1. DIE HALBINSEL CHASTÈ

Besondere Lage

Das Untersuchungsgebiet liegt im Oberengadin, in der Gemeinde Sils, Kanton Graubünden. Es ist die Halbinsel Chastè, die sich zwischen Sils-Maria und Sils-Baselgia wie ein Finger in den Silsersee schiebt. Sie ist ca. 800 m lang und ca. 200 m breit.

Halbinsel Chastè – Blick von Norden

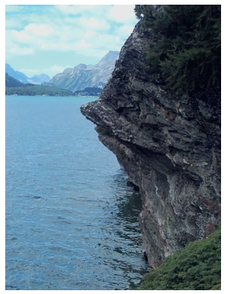
Die besondere Lage der Halbinsel verschafft der Flechtenvegetation in hohem Masse Urtümlichkeit und Konstanz insofern, als

- das die Halbinsel umschliessende Wasser als natürliche Barriere gegen verschiedenste Fremdeinträge wirkt
- landwirtschaftliche Einträge fehlen (Düngung, Weidegang)
- menschliche Eingriffe in die Ökologie der Insel stets minimal blieben und bleiben werden. (Schutzgebiet/Bauverbot)

Angesichts dieser Einschränkung von Fremdeinflüssen dürften es vorab Klima und Luftqualität sein, die für künftige Veränderungen der Flechtenflora auf Chastè ausschlaggebend sind.

Der Fels unter der Halbinsel Chasté besteht aus metamorphem Silikatgestein (Granodiorit) mit einem SiO2-Gehalt von 63-68% und reagiert dementsprechend sauer. Die einheitlichen chemisch-physikalischen Eigenschaften des Untergrunds bestimmen massgeblich die botanische Vielfalt auf der Halbinsel, namentlich auch jene der Flechtenvegetation.

Die streckenweise fast senkrecht in den See abfallenden Ufer der Halbinsel sind oft unbegehbar und nur vom See her mit dem Ruderboot zugänglich.



▲ *Besonnte Gebirgs-magerrasen auf der Südseite*

▲ *Schroffe Felsufer der Südseite*

◀ *Schattige Felsklüfte auf der Nordseite*

◀ *Unbegehbare Steilhänge der Nordseite*

Die Vegetation

- Die vorherrschende Waldgesellschaft ist der Lärchen-Arvenwald in verschiedenen Ausprägungen.
- Fichten und Vogelbeerbäume sind bei Übergängen der Topografie (Mulden- und Kuppenlagen) häufig anzutreffen.
- An steilen Hängen des Südufers wächst Gebirgs-Magerrasen
- In Muldenlagen finden sich Hochmoore

◀ ▲ *Der Lärchen-Arvenwald ist die vorherrschende Waldgesellschaft auf der Halbinsel Chastè*

▲ *Gebirgs-Magerrasen zieren die steil abfallenden Ufer*

◀ *Kleine Moore träumen im Inneren der Halbinsel*

Klima/Hydrologie

- **Klima:** Kontinental, subalpin. (Raues Klima des Oberengadins)
- **Jahresdurchschnittstemperaturen (1981-2010)**: Um die 3° C
- **Vegetationsperiode:** Häufig nicht mehr als 120 Tage.
- **Niederschläge (1981-2010):** 1'011mm/Jahr

(Daten Pro Silva Helvetika)

2. BAU UND LEBEN DER FLECHTEN

2.1. Symbiose und Selektivität

Symbiose
Die Bezeichnung „Flechten" (Lichenes) steht für eine Pilzgruppe, die mit Algen zusammenlebt und mit diesen „verflochten" ist. Diese zwei ganz verschiedenen Organismen leben in engem Kontakt – in Symbiose – zusammen.

- Der Pilz schützt die Alge vor raschem Wasserverlust, vor intensiver Sonnenbestrahlung und vor leichtem Zugriff algenfressender Tiere.
- Die Alge liefert mit Hilfe ihrer Fotosynthese die notwendigen Kohlenhydrate, auf die der Pilz für seine Existenz angewiesen ist.

