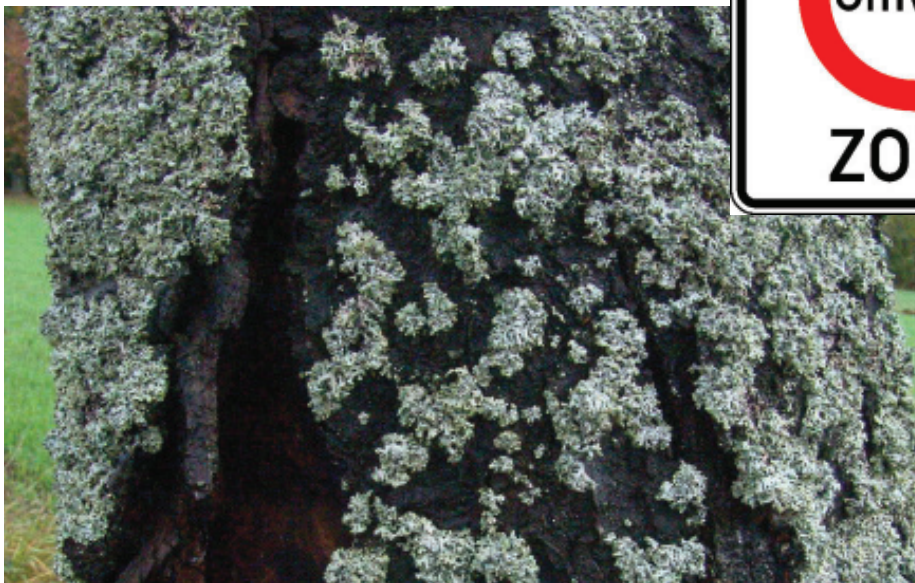


**Landeshauptstadt
Hannover**



Schulbiologiezentrum



Flechten als Lebewesen und Bioindikatoren in der Schule

(Luftgüte und Klimawandel)

Vorläufige Fassung: Mai 2011

Herausgeber: Landeshauptstadt Hannover
Schulbiologiezentrum

Impressum:

Titel: **Flechten als Lebewesen und Bioindikatoren in der Schule
(Luftgüte und Klimawandel)**

Arbeitshilfe
März 2011 (vorläufige Fassung)

Verfasser: Ingo Mennerich
Titelbild: Hypogymnia physodes (Bild: Autor)

Herausgeber: Landeshauptstadt Hannover
Fachbereich Bibliothek und Schule
Schulbiologiezentrum
Vinnhorster Weg 2
30419 Hannover
Tel: 0511/168-47665
Fax: 0511/168-47352
E-Mail: schulbiologiezentrum@hannover-stadt.de
Internet: www.schulbiologiezentrum.info

Bildmaterial:

KIRSCHBAUM / WIRTH: Flechten erkennen – Lüftgüte bestimmen, Ulmer Verlag,
Stuttgart 1985, mit freundlicher Genehmigung der Autoren

Mit freundlicher Genehmigung des Kosmos Verlags entnommen aus:
Follmann, Flechten (Lichenes), (c) 1968, Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG,
Stuttgart

Inhalt

Vorwort

Eine „Flechte“, die keine ist (*Tillandsia usneoides*)

Licht am Ende des „Flaschenhalses“: Rückkehr der Flechten

Biodiversität: Was geht uns der Rückgang der Arten an?

Flechten sind langweilig, oder?

Flechten im Schulbiologiezentrum: Keine Angst vor zu vielen Arten!

Breitgetretene Kaugummis oder Lebewesen? Was sind Flechten?

 Organisationstyp „Flechte“

 Sexuelle Fortpflanzung

 Vegetative Vermehrung

Was kann man davon sehen? Flechten und Verwandtes unter dem Mikroskop

Flechten sind gefährdet: „Rote Liste“

Fuß fassen: Der Lebensraum der Rindenflechten

Flechten und Schadstoffe

 Technische Messungen und / oder Bioindikatoren?

 Schwefeldioxid

 „Saurer Regen“

 Experiment: „Saurer Regen“ im Marmeladenglas

 pH-Wert von Baumrinden

 Schwefeldioxidbelastung geht zurück

 Flechten zur Zeit des „Waldsterbens“

 Schädigungen durch SO₂

 Andere Schadstoffe (O₃, NO₂, NH₃, Staub)

Schädigung durch Stickstoffoxide

Flechten und Klima (Ausblick)

Bioindikation

 Häufigkeits-Toxizitäts-Index (HTI-Verfahren, nach KNABE)

 Zeigerwerte (KIRSCHBAUM / WIRTH)

 Zeigerwerte geordnet nach Toxitoleranz (WIRTH)

 Zeigerwerte geordnet nach Reaktionszahl (pH)

 Zeigerwerte geordnet nach Stickstoffzahl N (Eutrophierung)

 Zeigerwert „Stadttoleranz“ (nach KRICKE)

Arbeitsblätter „Bonitur“ nach KNABE / HTI-Verfahren

Quellen und empfohlene Literatur

Vorwort

„Flechten als Bioindikator“: Das ist kein neues Thema und vor allem keine „Erfindung“ des Schulbiologiezentrums Hannover. Mit dieser Arbeitshilfe möchten es lediglich Hannoverbezogen aktualisieren und es mit einem weiteren Thema verknüpfen, nämlich der Einrichtung einer „Umweltzone“ in Hannover. Deren Erfolg oder Misserfolg wird man möglicherweise an den Flechten messen können. Ziel dieser „Umweltzone“ ist die Reduzierung von Feinstaub- und Stick(stoff)oxid-Immissionen. Beide werden von den politischen Entscheidungsträgern in erster Linie dem Verkehr, sprich dem Auto zugerechnet die mit entsprechenden Verboten belegt werden. Die Konzentration von Stickstoffoxiden und Feinstaub wird durch das Lufthygienische Überwachungssystem Niedersachsen (LÜN) laufend erfasst, ins Netz gestellt und ist damit öffentlich zugänglich.



Viele Flechtenarten reagieren empfindlich auf Veränderungen der Luftqualität und eignen sich bei Kenntnis ihrer Ansprüche als verlässliche und kostengünstige „Messeinrichtungen“. Der Aufwand für chemisch/physikalische Messungen ist erheblich teurer als z.B. die Erfassung des Deckungsgrades verschiedener Flechtenarten auf den Rinden bestimmter Bäume.

Beide Mess- oder Erfassungsmethoden ihren Wert. Das Schulbiologiezentrum bietet Ihrer Schule Gaspürgeräte (DRÄGER) und ausgewählte Messröhrchen (z.B. SO₂, NO_x) und Staubsammelfilter zur Ausleihe an.

Auch wenn Sie sich nur oberflächlich mit Flechten beschäftigen werden Sie feststellen, dass in Hannover und Umgebung nur wenige Flechtenarten auf Bäumen wachsen. Wer sich eingehender mit dem Artenspektrum befasst wird allerdings feststellen, dass sich seit den Zeiten des „Sauren Regens“ viel verändert hat. Die bestenfalls von einer Art beherrschten „Flechtenwüsten“ der 70er Jahre sind einem Spektrum von 5 – 6 Arten spezieller Staub- und Stickstoffliebender Arten gewichen.. Es gibt also wieder Flechten. Es ist allerdings so als hätte man den Teufel mit dem Beelzebub ausgetrieben: Die heutige Artenzusammensetzung spiegelt einerseits die (erfreuliche) Reduktion der Schwefeldioxidemissionen durch den Wegfall von Hausbrand (Kohleöfen), Rauchgasentschwefelung in Kraftwerken und Einführung schwefelarmer oder -freier Treibstoffe (Diesel / Benzin). Andererseits schlagen sich auch die Entwicklungen in der Motorentechnik nieder: Weg von großvolumigen Spritfressern hin zu leistungsstarken, hochverdichtenden, Energiesparenden Motoren mit kleinem Hubraum. Bei den im Zylinder üblichen hohen Drucken und Temperaturen verbindet sich Luftsauerstoff (O₂) und -stickstoff (N₂) zu Stickoxiden (NO_x). Sie „düngen“ die Umwelt. In Hannover ist diese Entwicklung vielerorts an Bäumen ablesbar. Daraus folgt: Wird die „Umweltzone“ eine erneute Veränderung im Artenspektrum zur Folge haben?

