



SEMINARARBEIT

Rahmenthema des Wissenschaftspropädeutischen Seminars:

Biologie unter dem Mikroskop

Leitfach: *Biologie*

Thema der Arbeit:

Mikroskopische Untersuchung von Flechten

Verfasser:

Andreas Pöschl

Kursleiterin:

Lassin Karin Tröger

Abgabetermin:

(2. Unterrichtstag im November)

8. November 2011

Bewertung	Note	Notenstufe in Worten	Punkte		Punkte
schriftliche Arbeit				x 3	
Abschlusspräsentation				x 1	
Summe:					
Gesamtleistung nach § 61 (7) GSO = Summe:2 (gerundet)					

Mikroskopische Untersuchung von Flechten



Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Verborgene Überlebenskünstler	4
2. Mikroskopische Untersuchung von Flechten	4
2.1 Theoretische Grundlagen	4
2.1.1 Beschreibung	4
2.1.2 Aufbau	5
2.1.3 Symbiose	6
2.2 Herstellung von Präparaten	7
2.2.1 Probleme aufgrund der Flechtenanatomie	7
2.2.2 Einbettung in Polyethylenglycol	9
2.2.3 Schnitte unter dem Binokular	9
2.2.4 Quetschen	10
2.3 Ergebnisse	11
2.3.1 Nachweis des Doppelwesens von Flechten	11
2.3.2 Vergleich der verschiedenen Wuchstypen	12
2.3.3 Die Fortpflanzung der Flechten	14
2.4 Bedeutung	15
2.4.1 Flechten als Bioindikatoren - Beispiel München	15
2.4.2 Verwendung von Flechten-Inhaltsstoffen	17
3. Das unausgeschöpfte Potential der Flechten	18
4. Anhang: Mikroskopische Zeichnungen	20
4.1 Querschnitt durch das Lager einer Blatflechte mit Algenschicht	20
4.2 Querschnitt durch das Lager einer Blatflechte mit Algengruppen	21
4.3 Querschnitt durch das Lager einer Strauchflechte	22
4.4 Querschnitt durch das Lager einer Bartflechte	24
4.5 Querschnitt durch den Fruchtkörper einer Blatflechte	26
4.6 Soredien einer Blatflechte unter dem Mikroskop	28
5. Literaturverzeichnis	29
5.1 Literatur	29
5.2 Internetseiten	29
6. Eidesstattliche Erklärung	30

1. Verborgene Überlebenskünstler

Egal ob an Mauern, Hausdächern oder Bäumen: Flechten begegnen uns beinahe überall in unserem Alltag. Sogar in der Bibel tauchen sie als Manna beziehungsweise als Himmelsbrot auf. Das spricht für die Anpassungsfähigkeit dieser Lebewesen, die ihnen sogar ein Vorkommen in Wendekreiswüsten und polaren Steppen garantiert. Ermöglicht wird diese Anpassung an extremste Bedingungen durch eine raffinierte Überlebenstaktik, die dem Menschen zwar durchaus nützlich sein kann, aber dem bloßen Auge meist verborgen bleibt. Daher bietet sich hier eine mikroskopische Untersuchung zum besseren Verständnis dieser einzigartigen Lebewesen besonders an, was im Folgenden genau ausgeführt werden soll.

2. Mikroskopische Untersuchung von Flechten

2.1 Theoretische Grundlagen

Für eine Betrachtung mit dem Mikroskop sind zunächst einige theoretische Grundlagen notwendig:

2.1.1 Beschreibung

Bei einer Flechte, die auch oft Lichenes genannt wird, handelt es sich um eine enge symbiotische Lebensgemeinschaft zwischen einem Pilzpartner und einem oder mehreren Algenpartnern.

Der Pilz, der auch als Mycobiont bezeichnet wird, bildet in der Flechte ein dichtes Hyphen-Netz aus, welches für die typische Wuchsform, das sogenannte Lager oder Thallus, verantwortlich ist.

Die Flechtenalgen werden unter dem Begriff Photobiont beziehungsweise Phycobiont zusammengefasst und sind meist Grün- und / oder Blaualgen.

Diese Doppelnatur ist nach außen hin weitgehend unsichtbar, da die Eigenschaften einer Flechte von der Lebensweise der Einzelorganismen stark abweichen.

Flechten wurden schon im Altertum beispielsweise von Theophrast in dessen *Historia Plantarum* im Jahre 330 vor Christus beschrieben und werden heute in der sogenannten Flechtenkunde oder Lichenologie untersucht.

2.1.2 Aufbau

Die vom Mycel des Mycobionten gebildete Wuchsform ist für Flechten charakteristisch und weicht stark von der äußeren Erscheinung der einzelnen Partner ab. Dabei unterscheidet man zwischen:

- Krustenflechten (siehe Abb. 1)
- Blattflechten (siehe Abb. 2)
- Strauchflechten (siehe Abb. 3)

Dabei sind Krustenflechten lediglich als hauchdünne, schorfige und brüchige Schicht auf Steinen zu finden, wohingegen Blattflechten einen flachen Thallus aufweisen, von dem blättrige Lappen, sogenannte Loben, ausgehen. Als dritten Wuchsformtyp bilden die Strauchflechten ein strauchartiges Lager, das rasenartig den Boden bedeckt oder als Bartflechte (siehe Abb. 4) von Rinde, Totholz und Gestein herabhängt.

Diese Aufteilung nach Wuchsformen resultiert lediglich aus der äußeren Erscheinung der Flechten und entspricht kaum den stammesgeschichtlichen Verwandtschaftsverhältnissen.

Unabhängig vom Wuchstyp der Flechte, besteht das Lager stets aus einer äußeren verdichteten Schicht aus Pilzhyphen.

Sie wird analog zu den Pflanzen als Rinde bezeichnet und weist oftmals wurzelartige



Abb. 1



Abb. 2



Abb. 3



Abb. 4

„Haftfasern [aus Pilzhyphen auf], die der Befestigung des Flechtenlagers dienen“¹ und Rhizine genannt werden. Die stabile Rinde dient zudem als Schutz für den Flechtenthallus.

Das Innere des Flechtenthallus besteht aus einem lockeren Geflecht aus Pilzhyphen. Dieser Bereich ist die sogenannte Markschrift der Flechte und weist für den Gasaustausch notwendige Lufteinschlüsse auf. Auch die Photobionten befinden sich in der Markschrift.

2.1.3 Symbiose

Allgemein bezeichnet der Begriff Symbiose eine Lebensgemeinschaft zwischen zwei Organismen, bei der jeder der beiden Beteiligten einen Vorteil hat. Die Symbiose bei Flechten wird dabei speziell als Hunger-Symbiose bezeichnet, da sie nur zustande kommt, wenn für beide Partner ungünstige Lebensbedingungen herrschen.

Für dieses Zusammenleben ist ein Kontakt zwischen Pilzhyphen und Algenzellen Grundvoraussetzung, der bei den unterschiedlichen Flechten-Arten als letztendliche Lichenisierung verschieden umgesetzt ist.

Die einfachste Variante ist hierbei, dass Pilzhyphen und Algen locker nebeneinander liegen. In anderen Flechten werden die Algenzellen hingegen direkt von den Pilzhyphen umschlungen. Am deutlichsten ist die Kontaktnahme jedoch ausgeprägt, wenn eine direkte physische Verbindung hergestellt wird, bei der die Zellwände der Pilzhyphen und der Algenzellen dicht aneinander liegen und teilweise sogar miteinander verschmelzen. Der Pilz kann dabei zwar in die Zellwand der Alge eindringen, stößt aber niemals bis ins Zellplasma vor.

Die Vorteile für beide Partner liegen letztendlich in Stoffwechselprodukten der Einzelorganismen, die ausgetauscht werden.

¹ Macher, M., Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hg.), Epiphytische Flechten im Nationalpark Bayerischer Wald, München 1992, S. 109

So liefert der Photobiont Photosyntheseprodukte, also überwiegend Glucose. Manche Blaualgen binden zudem Stickstoff in Ammonium-Ionen, die ebenfalls an den Mycobionten weitergegeben werden. Dem Pilz wird dadurch ein Leben an sehr nährstoffarmen Standorten ermöglicht. Für die Alge ist der Mycobiont hingegen Garant für ein Dasein in enorm trockenen Lebensräumen, da sie von diesem mit Wasser und Ionen versorgt wird.

Durch diesen Stoffaustausch entsteht ein labiles Gleichgewicht innerhalb der Flechte, das für Veränderungen äußerer Einflüsse, wie eine Schwankung der Luftqualität, besonders anfällig ist. Dennoch wird erst dadurch beiden Partnern das Überleben an extremen Standorten ermöglicht, wobei einige von ihnen lediglich in Flechten und nicht als eigenständige Organismen in der Natur vorkommen.