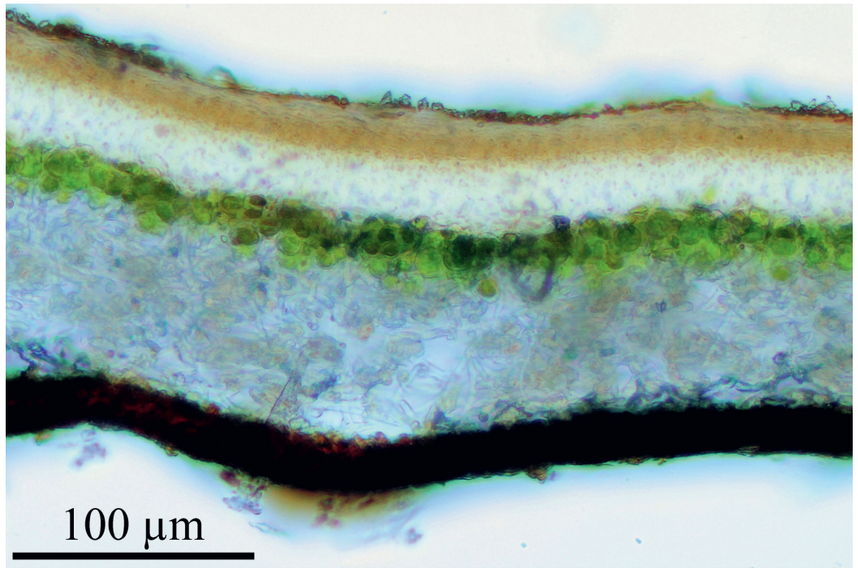


Abb. 1
Schnitt durch eine Blattflechte: Pilz und Alge vereint.
(Dietrich & Danner 2014)

Die Ober- und Unterrinde des Blattflechtenlagers wird durch ein kompaktes Pilzhyphengeflecht gebildet. Dazwischen liegt die Markschicht aus locker angeordneten Pilzhyphen. Die grüne Algenschicht liegt zwischen Oberrinde und Markschicht.

90% der flechtenbildenden Algen gehören zu den Grünalgen, ca. 10% zu den Cyanobakterien, auch Blaualgen genannt.

Bei ca. 4% der Flechten sind Grünalgen und Blaualgen gemeinsam an der Bildung des Flechtenlagers beteiligt. Als dunkle Flecken (Cephalodien) erscheinen die Blaualgen dann auf oder im sonst mit Grünalgen gebildeten Flechtenlager.

Abb. 2
Furchen-Schlüsselflechte mit Grünalgen

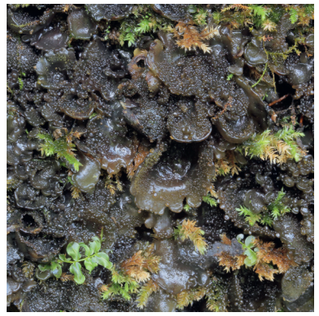


Abb. 3
Ohrförmige Leimflechte mit Blaualgen
Foto: Michael Dietrich

Abb. 4
Adrige Apfelflechte mit Grün- und Blaualgen (Cephalodien)

Mit Hilfe der Symbiose haben die beteiligten Pilze und Algen ihre ökologischen Möglichkeiten immens erweitert und sind in der Lage, Standorte zu besiedeln, die sie allein nicht erfolgreich einnehmen könnten.
So sind Flechten extrem unempfindlich gegen Kälte und Hitze, sie können Temperaturen von +70 Grad Celsius und -75 Grad Celsius ohne Anzeichen von Schädigung überleben. Die Folge ist, dass ihr Anteil an der Gesamtvegetation in Gebieten mit extremen klimatischen Bedingungen zunimmt.

Die Doppelnatur der Flechten (Pilz und Alge) ist äusserlich nicht erkennbar. Flechten besitzen mit keinem der sie aufbauenden Partner eine Ähnlichkeit. Der Pilzpartner bestimmt zwar grundsätzlich die Gestalt der Flechte. Trotzdem besteht eine enorme Formvielfalt wie untenstehende Fotos zeigen!