Um diese längerfristigen Prozesse beobachten zu können, muss man sich mit Flechten, ihrer Biologie und vor allem mit ihren Umweltansprüchen befassen. Das gelingt der Schule nicht leicht, weil es schwer ist, die Flechten überhaupt ins Interesse der Lehrer und Schüler zu rücken.

Wir wollen den Versuch dennoch wagen.

Eine „Flechte“, die keine ist...



Im „Regenwald“ des Schulbiologiezentrums, dem „Tropen-“, oder „Unterrichtsgewächshaus“ tragen einige Bäume einen „Bart“. Dabei handelt es sich um eine wurzellose, im wahrsten Sinne des Wortes in der Luft hängende graugrüne Pflanze. Die meisten Besucher gehen achtlos daran vorbei. Sie wird erst interessant wenn man ein kleines Stück davon abreißt, es unter das Mikroskop legt und sie mit einem Tropfen Wasser versorgt. Das „Louisiana-Moos“, „Spanische Moos“ oder besser, da es sich definitiv nicht um ein Moos handelt (!), die „Bartflechtenbromelie“ ist eine mit der Ananas verwandter, im subtropischen und tropischen Amerika beheimateter Epiphyt. Die Bartflechtenbromelie ist keine Flechte. Sie sieht nur so aus, daher der Name. Sie hat keine Wurzeln, entzieht der Luft aber über spezielle Saugschuppen Feuchtigkeit. Diese scheinen, unter dem Mikroskop betrachtet, das Wasser regelrecht zu „fressen“... Der wissenschaftliche Name der Bartflechtenbromelie lautet Tillandsia usneoides. Die Gattung Tillandsia gehört zu den, meistens als „Aufsitzer“ bekannten Bromelien (Ananasgewächsen). Die Art „usneoides“ weist auf eine Bartflechte mit dem Namen „Usnea“ hin. Und diese Bartflechte ist – und da schließt sich der Kreis – nur noch in Gebieten mit hoher Luftqualität zu finden. Und das definitiv nicht in

Hannover.

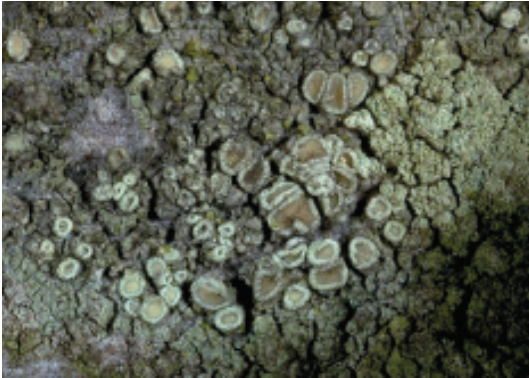
Denn (echte) Bartflechten mögen weder „Sauren Regen“ noch (eutrophierende) Stickstoffimmissionen. Sie sind „Zeigerpflanzen“ für saubere Luft und die gibt es in Deutschland nur noch selten... Tillandsia usneoides ist eine „höhere“ Pflanze die Blüten entwickelt, also eine Blütenpflanze. Usnea ist wie alle Flechten eine sehr komplexe „Symbiose“ aus „niederen“ Pflanzen (Algen) und Pilzen.



Den Unterschied erkennt man übrigens leicht , wenn man eine Bartbromelie und eine Flechte (vielleicht sogar Usnea) unter das Mikroskop legt....

Manchmal blüht Tillandsia usneoides sogar, allerdings nur sehr unscheinbar.

Licht am Ende des „Flaschenhalses“? Rückkehr der Flechten



In Deutschland gibt es etwa 1700 Flechtenarten. Vor der schrittweisen Entwaldung, die zu unserer heutigen „Kulturlandschaft“ geführt hat, und in vorindustrieller Zeit muss es unzählige und weit verbreitete Flechtenarten gegeben haben. Vor 30 Jahren jedoch gab es in unseren Städten nahezu keine Flechten mehr , man sprach von „Flechtenwüsten“. Wenn man auf Baumrinden überhaupt Flechten fand war die Krustenflechte **Lecanora conizaeoides** (Abb. links) die häufigste und oft einzige Art. Sie ist extrem säureliebend (acidophil). Die Luft war durch Schwefelemissionen extrem belastet. „Waldsterben“ gehörte 1983 zu den Spitzenkandidaten für das „Wort des

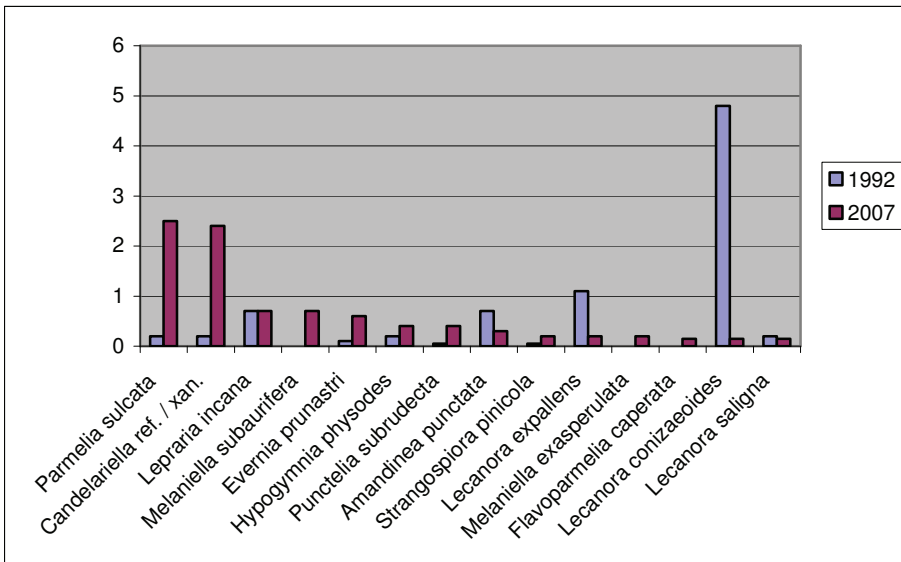
Jahres“. Pessimisten sprachen von „Artensterben“. Heute jedoch gibt positive Nachrichten: 2011 ist *Lecanora conizaeoides* in weiten Gebieten selten geworden. Im Schulbiologiezentrum Hannover suchen wir heute vergeblich danach. Muss man diesen möglicherweise „aussterbenden“ Botschafter industrieller Umweltzerstörung jetzt unter Schutz stellen`?



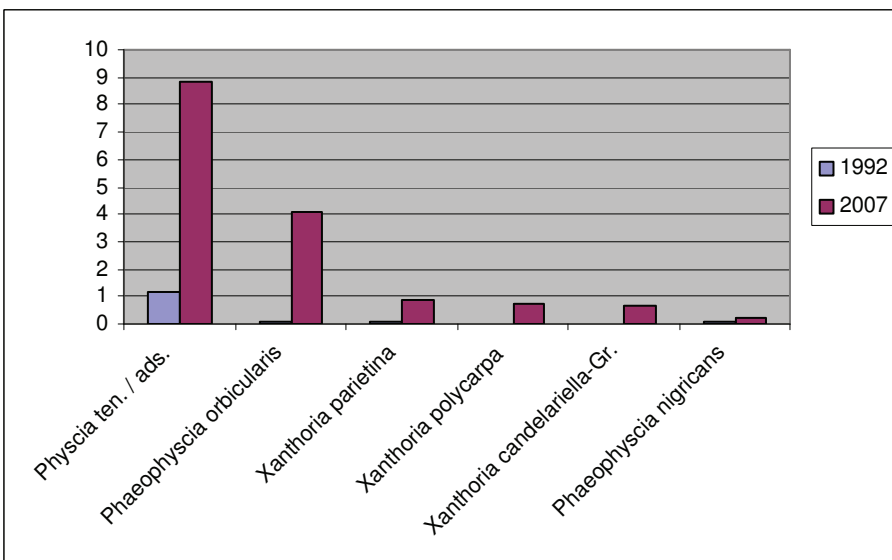
Im Gegenzug sind die etwas weniger saure Oberflächen bevorzugenden Blattflechten **Parmelia sulcata** (Abb. links) und **Physcia tenella** bzw. ihre „Cousine“ **Physcia adscendens** im Kommen: Auf bereits natürlicherweise weniger sauren Rinden von Apfel- und Kirschbäumen findet man das eine oder andere Exemplar. In Hessen wurde der Flechtenbesatz der Bäume in den letzten zwei Jahrzehnten nach strengen wissenschaftlichen Kriterien (VDI-Richtlinie) erfasst und kartiert (KIRSCH-BAUM). Hier zeigen sich gewaltige Veränderungen in der Häufigkeit und in der Artenzusammensetzung. Mit dem Rückgang der den „Sauren Regen“ verursachenden

Schwefelemissionen machen acidophile Arten Platz für neutrophile oder gar stickstoffliebende, Eutrophierung anzeigende Arten. Dies ist in Hessen vom Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) ausführlich und exemplarisch dokumentiert worden. Hier vollzieht sich ein Wandel der innerhalb einer Menschengeneration sichtbar wird: Die „Umwelt“ verändert sich und die in ihren Ansprüchen empfindlichen („krüschchen“) Flechten reagieren mit gewisser Zeitverzögerung darauf. Die beiden folgenden, aus der Schrift des HLUG „Flechten als Anzeiger der Luftgüte und des Klimawandels“ nachgezeichneten Grafiken zeigen, wie dramatisch *Lecanora conizaeoides* und *L. expallens* zwischen 1992 und 2007 in Hessen zurückgegangen und Eutrophierung anzeigende Arten (*Physcia*, *Phaeophyscia*) auf dem Vormarsch sind.