Ein sehr deutliches Beispiel für eine von der Lebensweise der Einzelorganismen abweichende Organisation des Stoffwechsels ist die Bildung verschiedener flechtencharakteristischer Inhaltstoffe, wie Flechtensäuren. Diese werden vom Mycobionten unter der Kohlehydratzufuhr durch den Photobionten gebildet. Ob diese Stoffe zur Verbesserung des Stoffwechselaustauschs zwischen den beiden Partnern dienen ist noch ungeklärt. Unumstritten ist jedoch deren Bedeutung für die Resistenz der Flechte gegen Parasiten und Fressfeinde. Diese ist aufgrund des geringen Wachstums von besonderer Priorität für die Lichenes. Das jährliche Wachstum von Krustenflechten ist beispielsweise im Bereich weniger Millimeter anzusiedeln. Die Altersbestimmung von Krustenflechten erfolgt deshalb größtenteils aufgrund von Größenmessungen.

2.2 Herstellung von Präparaten

2.2.1 Probleme aufgrund der Flechtenanatomie

Will man Flechten unter dem Mikroskop untersuchen, so steht die Herstellung von geeigneten Präparaten im Vordergrund. Allein aus der Anatomie der Flechten ergeben sich jedoch für gewöhnliche Querschnitts-Präparate einige Hindernisse.

Schon das Ablösen der Flechten von ihrem Substrat stellt eine besondere Hürde dar, da alle Flechten durch ihre untere Rinde und deren Rhizine stark an ihrer Unterlage haften. Krustenflechten können daher beispielsweise nicht von ihrem Substrat separiert werden, ohne dass das Flechtenlager Schaden nimmt. Sie kommen daher für eine mikroskopische Untersuchung nicht in Frage.

Im Vergleich zu anderen Objekten, wie beispielsweise dem Stiel eines Farns, sind Flechten besonders klein und dünn, was die Arbeit unter einer Stereolupe unentbehrlich macht.

Ein weiteres Problem ergibt sich aus dem Wassergehalt der Lichenes. Trocknet man die jeweilige Probe nach dem Sammeln für einige Zeit und versucht, sie anschließend zu schneiden, so ist die Flechte meist so spröde, dass man durch das festere Ansetzen der Rasierklinge einen Bruch oder ein Zerbröseln des Thallus herbeiführt.

Sollte dennoch ein Schnitt ohne vorhergehendes Einlegen der Probe in Wasser gelingen, so weist die Marksicht aufgrund ihrer zahlreichen Lufteinschlüsse häufig Luftblasen unter dem Mikroskop auf.

Legt man die Probe hingegen für 24 Stunden in Wasser, hat sie sich meist genügend vollgesaugt und weist keine Luftblasen mehr auf. Doch selbst die mit Wasser vollgesaugten Flechten liefern nur selten zufrieden stellende Präparate, da der Flechtenthallus in diesem Zustand sehr zäh und flexibel ist und dadurch leicht unter der Rasierklinge wegrutscht. Präzises Schneiden wird so beinahe unmöglich.

Versorgt man die Flechte außerdem über einen längeren Zeitraum von mehreren Tagen mit einer ungewöhnlich großen Menge an Wasser, so beginnt der Mycobiont zu wuchern und die Algen sterben ab. Dabei verbessern sich die Lebensbedingungen für den Flechtenpilz schlagartig, wodurch die Hunger-Symbiose unterbrochen wird und der Pilz nicht mehr auf die Lebensgemeinschaft mit der Alge angewiesen ist.

Diese Besonderheiten von Flechten als mikroskopisches Betrachtungsobjekt machen eine Einbettung der Proben vor dem Schneiden notwendig.

2.2.2 Einbettung in Polyethylenglycol

Um eine Flechte in Polyethylenglycol einzubetten, muss sie zunächst vollkommen trocken sein. Sie wird hierfür 48 Stunden an einen warmen Ort mit geringer Luftfeuchtigkeit gelegt.

Anschließend kann sie in 30-prozentige wässrige Polyethylenglycol-Lösung eingelegt werden. Nach 24 Stunden ist die Flechte vollgesaugt und weist selbst in der Marksicht nur noch vereinzelt Lufteinschlüsse auf. Als Polyethylenglycol kann beispielsweise PEG 1500 verwendet werden.

Die nasse Flechte kann nun auf einen Objektträger gelegt werden, welcher erneut trocknen muss. Dabei verdunstet das Wasser der PEG-Lösung und lediglich das feste PEG bleibt zurück.

Nun ist die Probe in das feste Polyethylenglycol eingebettet und leicht am Objektträger fixiert, was angenehme und präzise Schnitte unter dem Binokular ermöglicht.

2.2.3 Schnitte unter dem Binokular

Schneidet man die fertig eingebettete Flechte unter der Stereolupe, so ist darauf zu achten, dass das Binokular mit einer Auflichteinrichtung ausgestattet ist. Diese gestattet es, Strukturen und Zufälligkeiten, wie Fruchtkörper und Risse, auf der Probenoberfläche sichtbar zu machen. Für die Schnitte kann so ein geeigneter Bereich ausgewählt werden. Darüber hinaus ist darauf zu achten, dass die Binokularbeleuchtung möglichst wenig Wärme entwickelt und erst unmittelbar vor dem Schneiden eingeschaltet wird, um ein unnötiges Aufheizen des Gerätes zu vermeiden, weil PEG bereits bei 44°C schmilzt. Das Polyethylenglycol wird dann zuerst zwischen Objektträger und oberer Einbettung flüssig. Die Probe gleitet dann samt Einbettung leicht über den Objektträger und das Anfertigen von Querschnitten wird unrealisierbar.

Ist eine geeignete Fläche auf der Probe ausgewählt, wird die Fingerkuppe des linken Zeigefingers auf die Stelle gelegt. Die Rasierklinge wird nun leicht an die Fingerkuppe gepresst und entlang dieser geschnitten. Steht die Rasierklinge beim Schneiden

senkrecht auf der Probe, erhält man eine gerade Schnittkante. Nun zieht man die Fingerkuppe etwas zurück, drückt die Rasierklinge erneut an die Fingerkuppe und schneidet nochmals entlang der Fingerkuppe. Fährt man nach diesem Schema fort, erhält man in kurzer Zeit eine große Anzahl an Schnitten.²

Bereits unter der Stereolupe kann man zu dicke oder misslungene Schnitte mit einer Präpariernadel aussortieren. Anschließend „lassen sich [die Schnitte] mit der angefeuchteten Ecke der Rasierklinge oder mit der Spitze einer Präpariernadel leicht [auf einen neuen Objektträger] übertragen“³.

Wie bei gewöhnlichen Schnitten üblich, wird ein Tropfen Wasser mit einer Pipette auf das Präparat gegeben. Das Deckglas wird allerdings erst nach einiger Zeit aufgesetzt, damit die Flechte nochmals Zeit hat Wasser aufzusaugen und mögliche Lufteinschlüsse im Flechtenlager verschwinden.

2.2.4 Quetschen

Oftmals stellt sich schon bei der ersten mikroskopischen Betrachtung heraus, dass die Schnitte trotz Einbettung zu dick sind. Indem man jedoch ein Fließpapier auf das Deckglas legt und mit einem Radiergummi einen leichten Druck darauf ausübt, werden die Präparate gequetscht und etwas dünner.

Teilweise werden dadurch Strukturen im Flechtenthallus des Präparats sichtbar, welche sonst verborgen blieben. Gleichzeitig besteht aber die Gefahr, dass durch den Quetschvorgang Risse im Flechtenlager entstehen und das Präparat zerstört wird.

² vgl. Frahm, J., Eine einfache Schnitttechnik zur schnellen Bestimmung von Torfmoosen, in: http://www.mikroskopie-bonn.de/bibliothek/botanische_mikrotechnik/index.html#a536, Zugriff am 25.04.2011

³ Wirth, V., Flechtenflora, Stuttgart 1980, S.11

2.3 Ergebnisse

2.3.1 Nachweis des Doppelwesens von Flechten

Bei ausreichend dünnen Schnitten sind somit hellgrüne Algen unter dem Mikroskop sichtbar. Diese sind stets in ein Geflecht von weißen Pilzhyphen gebettet, welche sich an den äußeren Rändern der Flechte zur Rinde verdichten (vgl. 4.1 bis 4.5). Flechtenthalli, bei denen die Photobionten nur in einem bestimmtem Bereich, der sogenannten Algenzone auftreten, werden als heteromere Thalli bezeichnet. Sind die Algen hingegen wahllos über das Lager verteilt, kann keine Algenschicht festgestellt werden. Der Thallus heißt dann homöomer.

Flechten mit außerordentlich kräftigen Farben, wie die Blatflechte *Xanthoria parietina*, zeigen, dass lediglich die verdichteten Hyphenenden in der Rinde der Lichenes Farbstoffe tragen (vgl. 4.5). Die meisten Flechten erscheinen jedoch in einem Grünton, welcher aus der Farbe der Grünalgen resultiert.