Abb. 5
Becherflechte

Abb. 6
Isländisch Moos

Abb. 7
Gedunsene Schildflechte

Selektivität

Einerseits leben Flechten autark und nicht auf Kosten ihrer Substrate. Das lebensnotwenige Wasser entnehmen sie aus der unmittelbaren Umgebung (Luft, Nebel, Regen).

Andererseits wählen sich die Flechten ihre Standorte aufgrund chemischer und physikalischer Eigenschaften, insbesondere auch aufgrund des Säuregehaltes (pH) der Substrate. Auch Temperatur, Feuchtigkeit und Einstrahlungsverhältnisse haben Einfluss auf die Standortwahl der Flechtenarten.

Abb. 8
Die Gewöhnliche Lederflechte bevorzugt subneutrales Gestein

Abb. 9
Die Sickerwasser-Nabelflechte bevorzugt saures Silikatgestein

2.2. Wuchsformen

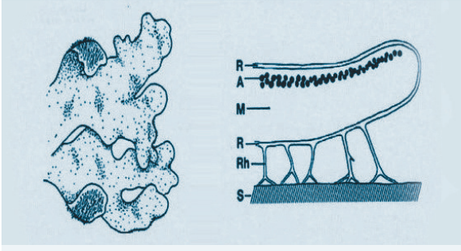
Nach ihrer Wuchsform unterscheiden wir Blatt-, Strauch-, Bart- und Krustenflechten.

Flechten gehören von ihrem Aufbau her zu den sogenannten Lagerpflanzen. (Thallophyten, Thallus = Lager). Ihre Thalli sind sehr vielgestaltig und nicht in Wurzel, Stamm und Blatt gegliedert wie bei Farnen und höheren Pflanzen.

Blattflechten

Das geschichtete blättrige Lager ist zumeist vom Substrat abgehoben, verankert mittels Rhizinen.

Blattflechte *(aus Türk & Wittmann 1986)*

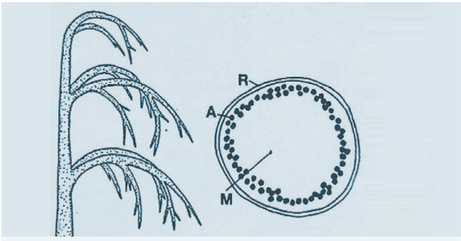


Legende:
R=Rinde, A=Algenschicht, M=Mark, Rh=Rhizine, S=Substrat

Strauchflechten

Sie wachsen zumeist vom Substrat aufrecht abstehend.

Strauchflechte *(aus Türk & Wittmann 1986)*

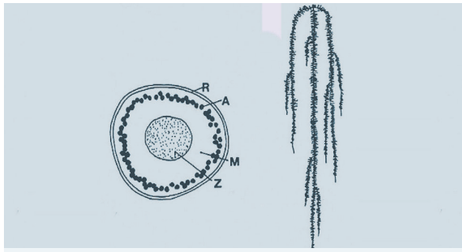


Legende:
R=Rinde, A=Algenschicht, M=Mark

Bartflechten

Bartflechten sind Strauchflechten, die an den Ästen oder am Stamm von Bäumen hängen, seltener auch auf Felsen wachsen.

Bartflechte *(aus Türk & Wittmann 1986)*

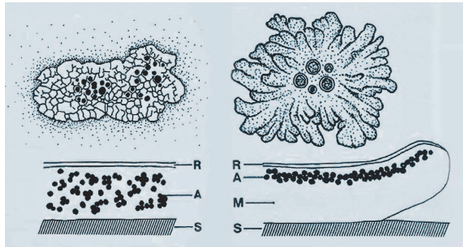


Legende:
R=Rinde, A=Algenschicht, M=Mark, Z=Zentralstrang

Krustenflechten

Die Lager der Krustenflechten wachsen im oder unmittelbar auf dem Substrat. Bei den placodiaten Krustenflechten sind die Ränder vom Substrat abgehobene Lappen.