Entwicklung der Frequenz häufiger Referenzarten



Entwicklung der Frequenz häufiger Eutrophierungsanzeiger



In den 90er Jahren rief der WWF die Schulen dazu auf, Flechten zu erfassen. Das Ziel war, deutlich („bewusst“) zu machen, wie schlecht es um die „Umwelt“ bestellt war. Heute zeigen Flechten als Bioindikatoren oder „Zeigerorganismen“, dass sich die Umwelt erneut verändert. Ob zum Besseren oder nicht wird zu besprechen sein. Auch bei uns ist diese Veränderung sichtbar: Ganz zögerlich zeigten sich in der Umgebung des Schulbiologiezentrums schon erste Exemplare der lange „verloren“ geglaubten Pflaumenflechte **Evernia prunastri** (Abb. links).

Wir möchten mit dieser Arbeitshilfe einen neuen Anlauf nehmen, das Thema „Flechten und Biomonitoring“ für Schulen interessant zu machen. Wir sind uns durchaus bewusst, darin nicht die ersten zu sein:



Ulrich KIRSCHBAUM hat mit Volker WIRTH in vielen Jahren wissenschaftliche „Steilvorlagen“ geliefert. Im Internet findet man eine Reihe detaillierter Dissertationen und Diplomarbeiten. Walter KROHN hat in der „Grünen Schule“ (ZSU Hamburg) spannende schulpraktische Vorschläge gemacht und im dortigen Botanischen Garten einen „Flechtenpfad“ begründet. Es ist schwer, der Thematik noch Neues hinzuzufügen. Durch die Einführung einer (direkt an das Schulbiologiezentrum grenzenden) „Umweltzone“ gewinnen die „Flechten“ aber an Aktualität. Wir halten das Thema für ein wichtiges, forschende Schüler einbeziehendes Element im Rahmen der **Bildung für Nachhaltige Entwicklung**. Nicht zuletzt möchten wir langfristig einige Hannover-spezifische und regionale Aspekte herausarbeiten. Dazu allerdings brauchen wir viele aufmerksame Köpfe...

Biodiversität: Was geht uns der Rückgang der Arten an?

Ein Sonntag im winterlichen Berggarten: Viele Besucher sind zur Orchideenschau gekommen und bestaunen die Vielzahl der Farben und Formen. Viele wären bereit, den einen oder anderen Euro zu spenden um den Regenwald und damit die Heimat und die Vielzahl der Orchideen zu erhalten. Und um Orchideen mit nach Hause zu nehmen.

Zur gleichen Zeit außerhalb der Schauhäuser: Ein Besucher hält eine Lupe dicht über die Rinde der alten geköpften Linden stellt fest, dass sie jetzt von drei oder vier Flechtenarten besiedelt werden. Die wenigen, sich vom kalten Winterwetter nicht abgeschreckten Besucher schauen ein wenig misstrauisch hinüber und halten Distanz...

Das zeigt: Die Vielfalt der Natur (Biodiversität) und deren Erhaltung ist in erster Linie eine Frage der Wahrnehmung. Wollen wir die Natur erhalten wie sie ist oder wollen wir (nur) die Natur erhalten die wir mögen? Sollte man sich überhaupt für Flechten und andere unscheinbare Organismen, Algen, Moose, Schachtelhalme, Bärlappe, Farne engagieren?

Nur wenige wissen, dass die winzigen Samen der Orchideen nur keimen, wenn ihnen Pilze dabei helfen. Orchideen-Arten brauchen passende, ihnen „zuarbeitende“ Pilz-Arten. Ohne diese Pilze gäbe es keine Orchideen. Sterben die unscheinbaren Pilze aus sterben auch die Orchideen. Sollte man hier von einer Lebensgemeinschaft sprechen, von einem Doppel-Lebewesen oder einem Lebewesen mit „zwei Gesichtern“?

Flechten sind langweilig, oder?

Ein Plädoyer dafür, sich nicht nur mit Gewässern zu beschäftigen

Flechten gehören für die Meisten auf den ersten Blick zum wohl Langweiligsten was die Schulbiologie zu bieten hat. Leider hat die Abteilung „Botanik“ das Pech, mit mehrheitlich unbeweglichen und nicht ansprechbaren Organismen zu tun zu haben. Anders als junge Mäuse entwickeln keimende Samen oder junge „Pflanzenbabys“ kein Kindchenschema. Sie haben halt keine Eltern auf deren Fürsorge sie wachrufen bräuchten. „Machen Sie lieber was mit Tieren“, so die Bitte vieler KollegInnen.

Die so genannten „niedereren“ Pflanzen Algen, Moose, Schachtelhalme und Farne sind (deshalb?) weitgehend aus den schulischen Curricula herausgefallen. Man kann heute ohne weiteres sein Abitur in Biologie ablegen ohne zu wissen wie diese Pflanzen vom Typ her aussehen, geschweige denn wie „funktionieren“. Das birgt Probleme: Zukünftigen Generation wird es schwer fallen zu erfassen, was vielleicht noch in Resten vorhanden oder bereits verloren ist. Aber dafür kann man den Calvin-Zyklus oder die Hardy-Weinberg-Regel auswendig. Oder sich über den Sinn oder Unsinn von Biokraftoffen streiten. Artenkenntnis ist „out“.

In der gymnasialen Oberstufe werden, als Beispiele für komplexe Ökosysteme häufig Gewässer untersucht. Das und das etwas tiefer angelegte „Tümpeln“ sind im Schulbiologiezentrum häufig nachgefragte Themen, schon weil die Schulen in der Regel kein passendes Feuchtbiotop vor der Tür haben.

Ziel der Gewässerkurse ist meist die biologische und chemische Erfassung des Gewässerzustands. Dabei benutzt man die für Gewässergüteklassen typischen Zeigerorganismen. Viele Tier- und einige Pflanzenarten sind in ihren Ansprüchen mit einem „**Saprobienwert**“ korreliert der letztlich Aufschluss gibt über den längerfristigen Sauerstoffgehalt des Gewässers.



Zur Erfassung eines umfassenden **Saprobienindex** ermittelt man die **Frequenz** der mit einem Saprobienwert bewerten **Zeigerorganismen** aus und ordnet sie **Häufigkeitsklassen** zu. Dann braucht man nur noch den Saprobienwert mit dem Häufigkeitsindex zu multiplizieren die Werte aller Zeigerorganismen nach einer einfachen Formel zu einer Gesamtbewertung zusammenzufassen. Die biologische Bewertung wird anschließend durch eine Reihe von physikalisch-chemischen Tests unterstützt (**Gewässerkoffer**). Dabei misst man die Temperatur, den pH-Wert, den Härtegrad, den O₂-, Nitrat-, Nitrit-, Phosphat und Ammoniumgehalt des Gewässers und fügt alle Einzelemente zu einem Gesamtbild zusammen.

Bei einem Gewässerkurs taucht man mit den Schülern in eine ihnen unbekannt, faszinierende von spannenden Tieren (wer interessiert sich schon für Pflanzen?) bevölkerte „andere“ Welt ein. Das und die ungewohnte Arbeit draußen macht solche Kurse so populär.