Die oftmals dunkelbraune bis schwarze untere Rinde der Flechten besteht ebenfalls aus einer dicken Schicht verdichteter Pilzhyphen, was Schnitte der Strauchflechte *Evernia prunastri* anschaulich beweisen. Bei ihr liegen die Hyphen dicht aneinander und nur die Enden der Pilzhyphen sind als helle Kreise sichtbar (vgl. 4.3). Die untere Rinde der Blatflechte *Platismatia glauca* ist hingegen so dick und lichtundurchlässig, dass sie lediglich als einheitlich brauner Streifen ohne einzeln unterscheidbare Hyphen unter dem Mikroskop zu erkennen ist (vgl. 4.2).

Bei weiterentwickelten Flechten, wie zum Beispiel der Blatflechte *Platismatia glauca* und der Bartflechte *Unsea filipendula*, sind die Algen in sogenannten Gruppen oder Kolonien anzutreffen, zu denen jeweils mehrere Stützhyphen führen. Dadurch können die Algen, welche sich nicht aktiv fortbewegen können, durch die Pilzhyphen innerhalb der Flechte bewegt werden (vgl. 4.2, 4.4).

Derbhäutige Arten wie *Evernia prunastri* und *Unsea filipendula* weisen unter dem Mikroskop sogenannte Durchlüftungswarzen auf. Diese besitzen eine Atempore und garantieren dadurch einen besseren Gasaustausch mit der Umwelt (vgl. 4.3, 4.4).

2.3.2 Vergleich der verschiedenen Wuchstypen

Bei einem Vergleich der verschiedenen Wuchstypen fällt der sehr ausgeprägte Schichtaufbau der Blattflechten auf, der durch die planare Form des Thallus verstärkt

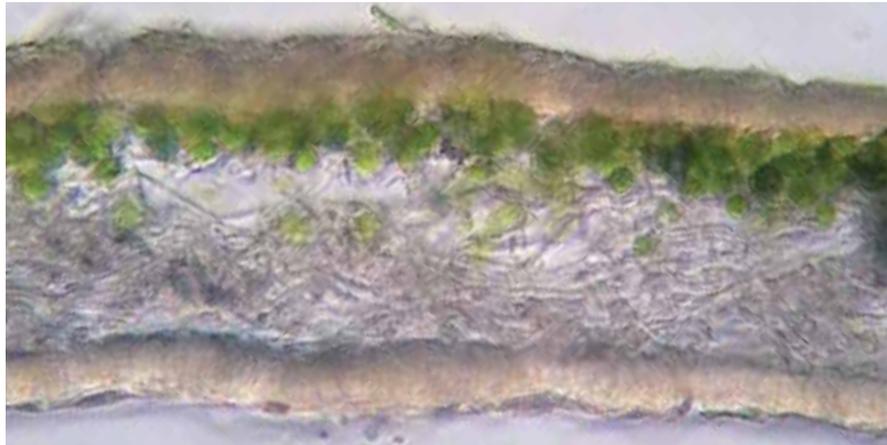


Abb. 5

wird. Dabei wird die Rinde unterteilt in untere Rinde, welche direkt am Substrat anliegt, und obere Rinde, welche dem Boden abgewandt ist. Sie liegen nahezu parallel übereinander und dazwischen ergibt sich somit eine gleichmäßig dicke Markschrift. In deren oberen Ende befinden sich die Photobionten in einer durchgehenden Algenschicht oder in einzelnen Algenkolonien, da hier die Lichtintensität am höchsten ist (vgl. 4.1, 4.2, Abb. 5).

Bei der untersuchten Strauchflechte *Evernia prunastri* ist ebenfalls eine klar definierte Algenzone erkennbar. Zudem wird die Ursache für die leicht gewölbte Lagerform der Strauchflechten-Loben unter dem Mikroskop sichtbar:

Die untere Rinde bei Strauchflechten ist wesentlich dicker als die der Blattflechten. Sie ist außerdem leicht gekrümmt. Die wesentlich längere obere Rinde spannt sich somit



Abb. 6

automatisch über die untere Rinde und bildet somit die charakteristische Ringsegments-Querschnittsfläche (vgl. Abb. 6).

Bei der Strauchflechte

Evernia prunastri finden sich zudem einige Atemporen, welche der Durchlüftung des voluminösen Flechtenlagers dienen (vgl. 4.3).

Eine Spezialform der Strauchflechten ist die Gruppe der Bartflechten. Ein Schnitt durch das Lager der Flechte *Unsea filipendula* zeigt eine kreisrunde Schnittfläche. Daraus resultiert, dass es lediglich eine obere bzw. äußere Rinde gibt.

Direkt darunter liegen die Algengruppen, welche von den Stützhyphen nach außen transportiert werden, da dort am meisten Licht vorhanden ist.

Statt einer unteren Rinde findet sich im Zentrum ein dicker Strang aus Pilzhyphen, welcher sich beim Mikroskopieren als besonders hart und zäh erweist. Dieser Hyphenstrang bringt eine gewisse Stabilität mit sich, welche für Bartflechten von großer Bedeutung ist, da ihre Flechtenthalli teilweise meterweit von Bäumen herabhängen.

Aufgrund der kreisförmigen Querschnittsfläche besitzen Bartflechten im Vergleich zu anderen Flechten eine wesentlich kleinere Oberfläche im Verhältnis zu ihrem Volumen. Um dennoch einen ausreichenden Gasaustausch mit der Umwelt zu ermöglichen, haben Bartflechten auffällig viele Durchlüftungswarzen, welche auch bei einem Lagerquerschnitt sichtbar werden (vgl. 4.4, Abb. 7).

Es fällt also ein klarer Zusammenhang zwischen Krümmung des Flechtenthallus und der Anzahl der Atemporen auf.

Interessanterweise stellt sich zudem heraus, dass die Pilzhyphen im Hyphenstrang der Bartflechte oder in der unteren Rinde der Strauchflechten parallel zur Erdanziehungskraft wachsen, da sie nur so stabil genug sind, den Flechtenthallus aufrechtzuhalten.

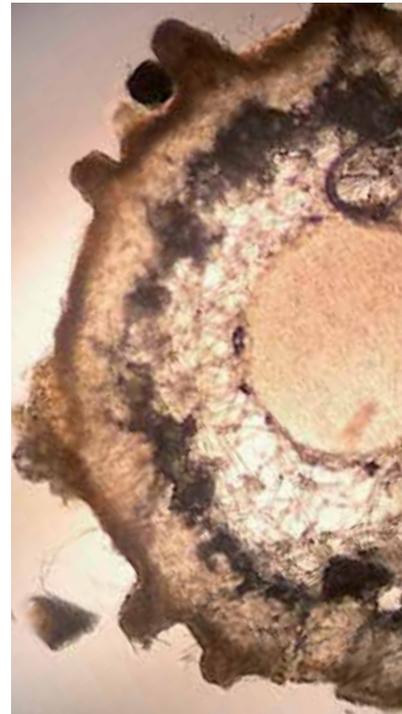


Abb. 7

2.3.3 Die Fortpflanzung der Flechten

Flechten kennen grundsätzlich zwei Wege der Fortpflanzung. Einer davon ist die generative oder geschlechtliche Fortpflanzung, zu der jedoch lediglich der Mycobiont fähig ist.

Die „Flechtenalgen können sich hingegen nur noch vegetativ , z.B. durch einfache Teilung, vermehren“⁴.



Abb. 8

Ein Querschnitt durch den Fruchtkörper der Flechte *Xanthoria parietina* zeigt deshalb große Ähnlichkeit mit der Scheibenfrucht eines Apotheciums, also dem reinen Pilzpartner. Oben in der kelchförmigen Frucht aus Pilzhyphen liegt das sogenannte Hymenium. Dieses besteht wiederum aus sterilen Pilzhyphen, den Paraphysen, in welche die sogenannten Asci

eingebettet sind. Bei den Asci handelt es sich um lange, sackartige Gefäße aus Pilzgeflecht, in denen die Pilzsporen beziehungsweise Ascosporen gebildet und gespeichert werden (vgl. 4.5, Abb. 8).

Nachdem die Sporen von den Asci ausgeschleudert worden sind, müssen sie solange passiv von Wind und Wasser transportiert werden, bis sie auf einen geeigneten Photobionten treffen. Erst dann kann eine Folgeflechte durch eine Neu-Lichenisierung entstehen .

⁴ Feige, G. / Kremer, B., Flechten-Doppelwesen aus Pilz und Algen. Vorkommen, Lebensweise, Bestimmung, Stuttgart 1979, S.18 f.

Da Flechten überwiegend an extremen Standorten vorkommen, an denen die Artendichte im Allgemeinen sehr niedrig ist, stellt sich diese Variante der Reproduktion für Lichenes als unzureichend heraus.