Krustenflechte *(aus Türk & Wittmann 1986)*



Legende:
R=Rinde, A=Algenschicht, M=Mark, S=Substrat

links: Krustenflechte
rechts: Placodiate Krustenflechte

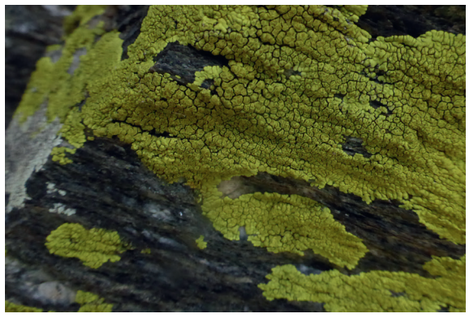


Abb. 10
Krustenflechte: Grüngelber Felsenfleck

Abb. 11
Placodioide Krustenflechte: Gewöhnliche Mauerflechte

2.3. Spezielle Strukturen der Flechten

Der folgende Abschnitt beleuchtet Strukturen der Flechten, die für die makroskopische und mikroskopische Bestimmung der Arten unverzichtbar sind.

Apothecien und Perithecien

Während der Algenpartner in der Flechte sich durch Zellteilung vermehrt, ist der Pilzpartner befähigt, sich sexuell fortzupflanzen. Er bildet dazu Fruchtkörper, die Apothecien und die Perithecien.

Ausbildung, Lage und Inhalte dieser Fruchtkörper, insbesondere Anzahl, Form und Farbe der in den Sporenschläuchen (Asci) enthaltenen Sporen, sind wesentliche Bestimmungsmerkmale der Flechten.

Während die Algen auch ohne den Pilzpartner lebensfähig sind, müssen die Pilzsporen nach ihrer Freisetzung auf die entsprechende Alge treffen, um ein erfolgreiches Auskeimen und damit die Entstehung eines neuen Flechtenlagers zu ermöglichen.

Apothecien

Die Apothecien stellen den häufigsten Fruchtkörper-Typ dar. Sie liegen offen auf dem Lager und sind vorwiegend lecanorin oder lecidein ausgebildet. In ihnen liegt das Gewebe mit den Schläuchen (Asci) und den darin eingeschlossenen Sporen.

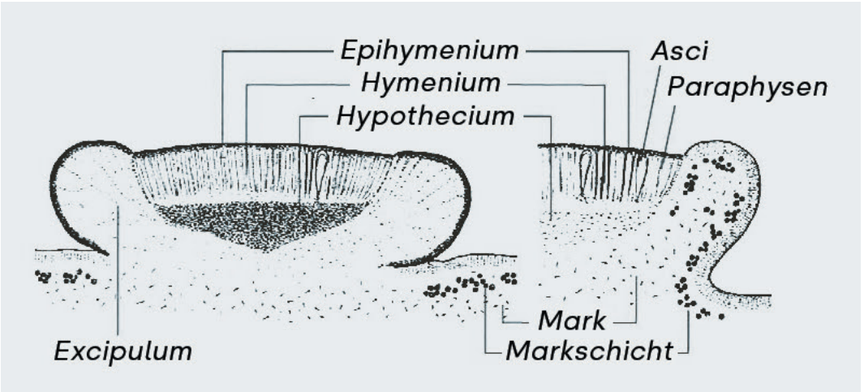


Abb. 12 (aus Wirth 1995)
Schematischer Schnitt durch ein lecideines Apothecium mit Eigenrand (links) und ein lecanorines Apothecium mit Lagerrand (rechts)

Lecanorine Apothecien haben einen Lagerrand, der wie das Lager aufgebaut ist und die meist anders gefärbte Scheibe umschliesst (Abb. 13).

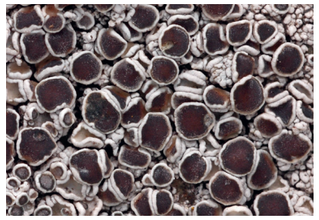
Lecideine Apothecien haben einen Eigenrand, der wie die Scheibe aufgebaut und gefärbt ist (Abb. 14).