Menschen bewegen sich in der Regel mehr an der Luft als im Wasser. Wasser tritt uns, soweit es für das Leben existentiell eher in Form von „Trinkwasser“, von allen Schadstoffen befreit als Lebensraum entgegen. Daher sind auch Kurse, die sich mit Abwasser und seiner Wiederaufbereitung beschäftigen bei uns sehr populär. Dennoch: Für einen täglich mehr als 40000 mal ein- und ausatmenden Menschen müsste die Qualität der Luft eigentlich von noch größerer Relevanz sein als die des Wassers.

Leider sind die, die Luft bevölkernden Lebewesen nur sehr beschränkt zur Bewertung der Luftqualität nutzbar. Der Vogel fällt erst ganz zum Schluss vom Himmel. Flechten dagegen sind hervorragende Bioindikatoren zur Erfassung der Luftqualität. Leider gilt das für die „niederen“ Pflanzen gesagte in verschärfter Form für Flechten: Sie sind zunächst nur große „Langweiler“.

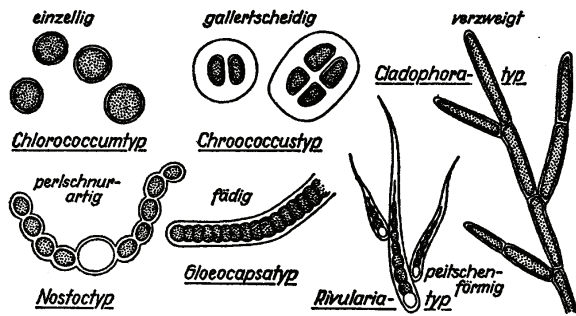
Unter dem **Binokular** eröffnet sich dann eine ganz eigene Welt: Winzige, vorher nicht wahrgenommene Käfer und Springschwänze durchstreifen einen „Wald“ aus blattartigen, manchmal mit „Haaren“ versehenen Strukturen zwischen denen bunte „Knöpfe“ oder „Trompeten“ stehen. Einige dieser Gebilde sind geöffnet und entlassen feinen Staub. Einige Flechten scheinen sich teilweise oder gar vollständig in Staub aufzulösen. Die davon lebenden Insekten sind dann von ihrer Nahrung völlig „eingepudert“.

Das stärker vergrößernde **Mikroskop zeigt**, dass Flechten Mischwesen aus meist einzelligen **Grünalgen**, **Cyanobakterien** (früher „Blualgen“) und **Pilzen** sind. Sie bilden, so steht es in vielen Büchern, eine **Symbiose**, so wie der Birkenpilz mit der Birke eine Symbiose eingeht in dem er ihr zusätzliche „Wurzeln“ schafft (Mycorrhiza). An dieser Stelle drängt sich ein Gedanke auf: Kann die Birke ohne Birkenpilz, kann der Birkenpilz ohne Birke und darf man Birke und Birkenpilz als einen Organismus bezeichnen? Tatsächlich erscheint die „Lebensgemeinschaft“ Flechte wie ein „Win-Win“-Organismus zum gegenseitigen Vorteil beider „Partner“. Flechten haben keine Wurzeln wie Pflanzen oder kein ihren Lebensraum „durchwurzelndes“ Mycel wie die Pilze. Sie sind, anders als z.B. die baumbewohnende Mistel keine Schmarotzer oder Parasiten und entziehen ihrem „Wirt“ keine Energie. Sie bewohnen oft extreme Lebensräume. Sie besitzen, anders als „höhere“ Pflanzen keine Einrichtungen gegen das Austrocknen und ertragen dennoch Kälte und Hitze. Der Pilz schützt die Alge(n) vor Austrocknung, DNA-schädigendes UV-Licht (durch spezielle UV-Strahlung absorbierende Substanzen). Aber: Viele an der „Ernährungsgemeinschaft Flechte“ beteiligte Algen leben durchaus auch ohne den Pilz, was Zweifel an dem Begriff „Symbiose“ aufkommen lässt.

Solche grünen Algen wie Pleurococcus und Chlorococcum besiedeln Baumrinden, z.B. die heute oft flechtenlosen Rot- und Hainbuchen. Die rötliche Alge Trentepohlia, die den unteren Stammbereich vieler glattrindiger Bäume, z.B. vieler Obstbäume im Schulbiologiezentrum überzieht ist oft auch Teil der „Lebensgemeinschaft Flechte“. Vielleicht sollte man besser von „Sklavenhaltergesellschaft“ sprechen denn vieles deutet darauf hin, dass die Pilze ihren Algen nicht mehr als das Existenzminimum gönnen. Und doch ziehen beide „Partner“ daraus Vorteile: Algen und Pilze sind auf Feuchtigkeit angewiesen, im Zusammenspiel beider Partner ertragen sie lange trockene Phasen. Algen brauchen Licht, Pilze gedeihen in Dunkelheit, als „Lebensgemeinschaft“ eröffnen sie sich neue Lebensräume und sind hellen wie in dunklen Lebensräumen zu Hause. Der „Win-Win“-Charakter wird z.B. an den auffälligen, bei uns häufigen Gelbflechten deutlich: Xanthoria-Arten reflektieren den gelbgrünen Anteil des weißen Sonnenlichts und lassen nur den für die Photosynthese der Algen wirksamen blauen bzw. dunkelroten Spektralanteil hindurch. Das reduziert die Erwärmung und damit den Wasserverlust.



Das Alte Griechenland und das Römische Reich waren ohne Sklaven nicht lebensfähig. Der „Pilzpartner“ geht ohne seine „Nutzpflanzen“ Algen zugrunde. Man spricht in Anlehnung an das griechische Sparta gerne von „Helotismus“. Bezeichnend ist, dass die Mehrzahl der Algen eigene, den mit dem Mikroskop vertrauten Fachleuten bekannte Namen trägt: Pleurococcus, Chlorococcum, Trentepohlia, Gloeocapsa, Nostoc, Cladophora, Rivularia, Stigonema... Der wohl nie selbstständige Pilz selbst trägt keinen Namen. Er spinnt die Algen seinem Mycel ein, wächst in einigen Fällen mit „Haustorien“ in die Algenzellen hinein und entzieht ihnen Sonnenenergie...



Häufige Algentypen in Flechten
Zeichnung aus FOLLMANN

Ähnliche Symbiosen sind auch in unseren Gewässern zu beobachten: Das bei uns in nährstoffreichen Gewässern vorkommende Pantoffeltierchen Paramecium aurelium ernährt sich von organischen Stoffen. In sauberen Gewässern findet man manchmal das Pantoffeltierchen Paramecium bursaria, das einzellige Algen grün gefärbte Symbionten enthält. Ein Pantoffeltier mit Algenkollektoren... Diese Symbiosen sind viele für Symbiosen oder parasitische Symbiosen gibt es viele. Und: Was wäre ein Mensch ohne die ihn besiedelnden Bakterien?

Flechten im Schulbiologiezentrum: Keine Angst vor zu vielen Arten!

Weltweit gibt es wohl mehr als 25000 Flechtenarten. In Deutschland sind etwa 1700 Arten bekannt. Es gibt nur wenige Fachleute mit dem entsprechenden Überblick. Laien, die ein Flechtenbestimmungsbuch aufschlagen schlagen es meistens gleich wieder zu, erschlagen von der Vielzahl ähnlicher Bilder und kaum zu merkender Namen. Doch in der Mehrzahl der Fälle gibt es in Ihrer Umgebung, wie auch im Schulbiologiezentrum Hannover und auch sonst in den Städten nicht viele Flechten. Die Artenzahl ist eher übersichtlich und daher durchaus schultauglich. Man muss sich nur herantrauen und vielleicht jemanden finden, der einen bei den ersten Schritten an die Hand nimmt. Und man muss nicht auf jeden Baum achten:

Bei einer Flechtenkartierung in Hessen (KIRSCHBAUM u. a.) fanden sich auf ausgewählten Trägerbäumen im Schnitt 3,9 Flechtenarten (max. 25). Wichtiger noch: Das Artenspektrum der Bäume war sehr eng: 80% der „Flechtenbäume“ waren Apfel und Pappel, der Rest verteilte sich auf Esche, Ahorn, Linde und Birne. Auch im Schulbiologiezentrum gilt: Keine Angst vor zu vielen Arten! Unter www.schulbiologiezentrum.info können Sie sich, als „Trockenkurs“ zum ersten Kennen lernen und Üben die PowerPoint-Datei „**Flechten als Bioindikatoren der Luftqualität**“ herunterladen. Hier finden Sie auch die Zeiger- und Toleranzen gegenüber Schadstoffen (Toxitoleranzwerte).

