6 ▲

▼ 7



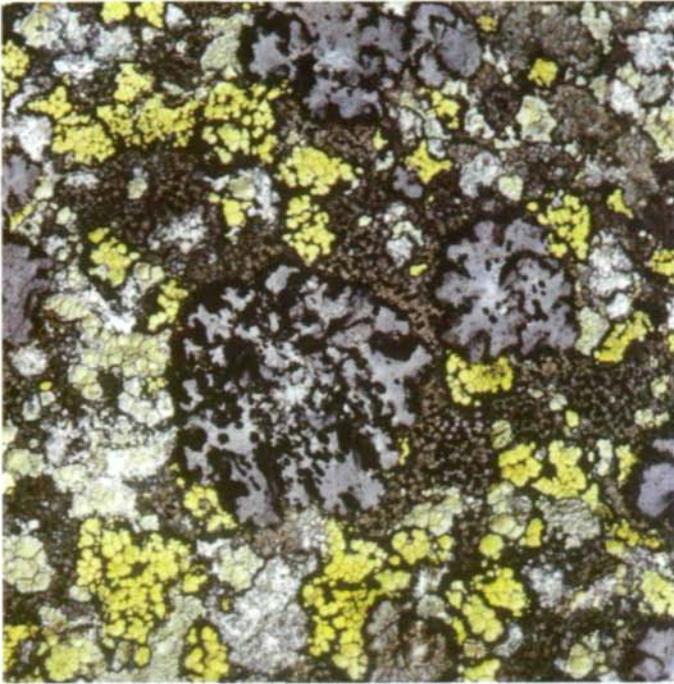


Bild 8:
Die Nabelflechte *Umbilicaria cylindrica* zwischen verschiedenen Krustenflechten.

Bild 9:
Peltigera aphthosa, eine der größten europäischen Bodenflechten.

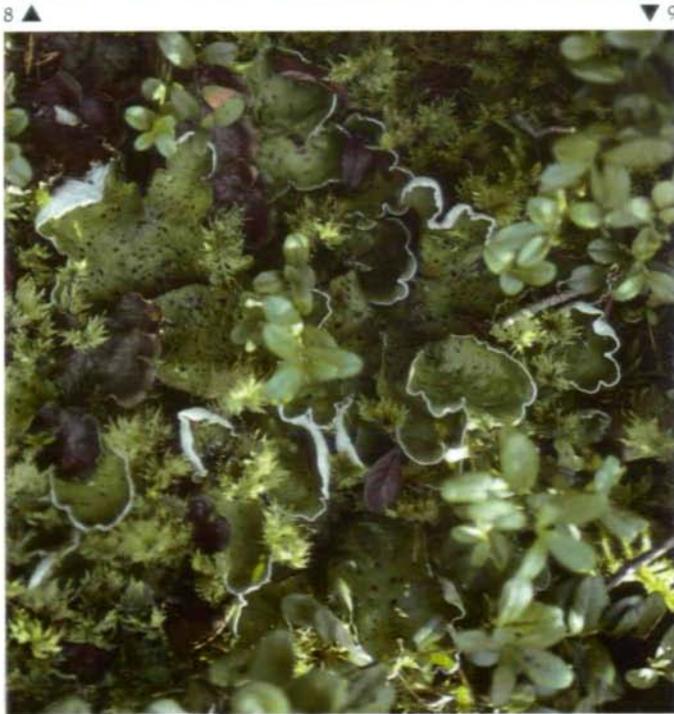
Bild 10:
Die „Safranflechte“ *Solorina crocea* wächst in feuchten, oft lange Zeit schneebedeckten Mulden der alpinen Stufe.

Bild 11:
Collema auriculatum: Gallertflechten quellen bei Befeuchtung stark auf und zeigen ihr typisches „gallertiges“ Aussehen.

Bild 12:
Pseudevernia furfuracea ist eine häufige Strauchflechte auf Nadelbäumen.