Flechten besitzen daher zusätzlich die Möglichkeit einer rein vegetativen Fortpflanzung. Hierfür bilden sie sogenannte Soredien aus, welche bei Querschnitten der Blatflechte *Parmelia sulcata* zum Vorschein kommen (vgl. 4.6). Dabei handelt es sich um eine oder mehrere Algen, die von einer dichten Hülle aus Pilzhyphen geschützt werden. Diese Fortpflanzungspakete werden in den sogenannten Soralen innerhalb des Flechtenthallus gebildet. An diesen Stellen bricht der Flechtenthallus schließlich auf und die Soredien können von Wind, Wasser und Kleintieren verbreitet werden.⁵ Die Soredien sind „mehr oder minder kugelig, gegen Trockenheit, Hitze und Fäulnis widerstandsfähig“⁶ und stellen somit einen sicheren Weg der Fortpflanzung für Flechten dar.

2.4 Bedeutung

Wie bereits aus der mikroskopischen Untersuchung hervorgeht, haben Flechten besondere Merkmale, welche der Mensch schon seit Jahrhunderten nutzt.

2.4.1 Flechten als Bioindikatoren - Beispiel München

Eine dieser Nutzungen ist die Verwendung als Bioindikator.

Als Bioindikator werden im Allgemeinen Organismen bezeichnet, welche Veränderungen innerhalb eines Ökosystems anzeigen.

„Das fein ausbalancierte Stoffwechselgeschehen zwischen Pilz und Alge ist störanfällig“⁷, da die Symbiosepartner zwei separate Stoffwechsel besitzen, welche für

⁵ vgl. Jahns, H., Farne - Moose - Flechten Mittel-, Nord - und Westeuropas, München 1980, S. 28 f.

⁶ Follmann, G., FLECHTEN. (LICHENES), Stuttgart 1968², S. 14

⁷ Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hg.), Flechtenkartierung in München. Eignung von Flechten als Bioindikatoren für verkehrsbedingte Immissionen, München 2002

die Symbiose genau aufeinander abgestimmt sein müssen. Zudem besitzen Flechten im Vergleich zu einem Laubblatt keine ausgeprägten Ausscheidungsorgane, wie Spaltöffnungen und können so Giftstoffe nur schwer ausscheiden. Flechten sind daher besonders anfällig auf saure Schadgase in der Luft, welche sich in den Organismen akkumulieren und zeitversetzt bemerkbar machen.

In München wurde in den letzten 100 Jahren öfter eine sogenannte Flechtenkartierung durchgeführt, um eine Veränderung der Luftqualität feststellen zu können.

Bei der letzten wurde die Stadt dafür nach einem 1 km x 1 km Raster in mehrere Planquadrate eingeteilt. Anschließend wurden in jedem Planquadrat mindestens 8 Bäume mit vergleichbaren Borkeneigenschaften untersucht.

Als Maß für den Flechtenbewuchs in einem bestimmten Planquadrat gilt dabei die sogenannte Frequenz. Diese gibt die Häufigkeit an, wie oft eine bestimmte Flechtenart auf einer Baumrinde vorkommt und wird mithilfe eines Flechtenaufnahmegitters ermittelt.⁸

Die Ergebnisse können anschließend in einer Karte vermerkt werden, auf der somit die drei Wuchszonen sichtbar werden⁹:

- Flechtenwüste: In dieser Zone ist kein Flechtenleben mehr möglich
- Kampfzone: In diesem Bereich sind Flechten stark zurückgebildet und der Bewuchs ist sehr verkümmert
- Normalzone: Hier liegt ein natürlicher Flechtenwuchs vor

Anhand verschiedener Flechtenkartierungen von 1890 bis 2000 kann erfreulicherweise aufgezeigt werden, dass die Flechtenwüste in München verschwunden ist. Diese erlebte 1956 ihre größte Ausdehnung und konnte durch verschiedene Maßnahmen zur

⁸ vgl. Bartholmeß, H., Flechten als Bioindikatoren für Umweltbelastung, in: <http://www.umweltwirkungen.de/downloads/kartierung-nach-vdi-3957-13-neu.pdf>, Zugriff am 27.04.2011!

⁹ vgl. Hafellner, J., Bioindikation mit Flechten - methodische Ansätze samt Auswertung (2), in: <http://www.kfunigraz.ac.at/~hafell/Bioindikation.htm>, Zugriff am 27.04.2011

Verbesserung der Luftqualität eingedämmt werden, so dass sie 1984 vollkommen verschwand.

Die Verbesserung kann jedoch auch darauf zurückgeführt werden, dass die Schwefeldioxide, auf die das Messverfahren ursprünglich ausgelegt war, für die Luftqualität größtenteils ihre Bedeutung verloren. Heute ist hingegen verkehrsbedingte Emission für die Luftverschmutzung hauptverantwortlich, welche sich aus Rußpartikeln, Stickstoffoxiden und Kohlenstoffoxiden zusammensetzt. Einige Flechten reagieren jedoch nicht mit einem verminderten Wachstum auf diese Luftverschmutzung, sondern blühen dadurch erst richtig auf.

Indem jedoch auf die jeweiligen Arten genau eingegangen wurde und das Messverfahren in diese Richtung verfeinert wurde, konnte bewiesen werden, dass Lichenes auch bei Luftverschmutzung durch verkehrsbedingte Immissionen als Bioindikatoren dienen können.

Zu diesem Ergebnis kam das Forschungs- und Entwicklungsvorhaben des Bayerischen Landesamtes für Umwelt *Flechtenkartierung München - Eignung von Flechten als Bioindikatoren für verkehrsbedingte Immissionen*.

Im Rahmen einer dabei durchgeführten Flechtenkartierung konnte zudem festgestellt werden, dass von 1984 bis 2000 der Flechtenbewuchs lediglich in der Nähe des Hauptbahnhofes und der Denninger Straße zurückging. Im Rest von München blieb die Situation hingegen gleich oder verbesserte sich, weshalb ein durchweg positiver Trend in Hinsicht auf Lichenesbewuchs und Luftqualität vorzuweisen ist.

2.4.2 Verwendung von Flechten-Inhaltsstoffen

Des Weiteren ergeben sich viele andere Nutzungsformen aus den Inhaltsstoffen des Flechtenlagers.

Dabei sind die sekundären Stoffwechselprodukte der Lichenes besonders interessant. Während die primären Stoffwechselprodukte zwischen den Symbiosepartnern ausgetauscht werden, tragen die sekundären nichts zum eigentlichen Energieaustausch

innerhalb der Flechte bei. Diese, als Flechtensäure bezeichneten, Substanzen werden fast immer vom Mycobionten gebildet und gelten als typisches Merkmal einer jeden Flechte.

Die Flechtensäuren können beispielsweise genutzt werden, indem das Flechtenlager mithilfe von Pottasche, Wasser, Ammoniak und Kalk zu verschiedenen Farbstoffen umgewandelt wird. Auf diesem Weg wird der sogenannte „Lackmus-Farbstoff“¹⁰ aus Strauchflechten der Gattung *Rocella* gewonnen und ist als natürlicher Wirkstoff in Indikatorpapier enthalten.

Zudem bilden Flechten der Gattungen *Usnea*, *Cetraria*, *Cladonia* und *Ramalina* Schleimstoffe und Usninsäure. Ersteres wirkt reizmildernd und letzteres stark antibiotisch, weshalb sie in Form von Tees, Puder oder Lutschpastillen als Antibiotikum bei Schleimhautreizungen im Mund- und Rachenraum angewandt werden.¹¹

Außerdem enthalten manche Flechtensäuren verschiedene hydrolytisch spaltbare Depside, welche einen herben Geruch mit sich bringen. Von Flechten der Gattungen *Evernia* und *Pseudevernia* werden deshalb „jährlich [...] zwischen 8000 und 9300 Tonnen [geerntet und] [...] getrocknet“¹². Die Thalli werden anschließend mithilfe eines Alkohols wie Ethanol wiederbefeuchtet, was ein schwarzbraunes, öliges Extrakt liefert. Dieser Auszug ist wegen seines charakteristischen Flechten-Geruchs in vielen Seifen und Parfüms enthalten.

3. Das unausgeschöpfte Potential der Flechten

Auch wenn Flechten durch ihre Erscheinung häufig vortäuschen, eine niedere Lebensform zu sein, so sollte spätestens diese mikroskopische Untersuchung gezeigt haben, dass Flechten durchaus eine hoch interessante, weit entwickelte und komplexe

¹⁰ Feige / Kremer, Flechten, S. 54

¹¹ vgl. Bickel-Sandkötter, S., Nutzpflanzen und ihre Inhaltsstoffe, Wiebelsheim 2003², S.144

¹² Ebd., S.144

Lebensgemeinschaft aus Pilz und Alge darstellt. Die genannten Nutzungsmöglichkeiten der Flechten sollten zudem deren Potential aufgezeigt haben, welches bis heute noch nicht vollkommen ausgeschöpft ist und nur erahnt werden kann. Dafür spricht der Aspekt, dass jährlich neue Flechtenarten entdeckt und beschrieben werden.