Abb. 13
Lecanorine Apothecien (mit Lagerrand)
Xanthoparmelia conspersa
Gesprenkelte Felsschüsselflechte

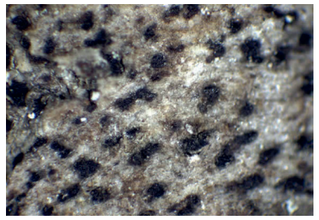
Abb. 14
Lecideine Apothecien (mit Eigenrand)
Amandinea punctata
Gewöhnliche Schwarzpunktflechte

Die Apothecien haben mannigfaltige Formen wie untenstehende Abbildungen zeigen.

Lecideine Apothecien

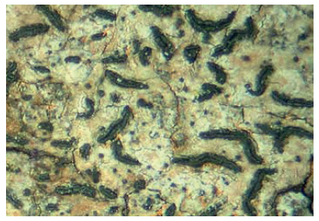


Lecanorine Apothecien



Arthonioide Apothecien

Gerillte Apothecien



Langgezogene Apothecien

Stiftförmige Apothecien

Perithecien

Die kugeligen oder birnenförmigen Perithecien sind in einem Gehäuse im Flechtenlager eingeschlossen (Abb. 15). Die Sporen werden aus den Sporenschläuchen (Asci) durch eine auf dem Lager sichtbare, kleine Öffnung (Ostiolum) freigesetzt (Abb. 16).

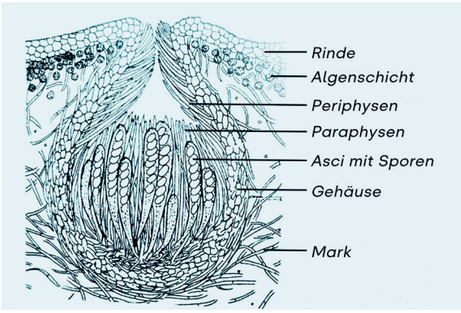


Abb. 15 (aus Poelt 1969)
Schnitt durch ein Perithecium

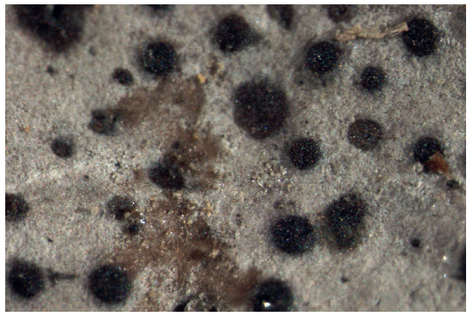


Abb. 16
Die dunklen Öffnungen (Ostioli) der im Lager eingesenkten Perithecien
Dermatocarpon rivulorum Gebirgsbach-Lederflechte

Soredien/Sorale, Isidien, Pyknidien

Nebst der sexuellen Vermehrung sichern sich die Flechten ihre Verbreitung auch durch die vegetative Vermehrung mittels Soredien, Isidien und Pyknidien.

Soredien/Sorale

Soredien sind kleinste rindenlose Körnchen aus wenigen Algenzellen, die von Pilzhyphen umschlossen werden. Sie werden mechanisch (Wind, Wasser, Tiere) von der Mutterflechte gelöst und weiterverbreitet. Sie werden in Soralen gebildet, die in verschiedene Formen erscheinen (Abb. 17-19).

Abb. 17
Bortensorale bei Vulpicida prunastri
Wolfstöter

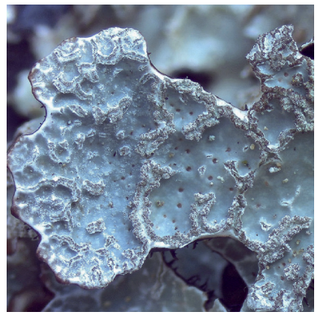


Abb. 18
Strichsorale bei Parmelia sulcata
Furchen-Schüsselflechte

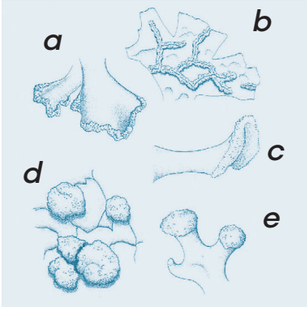


Abb. 19
Bortensorale (a), Strichsorale (b)
Lippensorale (c), Kugelsorale (d)
Kopfsorale (e)
(aus Wirth Hauk/Schultz
„Die Flechten Deutschlands" 2013)

Isidien

Die Isidien sitzen auf einer Lageroberfläche und sind bedeutend grösser als die Soredien. Auch in ihnen sind Alge und Pilz vereint und auch sie können mechanisch von der Flechte abgelöst und in die Umgebung abgeschieden werden. Man unterscheidet spatel-, keulenförmige, zylindrische (einfach bis verzweigte), zylindrisch-koralloide und warzig-papilläre Formen (Abb. 20, 21).