Wir danken Herrn Prof. Dr. Ulrich Kirschbaum für die freundliche Genehmigung zur Nutzung der Abbildungen („Flechtenbilder (lichen images)“, Fachhochschule Giessen-Wetzlar).



Flechten auf Baumrinden (Schulbiologiezentrum Hannover und Umgebung):



Lecanora muralis, Mauer-Krustenflechte
Gelb-bräunliche, nach Regen auch grünliche Krustenflechte. Im Zentrum braune Apothecien, am Lagerrand gelblich-grün
► Gehwegplatten, Frühbeetkästen



Lepraria incana, Graue Lepraflechte
Blau-grüne, „staubige“ Überzüge bildende Krustenflechte, nur aus Soredien bestehend
► z.B. auf Rotbuche



Physcia tenella, Zarte Schwielenflechte
Graublau Rasen bildend, viele kleine schmale, gabelig geteilte Lappen, an Lappenenden unterseits lippenförmige Sorale (mit „staubig“ erscheinenden Soredien) und wurzelähnlichen Wimpfern. Unterseite hell. ► z.B. auf Obstbäumen



Physcia adscendens, Helm-Schwielenflechte
Graublau, aus mehreren kleinen Lagern zusammengewachsene Rasen bildend, viele kleine schmale, Lappen, Lappenenden aufsteigend, helmförmig „aufgeblasenen“ Soralen (mit „staubig“ erscheinenden Soredien) und wurzelähnlichen Wimpfern. Unterseite hell mit wenigen Rhizinen ► z.B. auf Obstbäumen



Cladonia spec., Becherflechten-Art
Hellgrüne kleine Strauchflechte, winzige blattförmige Phyllocladien und trompetenartige Podetien ► z.B. am Fuß von Birken



Phaeophyscia orbicularis, Kreisförmige Schwielenflechte
Thallus rund, winzige gabelig verzweigte schmale „Blättchen“, Oberseite grau-braun (variabel), Unterseite schwarz, viele wurzelähnliche Rhizinen ► Auf verschiedenen Laubbäumen

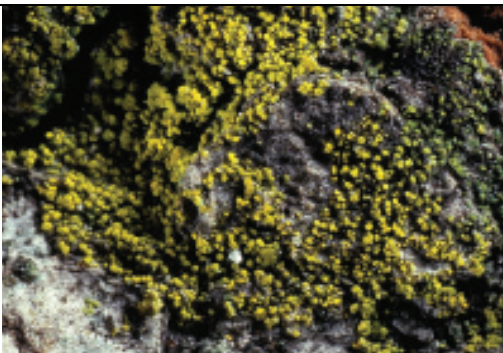




Parmelia sulcata, Furchen-Schüsselflechte
Graugrüne Blattflechte mit flachen, bis 20 mm langen und 5 mm breiten Lappen. Oberseite mit weißlichen, erhabenen Netznadern, Sorale nur bei älteren Exemplaren, Unterseite schwarz mit schwarzen, gabeligen Rhizinen ► z.B. auf Obstbäumen



Xanthoria parietina, Wand-Gelbflechte und Xanthoria polycarpa, Vielfruchtige Gelbflechte
Gelbe, breitlappige Blattflechte mit orangegelben Apothecien im Zentrum des Lagers, keine Sorale, Unterseite weißlich, keine Rhizinen ► z.B. auf Obstbäumen



Candelariella xanthostigma, Körnige Dotterflechte
Bildet lockere „pulverige“ Überzüge aus 0,1 mm großen gelben Körnchen (keine Sorale oder Soredien!) ► z.B. auf Obstbäumen



Evernia prunastri, Pflaumenflechte
Graugrüne Strauchflechte, gabelig verzweigt, Unterseite weißlich ► auf Laubbäumen

Breitgetretene Kaugummis oder Lebewesen? Was sind Flechten?

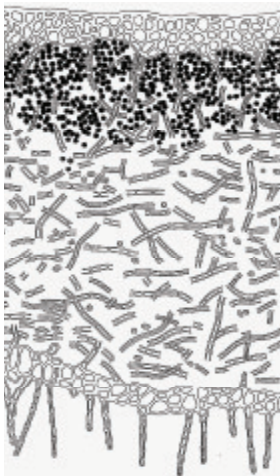


Die grau-grünliche, im Zentrum braune Krustenflechte **Lecanora muralis** besiedelt aus Zement (Kalk) hergestellte Gehwegplatten, Frühbeetkästen und deren Umgebung. Sie werden leicht für breitgetretene Kaugummis gehalten oder gar nicht wahrgenommen. Dabei sind viele dieser runden „Placken“ sehr alt: Das kreisförmige Flechtenlager wächst extrem langsam, vom Zentrum ausgehend etwa 1 – 1,5 mm pro Jahr. So lässt sich in etwa bestimmen wie alt die Flechte oder die darunterliegende Unterlage ist. Einige Flechten sind mehr als 50 Jahre alt.

Lecanora muralis, die Mauer-Krustenflechte ist mit dem Untergrund so fest verhaftet, dass man sie nur unter

starken Beschädigungen vom Substrat ablösen kann. Sie hat übrigens keine Wurzeln! Lecanora muralis sollte man daher, mit einer Lupe „bewaffnet“, an Ort und Stelle untersuchen.

Flechten sind, wie bereits gesagt, „Doppel-Lebewesen“ aus allein nicht lebensfähigen Pilzen (Ascomyceten = Schlauchpilzen) und wohl immer auch zur Eigenständigkeit fähigen Algen bzw. Cyanobakterien („Blualgen“). Ein mikroskopischer Schnitt durch das Flechtenlager, mit einer Rasierklinge oder besser einem Mikrotom* ausgeführt oder (einfacher) ein Quetschpräparat zeigt die meist kugeligen (coccalen) grünen Algen umspinnen von farblosen Pilzhyphen. Die Verbindung kann, wie schon geschildert („Haustorien“) sehr eng sein.



Rinde

Algen

Mark

Rinde

Rhizinen

Querschnitt einer Flechte (Abb. links)

Ober- und unterseits wird das Lager durch eine relativ feste und dichte **Rinde** begrenzt. Dieses „Gewebe“ ist - wie bei Pilzen üblich - ein mehr oder weniger dichtes Geflecht aus Pilzhyphen also kein echtes Gewebe.

Anders als bei Pflanzen fehlen Organe zur Feuchtigkeitsregulation wie etwa Atemporen (bei Lebermoosen) oder Spaltöffnungen. Unter der Rinde liegt eine die **Algen** beherbergende Schicht, darunter das relativ lockere **Mark** (Medulla). Der Unterseite entspringen Wurzelähnliche **Rhizinen** die aber nur Haftorgane darstellen.

Querschnitte durch Flechtenlager (Abb. links)

Oben: **Krustenflechte**

Unterseits am Substrat fest haftend, einseitig berindet (z.B. Lecanora muralis)

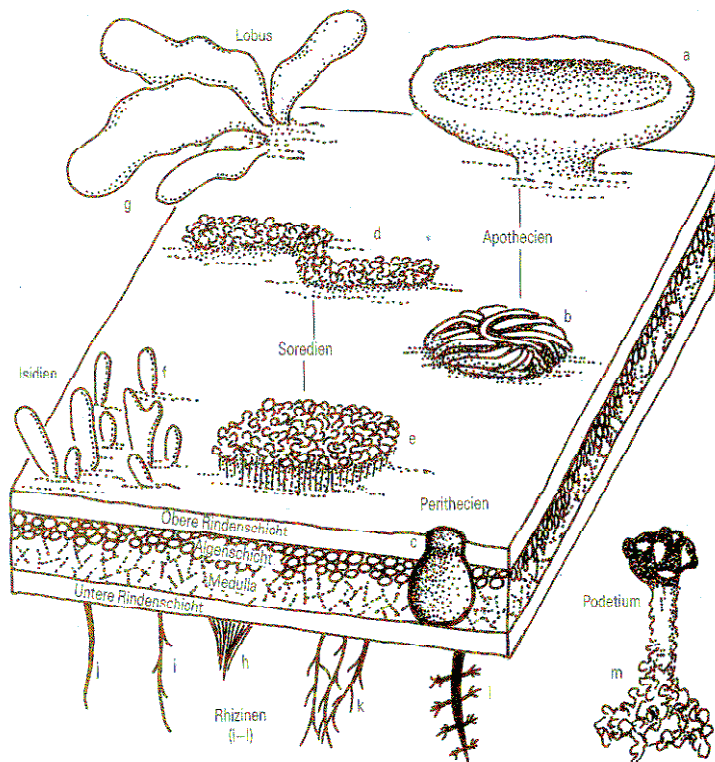
Unten: **Blattflechte**

Frei stehend, beiderseitig berindet (z.B. Parmelia sulcata)