Bedenklich ist allerdings, dass durch die Abholzung beziehungsweise Erschließung des tropischen Regenwaldes und des borealen Nadelwaldes sehr artenreiche Flechten-Lebensräume ökologisch umstrukturiert werden. Dabei ist damit zu rechnen, dass große Bestände noch unerforschter Flechten unwiderruflich zerstört werden, deren Bedeutung für die moderne Pharmazie, Biologie und Chemie unbeschreiblich sind.

4. Anhang: Mikroskopische Zeichnungen

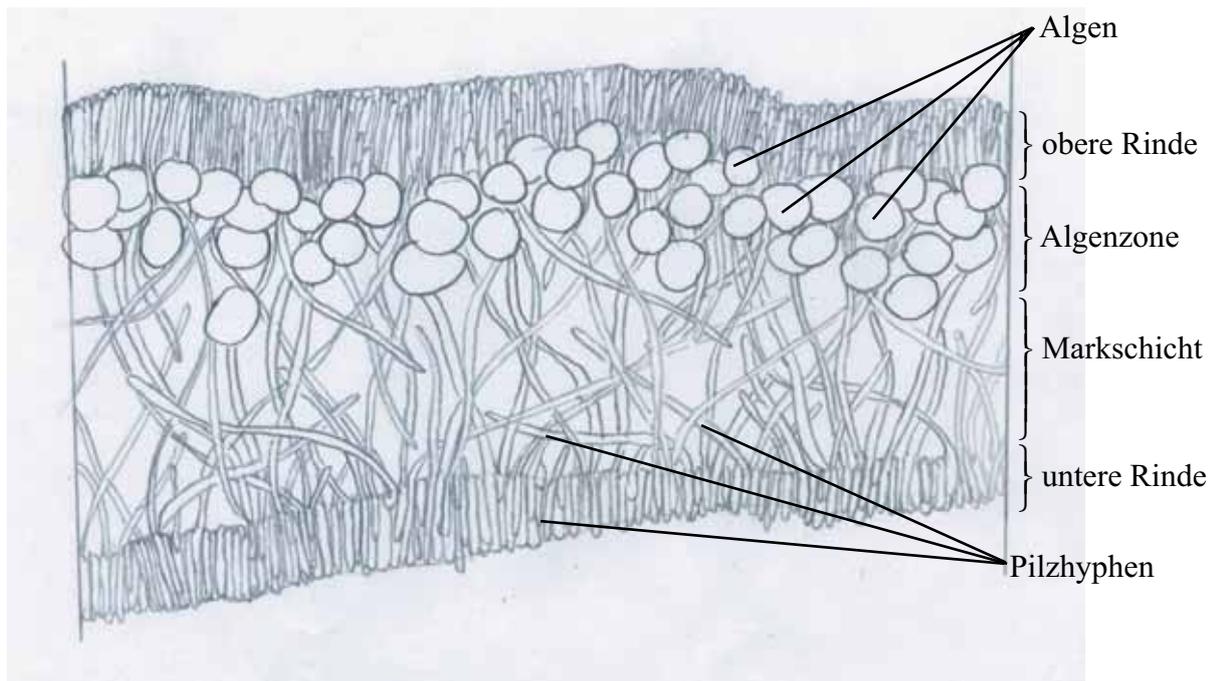
4.1 Querschnitt durch das Lager einer Blatflechte mit Algenschicht

Datum: 31. Mai 2011

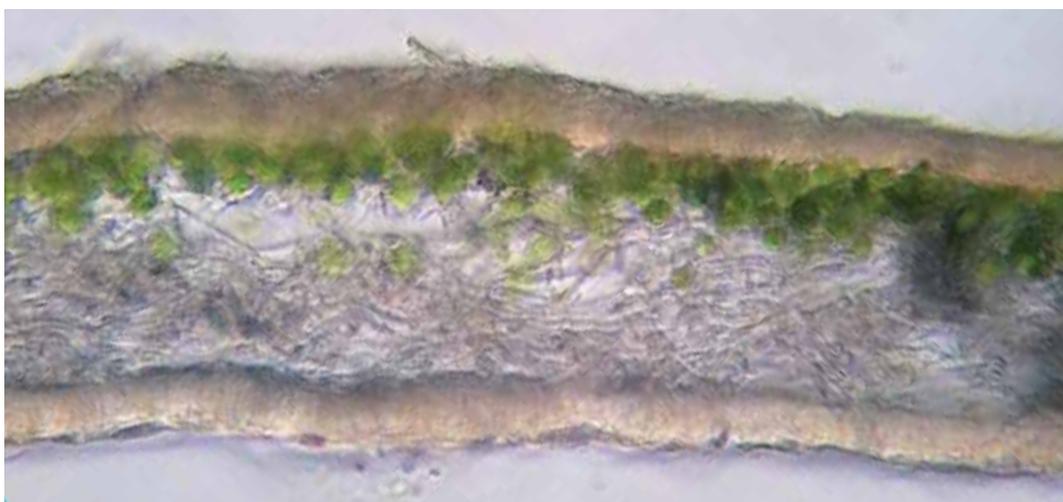
Art: Lobaria pulmonaria

Vergrößerung: 400:1

Zeichnung:



Photographie (Vergrößerung 400:1):



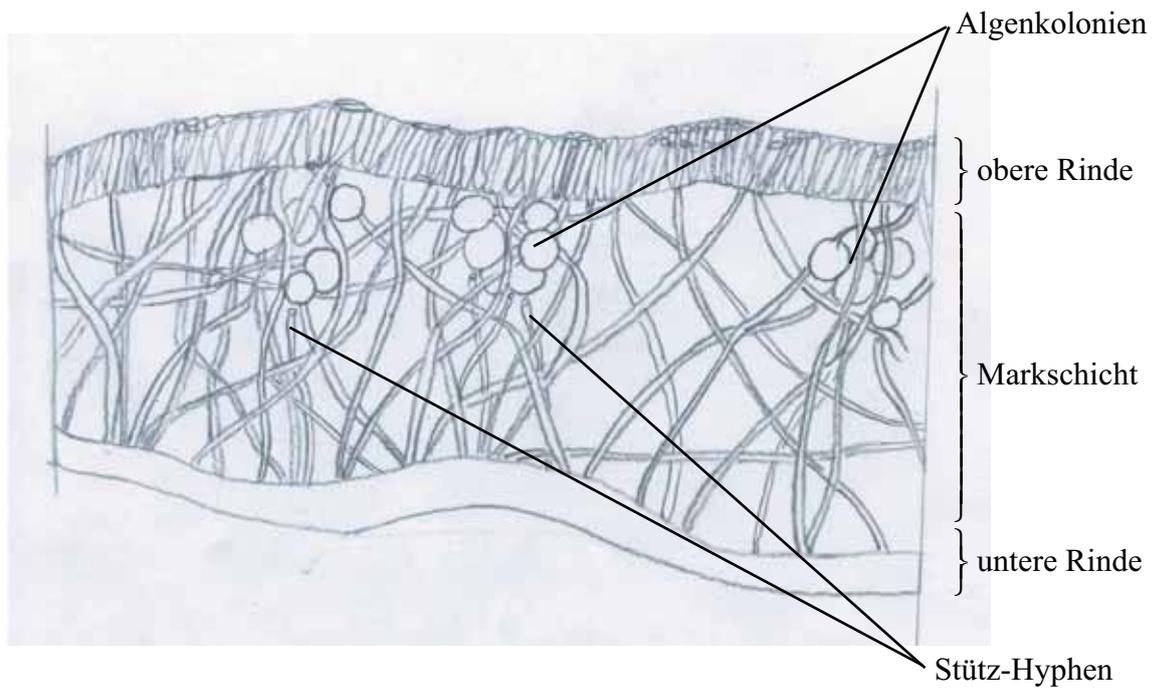
4.2 Querschnitt durch das Lager einer Blatflechte mit Algengruppen