Bild 13:
Die Strauchflechte *Cladonia sulphurina* wächst auf Faulholz und Rohhumus.

Bild 14:
Die Ständerpilzflechte *Omphalina hudsoniana*: aus den lichenisierten, grünen Lagerschuppen erheben sich die „schwammerlförmigen“ Fruchtkörper.





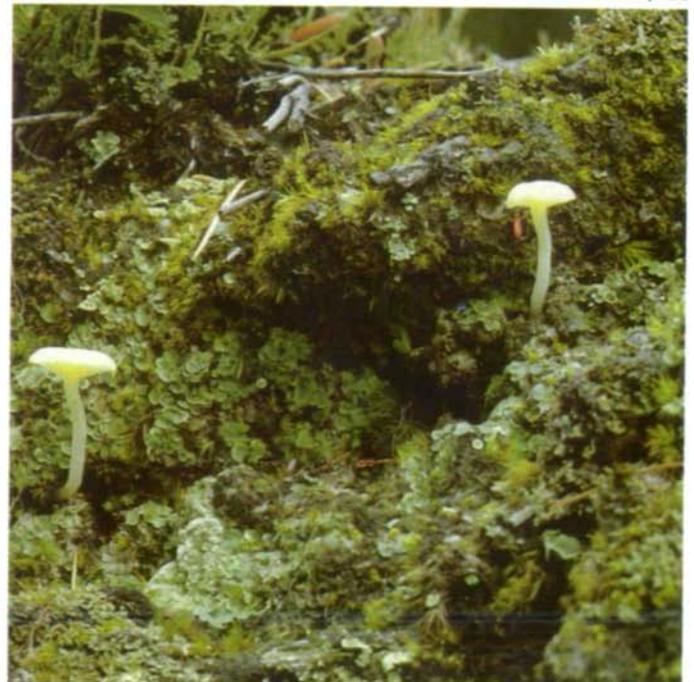
11 ▲

▼ 12



13 ▲

▼ 14



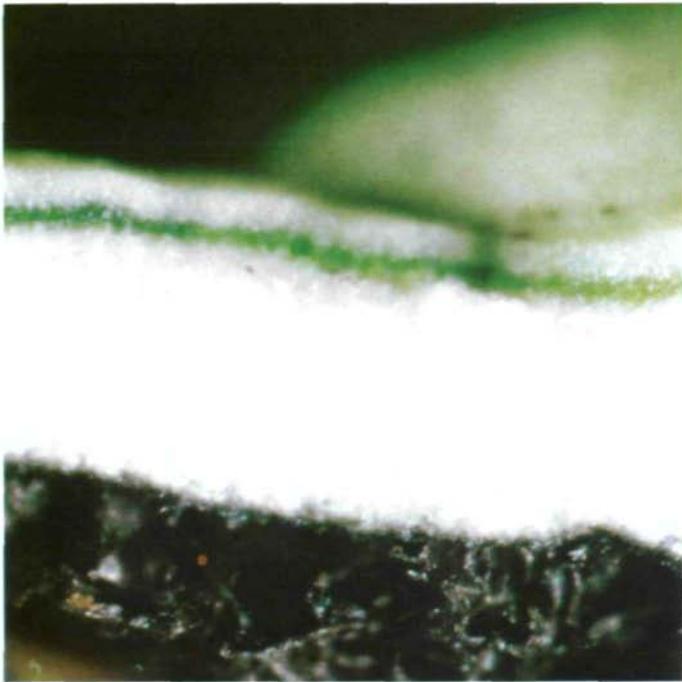


Bild 15:

Querschnitt durch das Lager der Blattflechte *Nephroma arcticum*; deutlich sind die obere Rinde, die grüne Algenschicht und das weiße Mark zu erkennen (Foto: BURGSTALLER).

Bild 16:

Fruchtkörper der bodenbewohnenden Bartflechte *Alectoria ochroleuca*.

Bild 17:

Gelb gefärbte Fruchtkörper von *Candelariella aurella*. (Foto: BURGSTALLER).