Zeichnungen aus Poelt, J., Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten, Verlag J. Cramer 1969 nach KIRSCHBAUM/WIRTH, Flechten erkennen –Luftgüte bestimmen, mit freundlicher Genehmigung der Autoren





Kleines „Flechten ABC“:

Lobus:

blattartige Lappen (aber keine „echten“ Blätter“)

Apothecien:

Über das Flechtenlager hinausragende Scheiben- oder Pilzförmige Geschlechtsorgane

Peritheccien:

Dito, aber in der Lager eingesenkt

Soredien (Sorale)

Organe der vegetativen (ungeschlechtlichen) Vermehrung

Isidien

Auswüchse des Lagers mit „Sollbruchstellen“: Vegetative Vermehrung

Rinde

„falsches“ Abschlussgewebe, aus verflochtenen Pilzhyphen gebildet

Markschicht

Lockere, luftreiche aus Pilzhyphen gebildete Schicht, im oberen Abschnitt Algen beherbergend

Rhizinen

Wurzelähnliche Haftorgane

Podetien

Bei Becherflechten (Cladonia) auftretende, Apothecien tragende stängelartige Auswüchse

Sexuelle Fortpflanzung



Das Zentrum des Lagers von *Lecanora muralis* ist dunkler gefärbt als der grau-grüne Rand und wirkt körnig. Mit der Lupe erkennt man schüssel- oder pilzförmige Gebilde, die **Apothecien** genannt werden. Apothecien enthalten die Sexualorgane der Flechte (Asci, sing. **Ascus**). Die Asci erzeugen nach sexuellen Austausch (Befruchtung) und Meiose winzige Meio- oder Ascosporen. Der Pilz“partner“ in der Flechte gehört in fast allen Fällen zu den **Schlauchpilzen** (Ascomyceten). Bekannte Beispiele für Schlauchpilze sind z.B. die Lorcheln, Morcheln und Trüffel, aber auch die Hefe. Namen gebend ist der Ascus, ein schlauchförmiges Gebilde, innerhalb dessen sich die sexuelle Vereinigung von + („männlichen“) und – („weiblichen“) Mycelpartnern, die Befruchtung und Ausbildung von Meiosporen vollzieht. Die

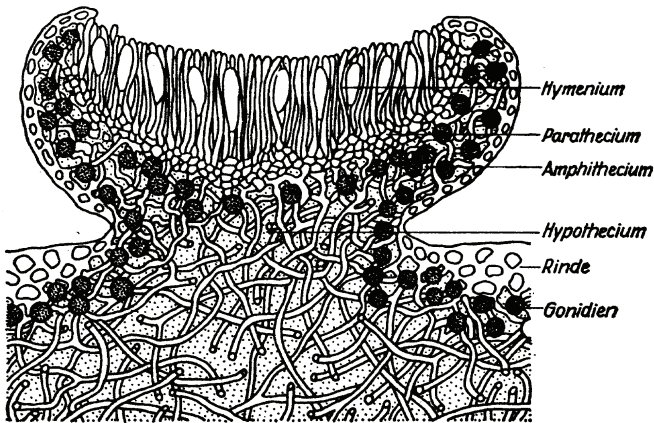
Sporen keimen, wenn sie auf passende Algen stoßen, zu neuen Flechten heran.

Bei einigen Flechtenarten sind die Sexualorgane in das Lager (Thallus) eingesenkt, dann spricht man von **Peritheccien**. Der „Mechanismus“ der Fortpflanzung selbst ist in Apo- und Peritheccien gleich. So einfach (und langweilig?) dieser Organismus erscheinen mag: Er hat „schon“ Sex, wenn auch in anderer Form als bei uns üblich.

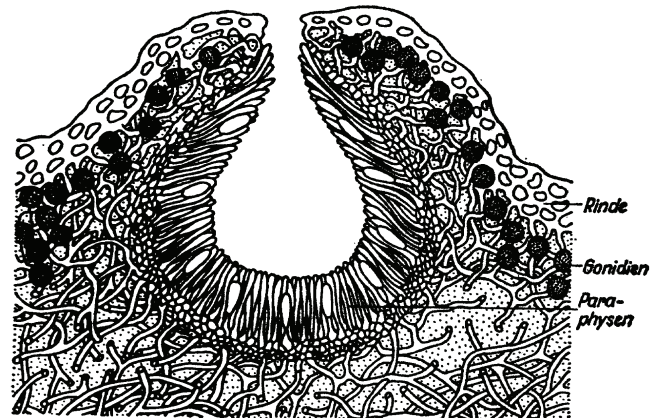
Das Grundprinzip der sexuellen Fortpflanzung bei Pilzen lässt sich am Beispiel des Kulturchampignons (*Agaricus bisporus*) verdeutlichen. Lebende Champignon-Kulturen werden auf Bestellung jeden Herbst vom Schulbiologiezentrum in hannoversche Schulen geliefert bzw. können von nicht Schulen der Region abgeholt werden (siehe dazu auch die Arbeitshilfe „Kultur-Champignon“). Der Champignon ist allerdings kein Schlauch- (Ascomycet) sondern ein Ständerpilz (Basidiomycet) bei dem die Befruchtung und Sporenbildung in Basidien (Ständern) erfolgt.



Das Vorhandensein und die Form der Apo- bzw. Perithechien ist ein wichtiges Bestimmungsmerkmal. Es gibt Flechtenarten mit vielen und andere ohne jegliche Apothecien.



Apothecium



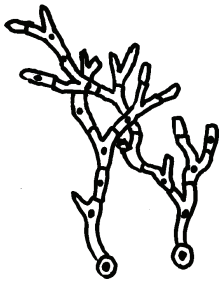
Perithecium

Zeichnungen aus FOLLMANN, Gerhard: Flechten (Lichenes)

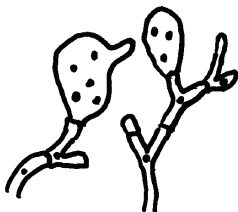
Die sexuelle Fortpflanzung der Ascomyceten ist kompliziert. Wer Flechten „nur“ als Bioindikatoren betrachten möchte, mag über die folgenden Abschnitte ruhig hinweglesen.

Wer aber zu der Erkenntnis gelangt, dass das, was in den unscheinbaren Flechten geschieht, in seiner Komplexität beinahe „unfassbar“ ist, wird den folgenden Abschnitt mit einer gewissen Ehrfurcht lesen. Warum sind so einfache Dinge schon so kompliziert?

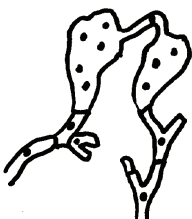
Entwicklungszyklus der (Flechten bildenden) Ascomyceten



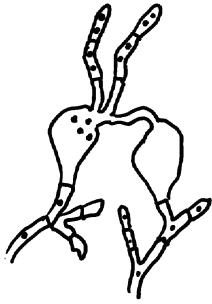
Aus den einkernigen (monokaryotischen) **Ascosporen** keimen **Hyphen** die zu einem Pilzgeflecht (**Mycel**) heranwachsen. Je nach genetischer Disposition der Ascospore entstehen dabei „männliche“ (+) und „weibliche“ (-) Mycelien die sich äußerlich nicht unterscheiden.



Treffen sich „+“ und „-“ Hyphen, so bilden die „-“-Hyphen eine Art „weibliches“ Geschlechtsorgan, das **Ascogon**. Das Ascogon ist eine „aufgeblähte“ Zelle die durch mehrfache Mitosen vielkernig wird. Die benachbarten „+“-Hyphen bilden ein dem Ascogon entsprechendes „männliches“ (wohl namenloses) Geschlechtsorgan. Auch dieses ist vielkernig.