Datum: 1. August 2011

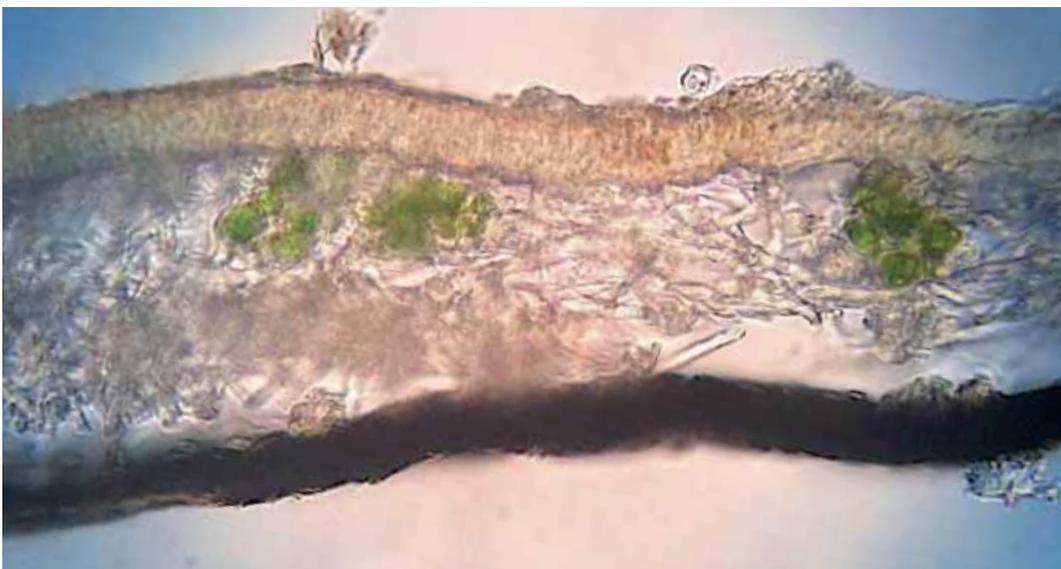
Art: *Platismatia glauca*

Vergrößerung: 400:1

Zeichnung:



Photographie (Vergrößerung 400:1):

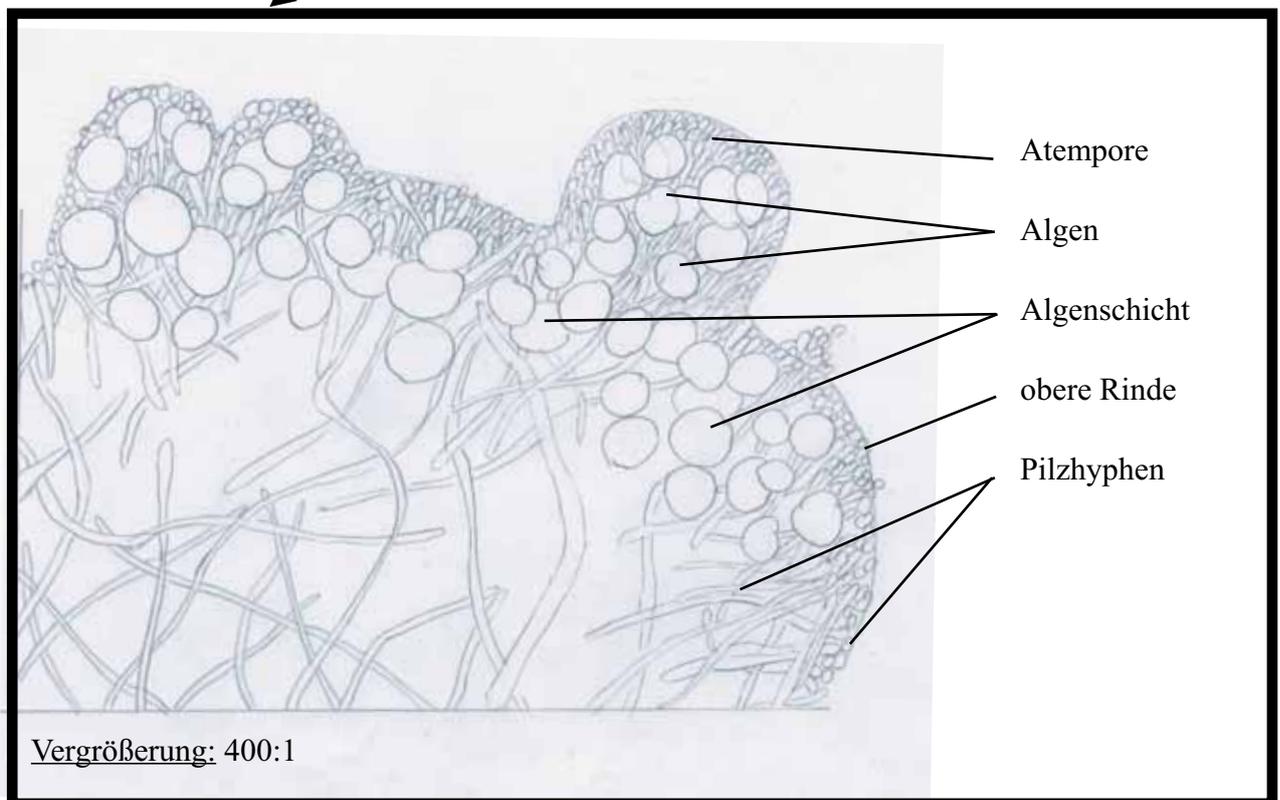
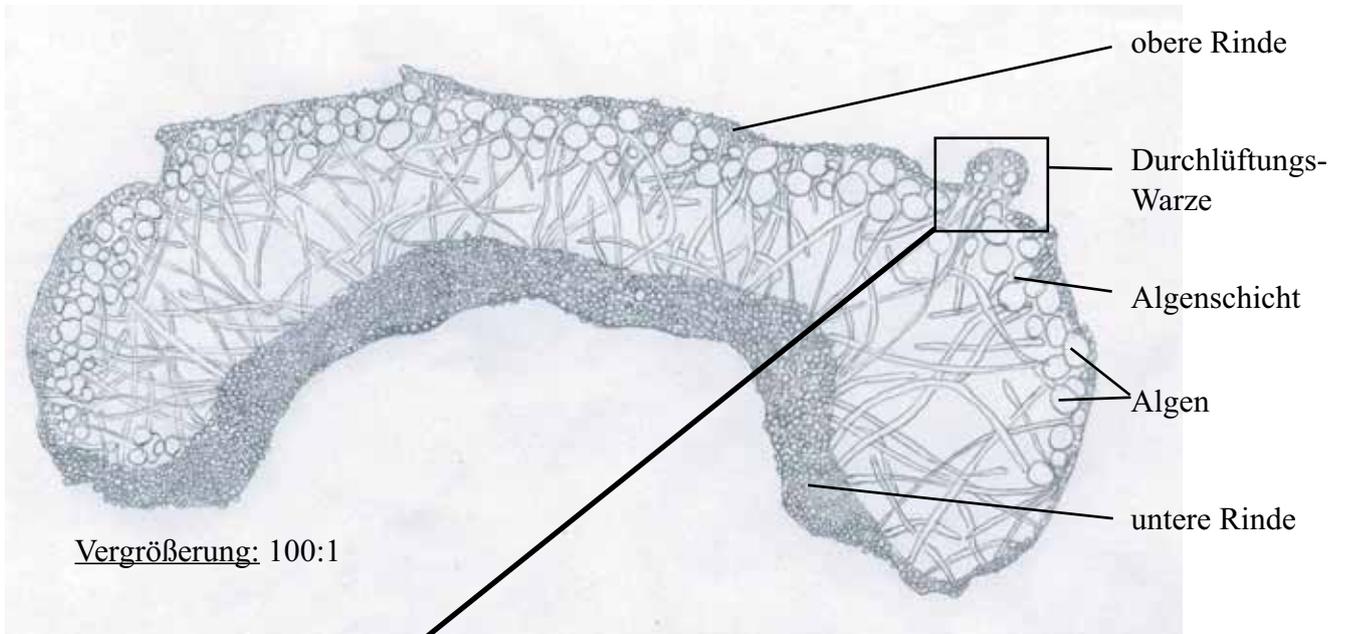