Bild 18:

Cyphelium tigillare besiedelt gerne hartes, entrindetes Holz von Zirben, Fichten und Lärchen (Foto: BURGSTALLER).

Bild 19:

Die „stecknadelförmigen“ Fruchtkörper von *Calicium viride* sind nur wenige Millimeter hoch (Foto: BURGSTALLER).

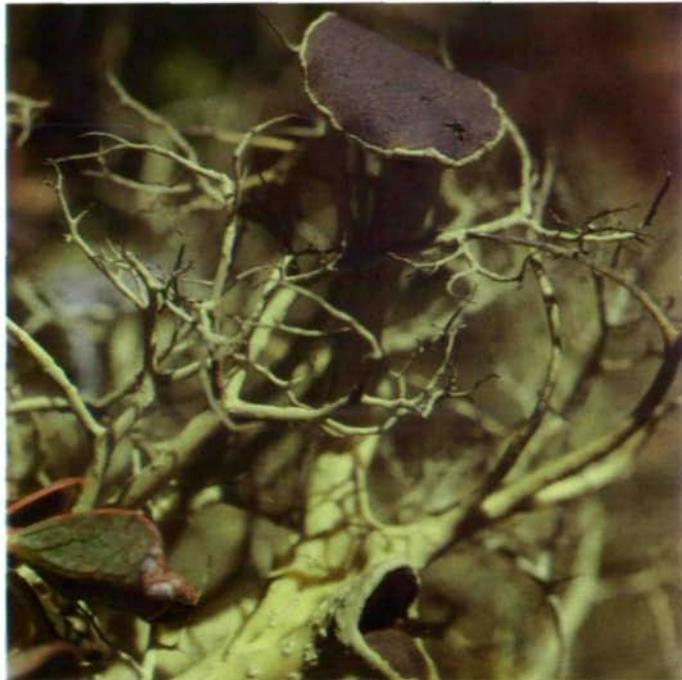
Bild 20:

Korallinische Isidien der Blattflechte *Parmelia saxatilis* (Foto: BURGSTALLER).

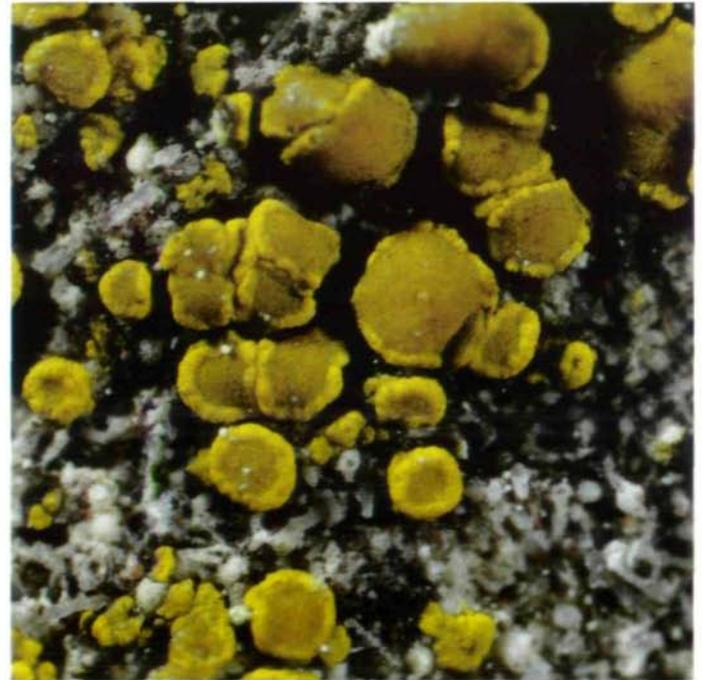
Bild 21:

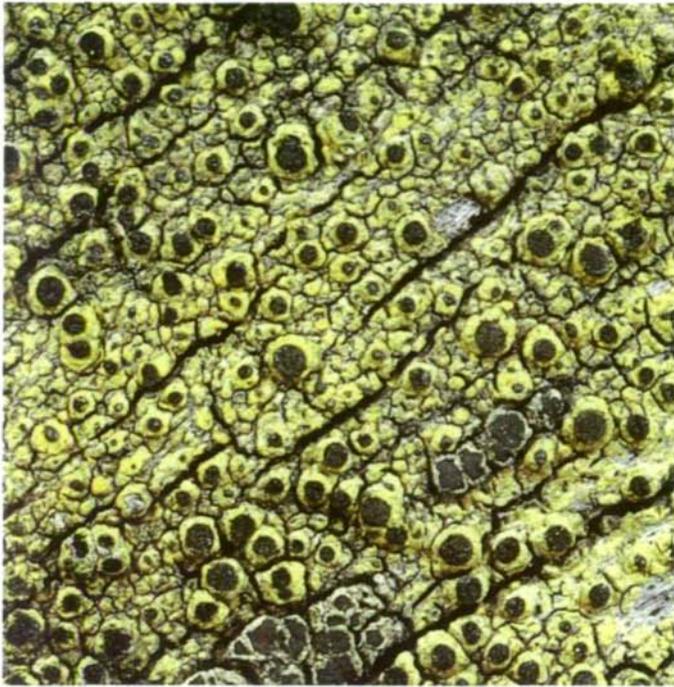
Sorale (staubförmige Aufbrüche) von *Peltigera spuria*.