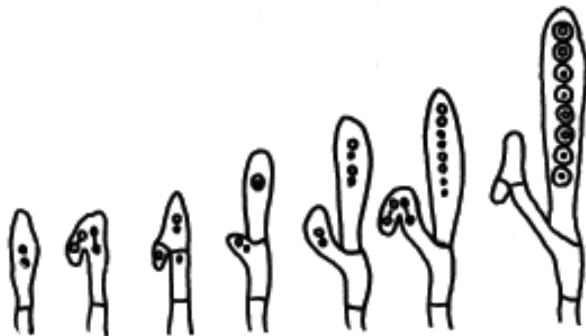
Aus dem Ascogon erwächst eine Art Brücke zum „männlichen“ Partner, die **Trichogyne** (griech. „Befruchtungshaar“). Über die Trichogyne wandern „+“ Kerne in das Ascogon ein. Noch kommt es aber nicht zur Befruchtung (Karyogamie), nur das Plasma verschmilzt (**Plasmogamie**), beide Kerntypen bleiben isoliert.



Anschließend bildet das Ascogon Auswüchse, die **ascogenen Hyphen** in deren zweikernige Zellen jeweils einen „+“ und einen „-“ Kern enthalten. Dieses **dikaryotische** Stadium bleibt bis zur Befruchtung erhalten.

Zeichnungen:

Ingo Mennerich, nach RAVEN, EVERT, EICHHORN, Biologie der Pflanzen



Ascusbildung aus ascogenen Hyphen

Zeichnung:

Ingo Mennerich, nach MASUCH, Biologie der Flechten

Ascusbildung

Die aus dem Ascogon heraustretenden dikaryotischen **ascogenen Hyphen** beinhalten nach der vorangegangenen Zellverschmelzung (Plasmogamie) „väterliches“ (+) und „mütterliches“ (-) Erbgut, das aber auf zwei getrennte Kerne verteilt ist.. Am Ende der ascogenen Hyphen kommt es zur **Hakenbildung**. Beide Kerne teilen sich (Mitose), und einer der beiden Tochterkerne wandert in den neu gebildeten Haken ein dessen Spitze durch eine Zellwand abgetrennt wird. Der andere Tochterkern wandert von der Spitze weg nach unten worauf hinter ihm eine neue Zellwand eingezogen wird. In der an der Spitze gelegenen (apikalen) zweikernigen Zelle kommt es jetzt zur Kernverschmelzung (**Karyogamie**): Während sich die apikale Zelle zu einem Schlauch (**Ascus**) verlängert schwillt die **Zygote** kurzzeitig an um sich anschließend durch Meiose und anschließende Mitose in 8 so genannte haploide **Ascosporen** zu teilen. Die **diploide Phase** im Entwicklungszyklus der Schlauchpilze beschränkt sich also auf die kurze zygotische Phase.

Während es in der apikalen Zelle zur Bildung der Zygote kommt verschmilzt die basalwärts gelegene, vorübergehend einkernige Zelle mit der ebenso einkernig gewordenen Hakenzelle. Auch hier kommt es zur Kernverschmelzung (Zygote) und zur Ascosporenbildung. Dieser Vorgang kann sich vielfach wiederholen, so dass eine ganze Reihe nebeneinander liegender Asci entsteht.

Dieser komplizierte Vorgang ähnelt der Schnallenbildung bei den Basidiomyceten (Beispiel Champignon, s. Arbeitshilfe „Kulturchampignon“).

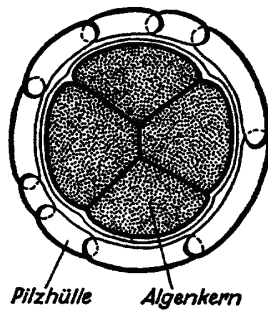
Wenn man weiß was man sehen möchte sind viele Stadien dieser Prozesse mit guten Schulmikroskopen beobachtbar.

Flechte oder Pilz? Der Flechten-Nabeling

Lichenomphalia umbellifera, der Flechten-Nabeling ist ein kleiner, in den meisten Pilzbüchern nicht geführter unscheinbarer Pilz. Seine Besonderheit ist in diesem Zusammenhang, dass der Sporenbildende Fruchtkörper einem Flechtenlager mit einzelligen grünen Algen entwächst. Die Sporen entwickeln sich in Basidien, der Pilz ist also (und das ist eine Ausnahme!), wie der Champignon oder der Pfifferling, ein Basidiomycet (Ständerpilz).



Vegetative Vermehrung

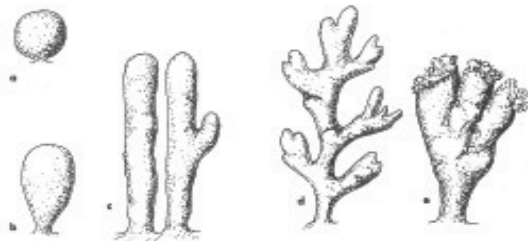


Soredium
Zeichnung: Aus FOLLMANN

Bei der sexuellen Fortpflanzung durch Ascosporen wird nur der Pilzpartner (Mykobiont) auf die Reise geschickt. Ob die Spore erfolgreich keimt oder nicht hängt vom Milieu, dem Substrat und dem (zufälligen) Vorhandensein der passenden Alge(n) ab.

Die vegetative Vermehrung vollzieht sich entweder durch „Ableger“, etwa abbrechende **Loben** (Lappen) oder durch spezielle Vermehrungsorgane die im Falle der Flechten **Isidien** und **Soredien** genannt werden.

Isidien sind aus Pilzhyphen und Algen bestehende kleine Auswüchse auf der Lageroberfläche die an „Sollbruchstellen“ abbrechen und anderenorts zum „neuen“ Flechtenlager auswachsen. **Soredien** sind aktiv von der „Mutter“ abgestoßene, rundliche Vermehrungskörper (Abb. links). Wie die Isidien sie enthalten eine „Mitgift“ aus Algen. Soredien entstehen entweder überall auf der Oberfläche oder in speziellen Organen, den **Soralen**.



Links: **Isidien** verschiedene Typen
(Zeichnung aus POELT, J., Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten, Verlag J. Cramer 1969)



Unten: Verschiedene **Sorale**
(Zeichnungen aus POELT)

Lippensoral (Physcia)

Kopfsoral

Flecksoral

Helmsoral

Diese können „Bortensorale“ am Lappenrand sein, aufgebogene „Lippensorale“, aufgeblähte „Helmsorale“, endständige „gestielte“ kugelige „Kopfsorale“, auf der Oberfläche sitzende „Kugelsorale“ oder „Strichsorale“. Jeder Typ hat einen großen diagnostischen Unterscheidungswert. Es gibt unzählige Kombinationen dieser Merkmale!



Manchmal zerfällt der Thallus vollständig in Soredien. Ein Beispiel für solche sorediös aufgelösten Lager ist die als „Staub-“ oder „Lepraflechte“ bezeichnete bläulich-grüne **Lepraria incana**, die nur aus pulverartigen Soredien besteht. Sie bedecken sehr auffällig viele unserer Rotbuchenstämme. Lepraria darf aber nicht mit den satt-grünen, von einzelligen Algen wie **Apatococcus** (Pleurococcus) gebildeten Überzügen verwechselt werden. Die roten Stammbasen vieler unserer Bäume bestehen übrigens aus der ein- oder wenigzelligen Alge Trentepohlia.

Es wäre interessant mit den Soredien der Lepraflechte (oder anderer Soredienreicher Flechten) gezielt unterschiedliche Bäume zu „infizieren“ und den Erfolg dieser „Saat“ zu verfolgen.

Abbildung links:

Oft fälschlich für eine Flechte gehalten: Die Alge **Trentepohlia** bildet rote Überzüge auf Baumstämmen (Foto: Ingo Mennerich)



Was kann man davon sehen? Flechten und Verwandtes unter dem Mikroskop

Flechten sollte man zunächst mit einer **Lupe** oder einem **Binokular** betrachten um einen guten Überblick zu erhalten.. Die schlechte Qualität der meisten Schul-Binokulare wird den meisten „Einsteigern“ leider eine weitere Beschäftigung verleiden. Binokulare mit wirklich guter Optik, Kaltlichtleuchte und Zoom sind (extrem) teuer und in Schulen nur selten vorhanden.