4.3 Querschnitt durch das Lager einer Strauchflechte

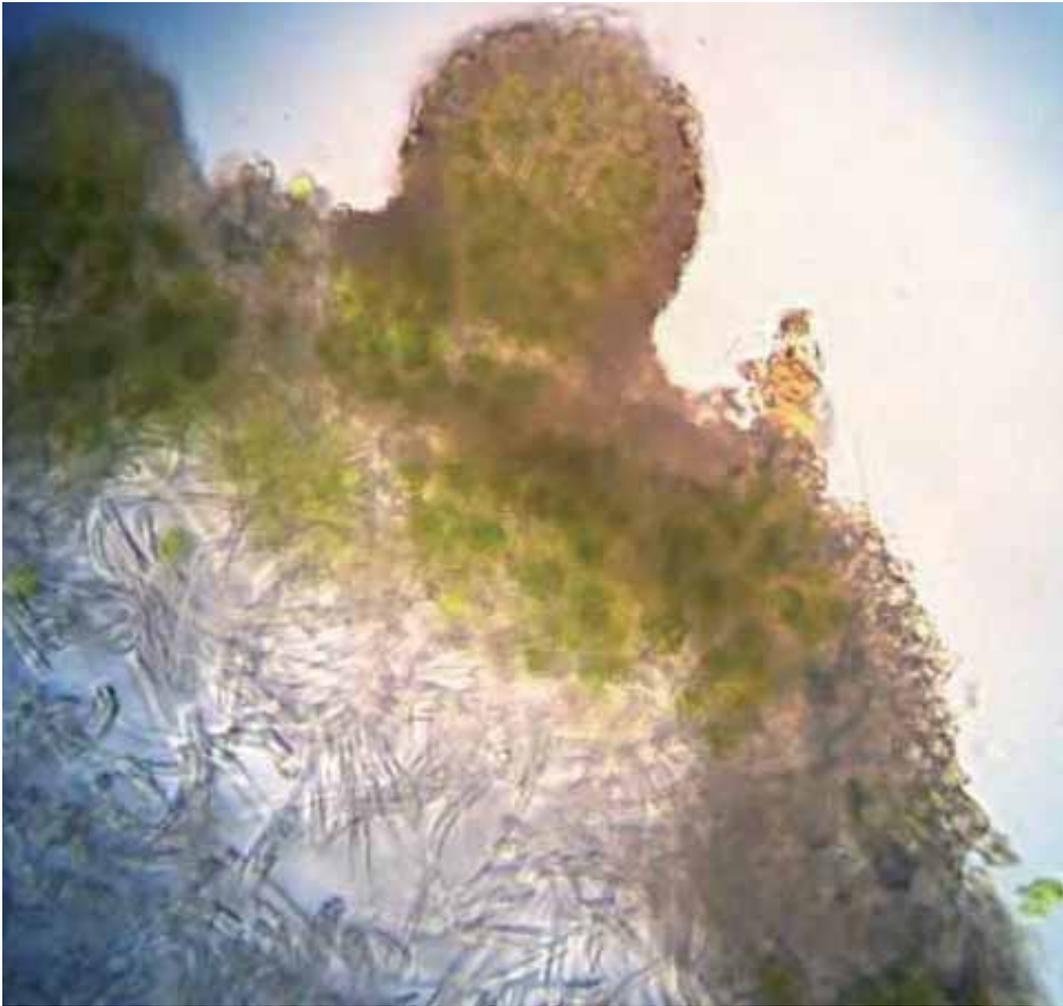
Datum: 3. August 2011

Art: Evernia prunastri

Zeichnung:



Photographie (Vergrößerung 400:1):



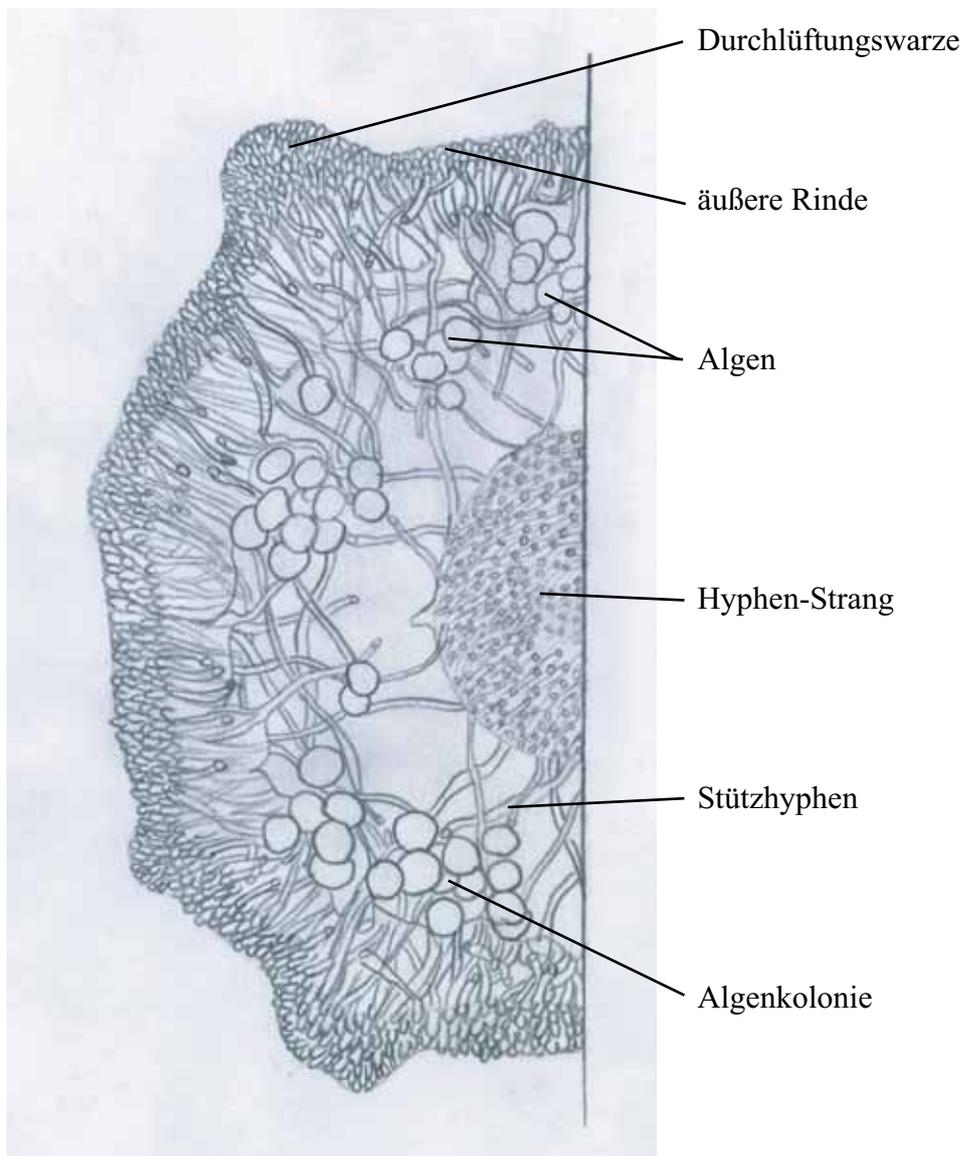
4.4 Querschnitt durch das Lager einer Bartflechte

Datum: 8. September 2011

Art: *Usnea filipendula*

Vergrößerung: 400:1

Zeichnung:



Photographie (Vergrößerung 400:1):

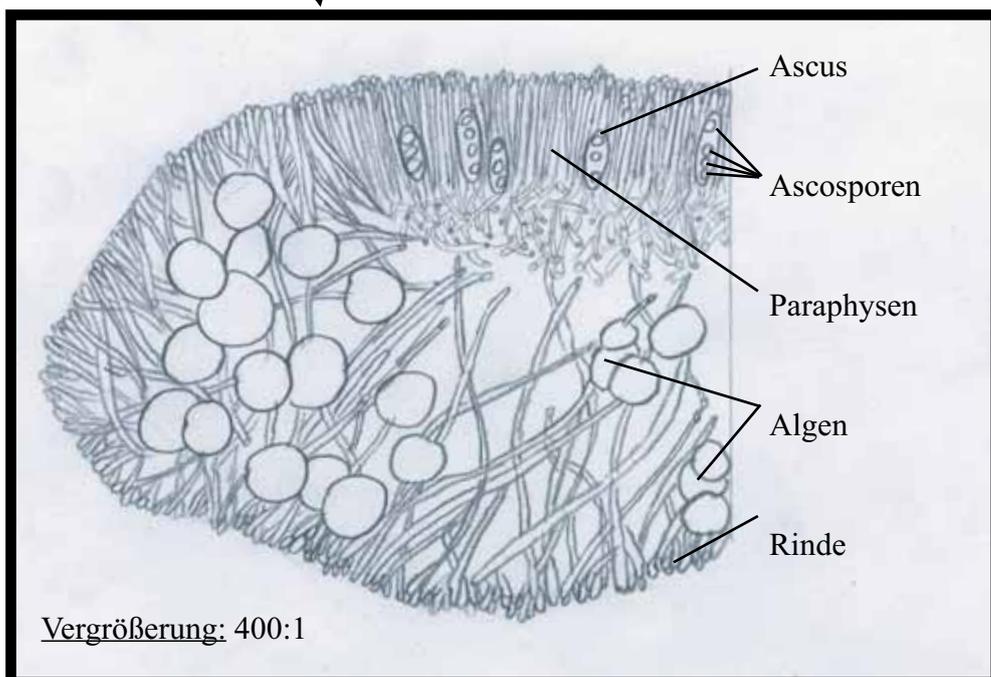
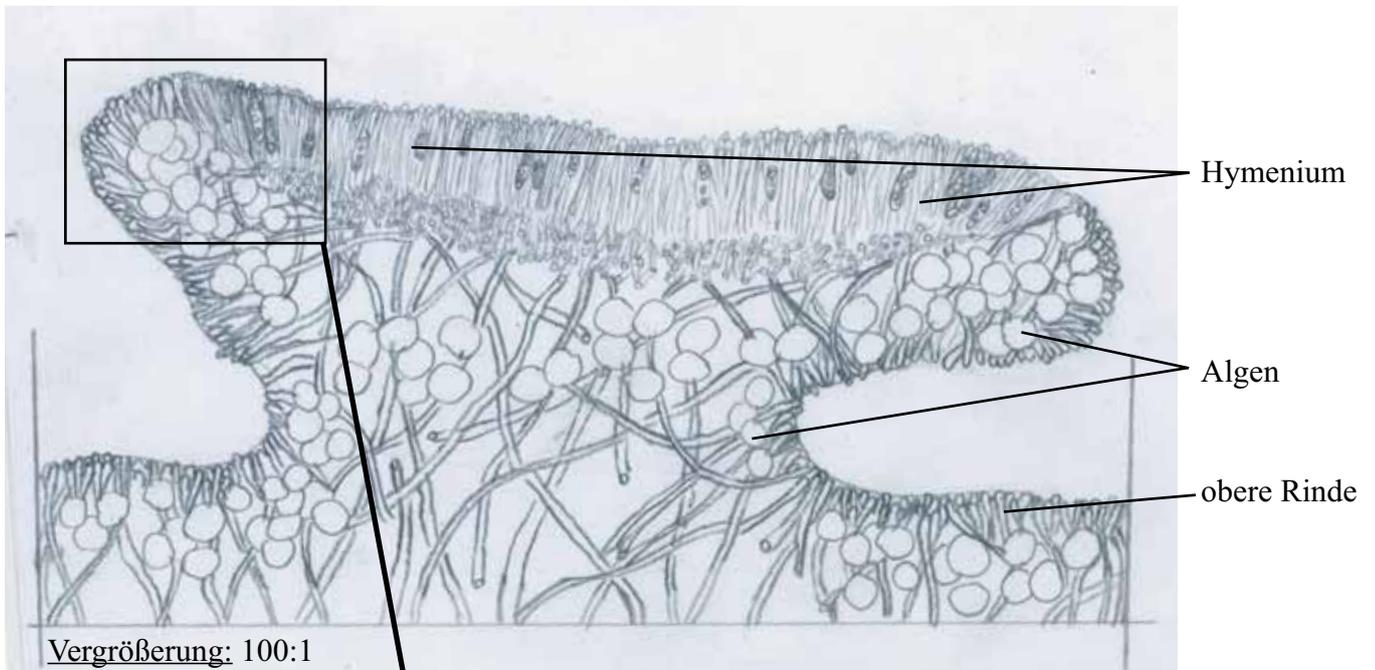