Abb. 20
Zylindrische Isidien auf Pseudoevernia furfuracea
Elchgeweihflechte

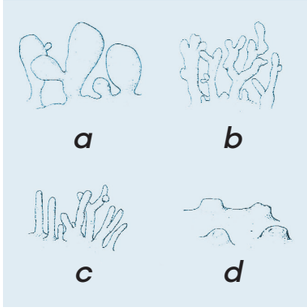


Abb. 21
Isidien: spatelförmig bis keulig (a), zylindrisch bis koralloid (b), zylindrisch, einfach bis verzweigt (c), warzenartige Papillen (d)
(aus Wirth Hauk/Schultz
„Die Flechten Deutschlands" 2013)

Pyknidien

Die warzigen, kugeligen oder auch gestielten Pyknidien ermöglichen es dem Pilz, sich auch ohne Algen vegetativ zu vermehren. Sie produzieren kleine Hyphenteilchen (Pyknosporen).

Die Pyknosporen sind asexuelle Fortpflanzungsteilchen. Diese sehr kleinen ovalen oder stabförmigen, ein- oder mehrzelligen Elemente können auch als männliche Befruchtungselemente der geschlechtlichen Vermehrung dienen (Abb. 22).

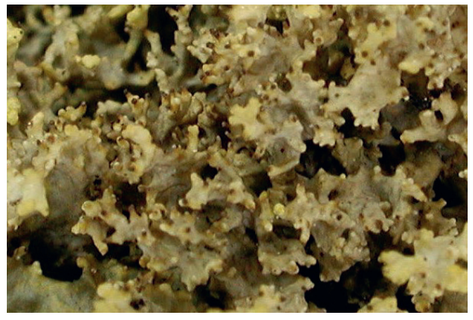


Abb. 22
Dunkle Pyknidien bei Vulpicida tubulosus Windheiden-Fuchstöter
(aus Leif Stridval „Lichen gallery")

Rhizinen, Cilien, Cyphellen und Pseudocyphellen

Nebst den Organen zur Vermehrung, ist eine Vielzahl anderer Lagerstrukturen für die Bestimmung der Flechtenarten wichtig. Drei wichtige Vertreter sind die Rhizinen, die Cilien sowie die Cyphellen und die Pseudocyphellen.

Rhizinen

Rhizinen dienen vielen Flechten als Haftorgane. Sie verankern den Flechtenthallus auf dem Substrat. Ihre Form und Grösse sind wesentliche Merkmale zur Bestimmung der Flechten.

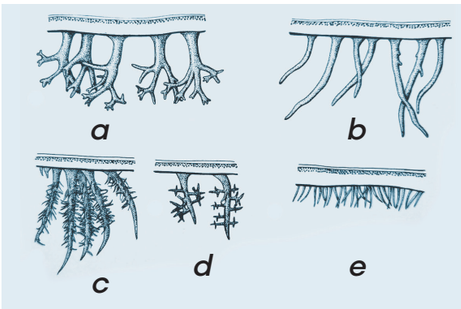


Abb. 23
Rhizinenformen: gegabelte (a), ungegabelte (b)(e), sparrige (c), filzige (d)
(aus Wirth Hauk/Schultz „Die Flechten Deutschlands“ 2013)

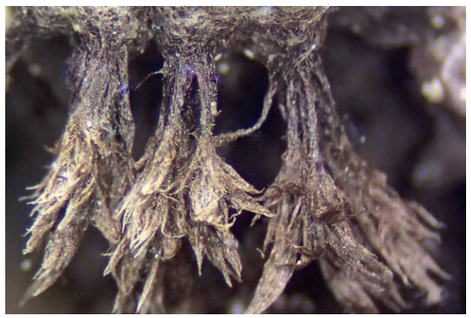


Abb. 24
Sparrig-buschige Rhizinen von
Peltigera elisabethae Elisabeths Schildflechte
(Foto Olivier Gonnet)

Cilien

Cilien sind Wimpern, die vor allem blattförmige Flechte zieren.