15 ▲ ▼ 16



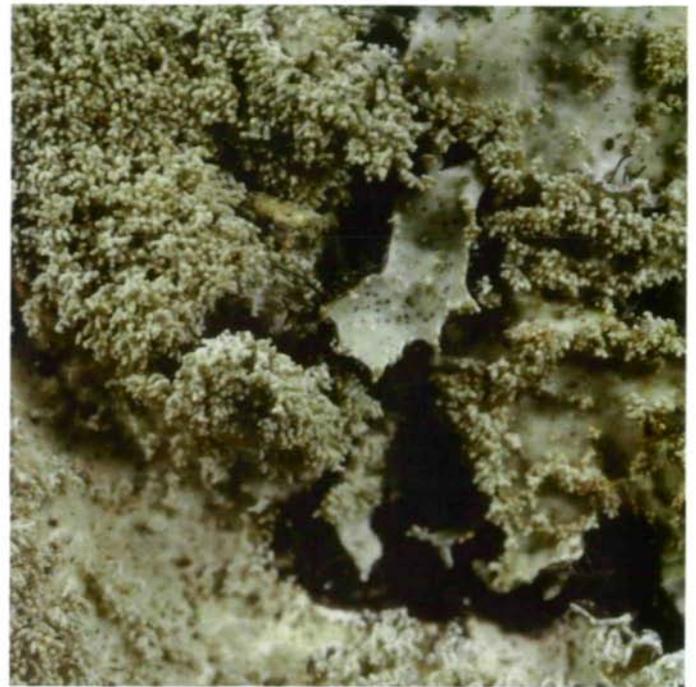
▼ 17





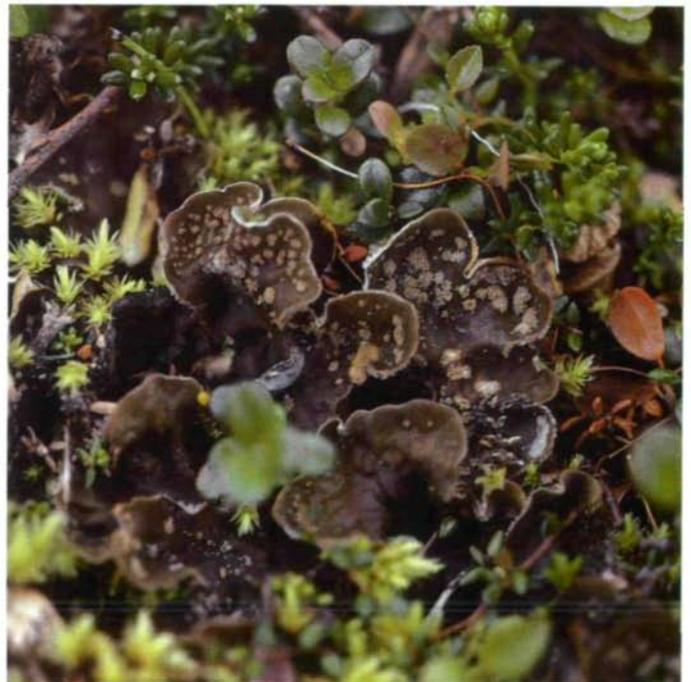
18 ▲

▼ 19



20 ▲

▼ 21





22 ▲

▼ 23



Bild 22:

Hypogymnia atrofusca. Verschieden alte Lager wachsen in Form von konzentrischen Kreissegmenten durch mehrmalige Neubesiedlung des Ausgangsortes.

Bild 23:

Durch Vogelkot gedüngter Fels mit *Ramalina capitata* (gelbgrau, strauchig, auf Kulmfläche), *Xanthoria elegans* (orange), *Dimelaena oreina* (graugelbe Kruste) und *Umbilicaria cylindrica* (schwärzliche Nabelflechte).

Bild 24:

Nostoc-haltige Cephalodien auf der Lageroberfläche der Grünalgenflechte *Peltigera aptosa* (Foto: BURGSTALLER).

Bild 25:

Die napfförmigen, gelben Fruchtkörper von *Lecanora varia* sind teilweise von den schwarzen, halbkugeligen Apothecien der parasitischen Flechte *Lecidea insidiosa* befallen (Foto: BURGSTALLER).

Bild 26:

Die Bartflechte *Usnea longissima* ist in Oberösterreich ausgestorben (siehe Ausstellung Punkt 25).

Bild 27:

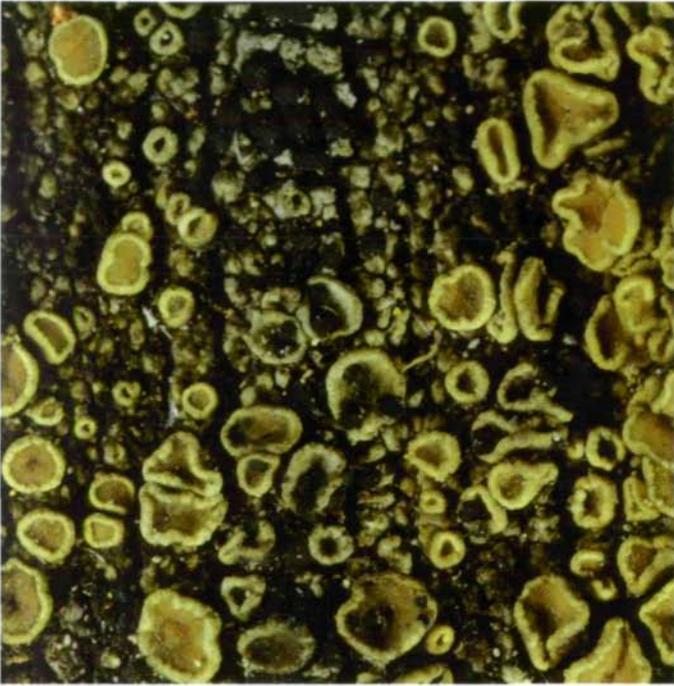
Lecanora muralis und andere Krustenflechten bilden ein buntes Mosaik.

Bild 28:

Lecanora dispersa eine weit verbreitete und häufige Art, wächst zusammen mit einer organen *Caloplaca*-Art auf Kalkstein.



▼ 24



25 ▲

▼ 26



27 ▲

▼ 28



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1986

Band/Volume: [0005](#)

Autor(en)/Author(s): Türk Roman, Wittmann Helmut

Artikel/Article: [Die Bunte Welt der Flechten- Eine Einführung 5-25](#)