4.5 Querschnitt durch den Fruchtkörper einer Blattflechte

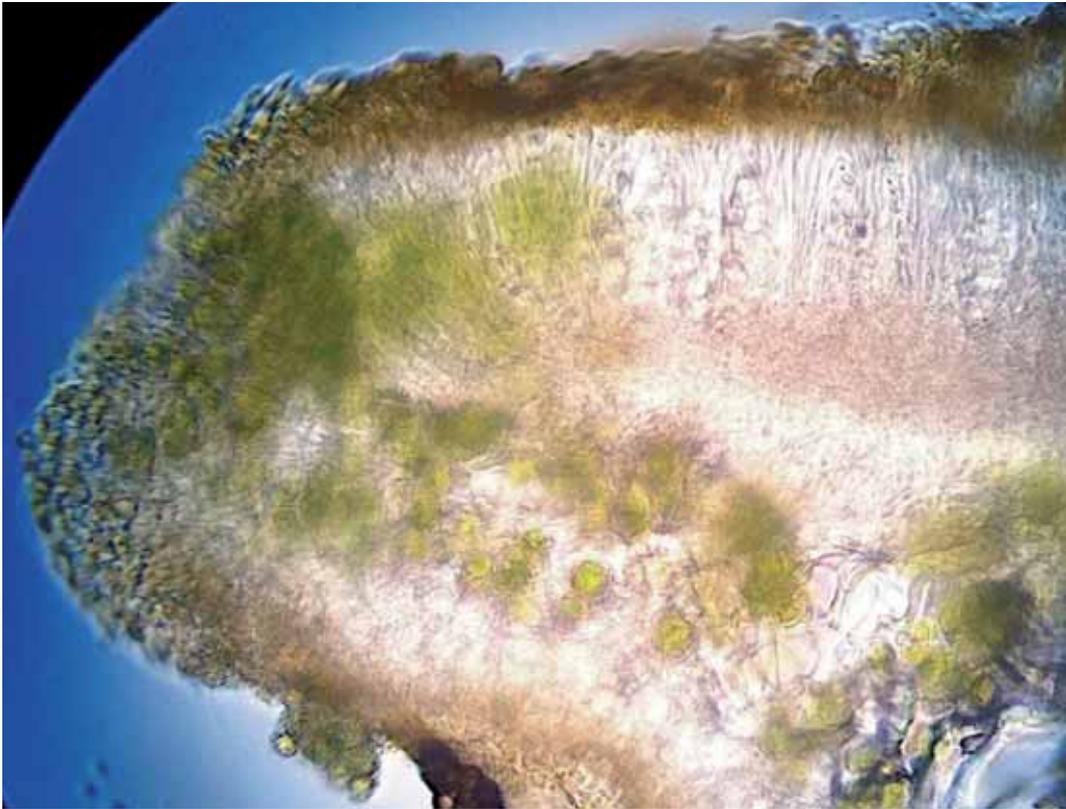
Datum: 9. September 2011

Art: Xanthoria parietina

Zeichnung:



Photographic (Vergrößerung 400:1):



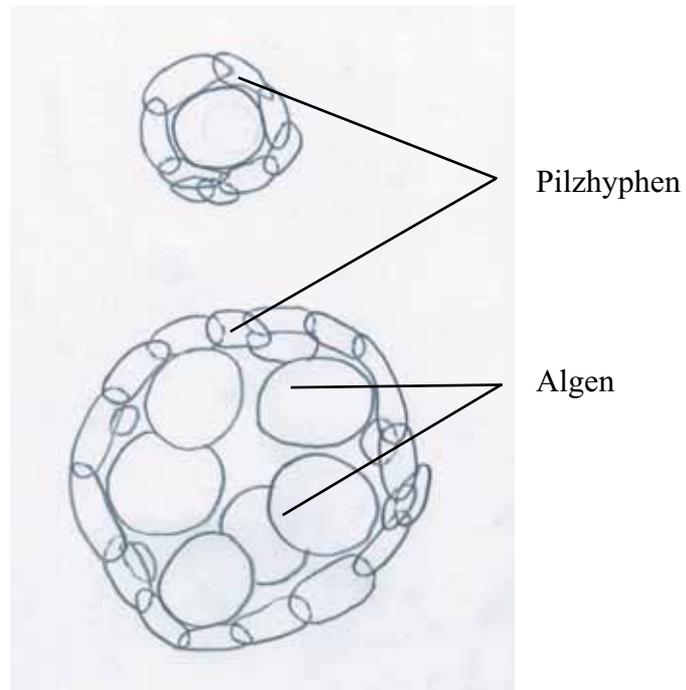
4.6 Soredien einer Blattflechte unter dem Mikroskop

Datum: 11. September 2011

Art: *Parmelia sulcata*

Vergrößerung: 1000:1

Zeichnung:



Photographie (Vergrößerung 1000:1):



5. Literaturverzeichnis

5.1 Literatur

1. Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hg.), Flechtenkartierung in München. Eignung von Flechten als Bioindikatoren für verkehrsbedingte Immissionen, München 2002
2. Bickel-Sandkötter, S., Nutzpflanzen und ihre Inhaltsstoffe, Wiebelsheim 2003²
3. Feige, G. / Kremer, B., Flechten - Doppelwesen aus Pilz und Alge. Vorkommen, Lebensweise, Bestimmung, Stuttgart 1979
4. Follmann, G., FLECHTEN. (LICHENES), Stuttgart 1968²
5. Jahns, H., Farne - Moose - Flechten Mittel-, Nord - und Westeuropas, München 1980
6. Macher, M., Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hg.), Epiphytische Flechten im Nationalpark Bayerischer Wald, München 1992
7. Wirth, V., Flechtenflora, Stuttgart 1980

5.2 Internetadressen

1. Bartholmeß, H., Flechten als Bioindikatoren für Umweltbelastung, in: <http://www.umweltwirkungen.de/downloads/kartierung-nach-vdi-3957-13-neu.pdf>, Zugriff am 27.04.2011
2. Frahm, J., Eine einfache Schnitttechnik zur schnellen Bestimmung von Torfmoosen, in: http://www.mikroskopie-bonn.de/bibliothek/botanische_mikrotechnik/index.html#a536, Zugriff am 25.04.2011
3. Hafellner, J., Bioindikation mit Flechten - methodische Ansätze samt Auswertung (2), in: <http://www.kfunigraz.ac.at/~hafell/Bioindikation.htm>, Zugriff am 27.04.2011

6. Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die Seminararbeit ohne fremde Hilfe angefertigt und nur die im Literaturverzeichnis angeführten Quellen und Hilfsmittel benützt habe.

Ort, Datum und Unterschrift des Verfassers