Abb. 25
Cilien bei Anaptychia ciliaris Gefranste Wimpernflechte
(Foto Timdal - © ET)

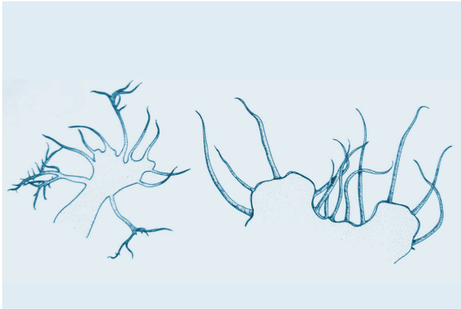


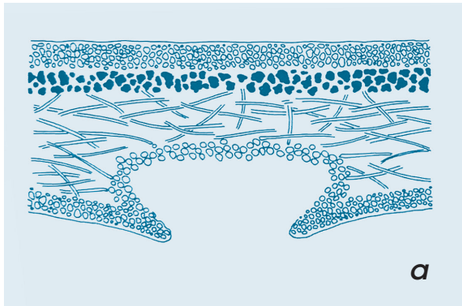
Abb. 26
Cilien (aus „Lichens of North America“ 2001 I.M.Brodo/ S.Duran/S.Sharnoff)

Pseudocyphellen und Cyphellen

Cyphellen und Pseudocyphellen ermöglichen den Gasaustausch im Mark der Flechte, indem sie der Luft Zugang gewähren.

Cyphellen sind kraterförmige Aufbrüche der Unterseite von Blattflechten (Abb. 27 a).

Häufiger sind die Pseudocyphellen anzutreffen. Es sind punkt- oder strichförmig ausgebildete Aufbrüche der Oberrinde der Flechten (Abb. 27 b).



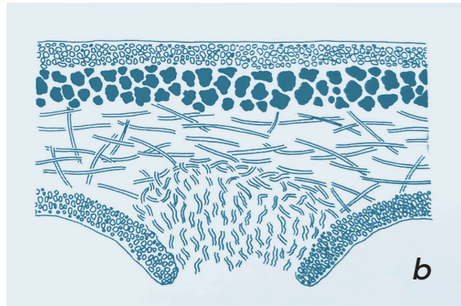


Abb. 27
Cyphellen (a) und Pseudocyphellen (b)
(aus „The Lichens of Great Britain and Ireland“, 1992 British Lichen Society)

Abb. 28
Cyphellen bei Sticta sylvatica Wald-Grübchenflechte
(Foto S. Poumarat)

Abb. 29
Pseudocyphellen bei Parmelia saxatilis
Felsen-Schüsselflechte

3. CHEMIE DER FLECHTEN

3.1. Bioindikatoren

Flechten sind verlässliche Bioindikatoren und zeigen die chemisch-physikalischen Bedingungen ihrer Umgebung und Substrate an, umfassender als es einzelne chemisch-physikalische Analysen leisten können. Verändert sich das Flechtenvorkommen in einem Gebiet lässt das auf Veränderungen der Umweltbedingungen, insbesondere auch der Luftqualität schliessen.

Auf Chastè werden diese Zusammenhänge auch optisch sehr konkret. So deutet beispielsweise das häufige Vorkommen der schadstoffempfindlichen Bartflechte *Usnea hirta* auf allgemein niedere Immissionsbelastung hin und das weitgehende Fehlen der Blattflechte *Xanthoria parietina* auf einen geringen Stickstoffeintrag aus der Landwirtschaft.

Abb. 30
Usnea hirta Struppige Bartflechte

Abb. 31
Xanthoria parietina Gelbe Wandflechte

Die Eschenflechte und der braune Moosbart sind stark intolerant gegenüber Luftschadstoffen, insbesondere Schwefeldioxid (SO2). Beide Flechten sind auf Chastè sehr häufig anzutreffen, was auf eine hohe Luftqualität mit geringer Schwefelbelastung aus fossilen Brennstoffen schliessen lässt!

Abb. 32
Ramalina pollinaria Eschenflechte

Abb. 33
Bryoria fuscescens Brauner Moosbart

3.2. Spezielle Inhaltsstoffe der Flechten

Flechtensäuren
So zahlreich und verschieden wie die Synthesewege in der Flechte, so mannigfaltig sind die entstandenen Stoffwechselprodukte, im Besonderen die sogenannten „Flechtensäuren“. Sie schützen die Gesamtflechte vor zu hoher UV-Strahlung und vor dem Zugriff von Mikroorganismen und Frassfeinden.
Die Flechtensäuren können zudem Ionen binden (sog. Chelatbildung). Dadurch können die Flechten unbeschadet auch auf schwermetallhaltigen Substraten wachsen.

Speicher für Radionukleotide
Die Flechten können radioaktive Substanzen aus der Luft und dem Boden auffangen und in den Thalli speichern. Deshalb werden sie, wie die Pilze auch, als Indikatoren für deren Anreicherung verwendet.
(Nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl wurde festgestellt, dass z.B. die Rentierflechten eine hohe Konzentration an Cs137 aufwiesen und somit insbesondere im hohen Norden für die Rentiere, und damit auch für den Menschen, zur Gefahr wurden.)

Nahrungsquelle
Im Norden bilden Flechten eine wichtige Nahrungsquelle für Rentiere.

Abb. 34
Cladonia arbuscula Die Wald-Rentierflechte

Parfumgrundstoffe
Flechten, z.B. aus *Evernia prunastri* (Eichenmoos) dienen als Parfumgrundstoffe.

Färbemittel
Flechten werden schon seit Urzeiten als Quelle sehr beständiger Färbemittel verwendet (Purpurfarbene Orseille, Lackmus, Färbemittel für Wolle).

Antibiotika

Die Usninsäuren sind häufig vorkommende Pigmente in der Rinde u.a. der Gattungen *Usnea*, *Flavocetraria* und *Flavoparmelia*. Ihre hochpotente antibiotische Wirkung konnte bis anhin aufgrund ihrer Lebertoxizität leider in der Medizin nur begrenzt nutzbar gemacht werden. Lokal werden Extrakte der Bartflechten bei Infekten der oberen Luftwege in Form von Pastillen und systemisch in homöopathischer Verdünnung in Sirupen und Tinkturen eingesetzt.

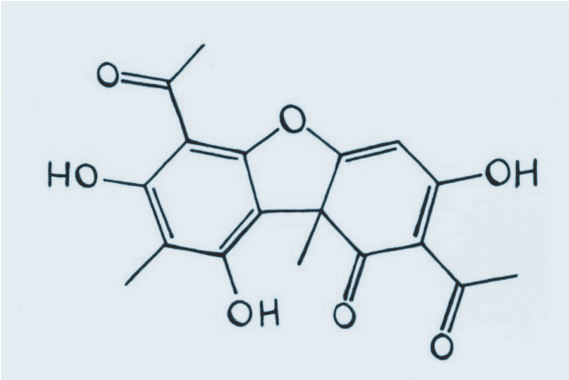


Abb. 35
Das Usninsäuremolekül

Abb. 36
Die Bartflechten enthalten in ihrer Rinde die Usninsäuren.

Gifte

Für die Menschen sind nur die wenigsten Flechtenstoffe giftig. Zu den Ausnahmen zählt die Vulpinsäure, welche unter anderen in der Wolfsflechte *Letharia vulpina* enthalten ist und dieser die intensiv grün-gelbe Farbe verleiht. Sie wurde von Jägern in Fleischködern zur Vergiftung von Wölfen eingesetzt.

Abb. 37
Letharia vulpina Wolfsflechte – Sie diente in Giftködern gegen Wölfe.