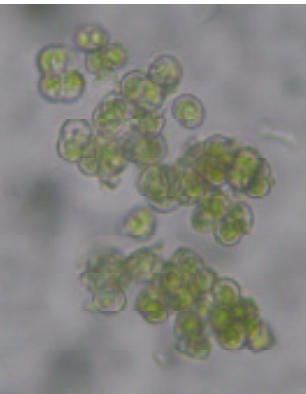
Das Schulbiologiezentrum Hannover freut sich daher, den Schulen wenigstens einige hochwertige **binokulare Mikroskope** ausleihen zu können mit denen auf der Reise in die Welt der Pilze, Algen und Flechten kein „Frust“ aufkommen wird.

Flechten liefern dankbare mikroskopische Objekte. Das gilt besonders für mit der **Rasierklinge** oder dem **Mikrotom** geführte Schnitte. Das Schneiden der Flechten erfordert viel Übung und ist daher im normalen Schulunterricht nur begrenzt zu empfehlen.

Einfacher sind **Quetschpräparate**. Dabei wird zwar der Verband („Gewebe“) völlig zerissen, es bleiben aber flechtentypische Elemente erhalten wie von Pilzhyphen umspinnene Algen, Pilzhyphen mit Haustorien, Asci (mit Sporen) und sie begleitende Hypophysen. Manchmal findet man an der Basis der Apothecien sogar Ascogone. Auch Soredien überstehen die Behandlung in oft sehr gutem Zustand. Quetschpräparate sind auch von ungeübten Schülern leicht herstellbar: Man gibt kleine, mit der Schere, Messer oder Skalpell abgetrennte Flechtenstücke auf den Objektträger, einen Tropfen Wasser hinzu und zerreibt das „Gewebe“ vorsichtig mit einem zweiten Objektträger. Achten Sie darauf, dass das Quetschpräparat ganz flach wird und das Deckglas glatt auf dem Präparat liegen kann.

Bevor man eine Flechte untersucht, ist es sinnvoll, die beiden „**Kooperationspartner**“ einzeln zu betrachten: Die Algen, die Pilze und die Ascomyceten im Speziellen.

Algen: Die grünen Partner in der Flechte



Apatococcus/Pleurococcus
Foto: Ingo Mennerich

Wie bereits erwähnt, sind die „Nutzpflanzen“ der Flechtenpilze auch allein lebensfähig. Nichts ist leichter als sie zu mikroskopieren. Die grünen Überzüge auf glatten Baumrinden z.B. der Rotbuche oder der Hainbuche bestehen aus Myriaden einzelliger oder in kleinen Verbänden lebender **Grünalgen**. Dazu gehört **Apatococcus** (auch Pleurococcus genannt). Man schabt diese „Luftalgen“ einfach mit einem Messer von der Rinde ab und kann sie mit einem Tropfen Wasser sofort mikroskopieren.

Viele andere an der Flechte beteiligte Algen findet man in Pfützen und kleinen Tümpeln, oft auch an der Bodenoberfläche, z.B. im Garten. Das gilt auch für die früher als „Blualgen“ bezeichneten **Cyanobakterien**. So sind die kettenartigen **Nostoc**-Arten im Schulbiologiezentrum im Frühjahr und im Spätsommer recht häufig.

Die grünen Algen-Überzüge sind oft Säureanzeiger. Sie weisen aber auch auf starken Nährstoffeintrag hin, z.B. durch Nitrate und Phosphate. (Stickoxide, Düngung)

Schlauchpilze (Ascomyceten): Der Typ Pilz der den Flechten ihr Aussehen gibt

Wer Pilze mikroskopieren und sich mit ihrem Organisationstyp befassen möchte kann ganzjährig auf Supermarkt-Champignons zurückgreifen, zum Herbst auch unsere Lieferung „**Kulturchampignon**“ bestellen. Dann hat man aber keinen Ascomyceten (Schlauchpilz) sondern Basidiomyceten (Ständerpilz) vor sich. Dazu gehören die meisten der bekannten Speisepilze (Steinpilz, Marone, Pfifferling usw.). Beide, Basidio- und Ascomyceten produzieren Sporen, allerdings auf unterschiedliche Art, in Basidien („Ständern“ bzw. in Asci („Schläuchen“). Darüber hinaus gibt es noch andere wesentliche Unterschiede (z.B. die Bildung des Ascogons). Den Typus **Basidiomycet** und seinen Entwicklungszyklus haben wir ausführlich in der Arbeitshilfe „Kulturchampignon“ beschrieben. Ascomyceten bilden „Schläuche“ (Asci) in denen durch sexuellen Austausch (Meiose) Meiosporen entstehen. Im Herbst findet man einigen Laubwäldern in Umgebung Hannovers die **Herbstlorchel** (*Helvella crispa*). Man schabt eine dünne Schicht ihrer äußeren Oberfläche (Fruchtschicht) auf einen



Objektträger, quetscht sie in einem Tropfen Wasser etwas an und wird mit vielen unterschiedlich reifen Asci belohnt.

Leider gibt es, bis auf einzelne im Frühjahr auf Wochenmärkten angebotene Morcheln (etwa 4 € / 100 g) und unerschwinglich teure Trüffel keine passenden käuflichen Ascomyceten. Wenn man den „Pilzpartner“ der Flechte kennen lernen will muss man also in die Natur gehen. Da es viele gute und dabei oft preiswerte Pilz-Bestimmungsbücher gibt möchten wir uns hier auf wenige Beispiele beschränken und nur sagen, dass es ganzjährig viele lohnende Arten gibt.

Zu den Ascomyceten gehören unter anderem die **Speisemorchel** Morchella, (nicht aber die zu den Basidiomyceten / Bauchpilzen zählende Stinkmorchel!), die **Verpeln** (Ptychoverpa), die z.T. bunten **Becherlinge**, z.B. Peziza und Aleuria), das **Hasen-** oder **Eselsohr** (Otidea) und die bereits genannten **Lorcheln** (Helvella). Dazu gehören auch „untypische“ Pilze wie der z.B. Tomaten befallende **Grauschimmel** (Botrytis cinerea), viele andere Pflanzenschädlinge oder die beim Brotbacken und der Bier-/Weinherstellung eingesetzten Hefen von denen einige auch als „Fußpilz“ bekannt sind.

Xylaria longipes (Langstielige Holzkeule) und die ähnliche **Xylaria hypoxylon** (Geweihförmige Holzkeule) sind im Schulbiologiezentrum im Winter auf abgestorbenen Baumstämmen und am Boden liegenden Ästen wachsende kleine, schwarze und keulenförmige Ascomyceten. Sie verkörpern typische (Fäulnis erregende) Saprophyten die mit ihrem Mycel das Holz zersetzen und meist den Namen gebende Fruchtkörper („Holzkeulen“) auf der Oberfläche bilden. Die Asci befinden sich in eingesenkten **Perithezien**. Die sich in den Asci entwickelnden Sporen sind schwarz und rufen die schwarze Farbe der Holzkeule hervor.



Xylaria longipes
Foto: Strobilomyces WIKIMEDIA



Xylaria hypoxylon
Foto: Amadej Trnkocj WIKIMEDIA

Ein anderer häufig auf abgebrochenen Zweigen wachsender Ascomycet ist der **Rotpustelpilz** (Nectraria cinnabarina), der im feuchten Zustand kirschrote, himbeerartig geformte Perithezienhaufen, trocken blassrosa Pusteln bildet. Quetschpräparate von *N. cinnabarina* sind lohnende Objekte für das Mikroskop.

Apothecien mikroskopieren

Die in der Stadt häufige Gelbflechte **Xanthoria polycarpa** („vielfruchtig“) zeigt im Zentrum des Lagers viele Fruchtscheiben (Apothecien) die man an Ort und Stelle mit einer spitzen Pinzette herauskneifen kann. Gut geeignet ist auch die Mauer-Krustenflechte **Lecanora muralis**. Um einzelne Asci („Schläuche“) zu mikroskopieren reicht ein Quetschpräparat. Wenn man die Entwicklungsstadien vom Ascogon bis zu den Meiosporen sehen möchte muss man allerdings ein Mikrotom zur Hand nehmen und sehr dünne Schnitte anfertigen.

Pilzmycel unter dem Mikroskop

Pilzhyphen zu mikroskopieren ist nicht ganz einfach. Einerseits sind die chitinhaltigen Zellwände bis zu einem gewissen Grad wasserabweisend, was sich optisch störend durch Brechungseffekte



bemerkbar macht. Andererseits sind sie transparent und wenig kontrastreich. Vieles was man aus dem Lehrbuch zu kennen glaubt bleibt ohne Zusatz von chemischen Hilfsmitteln verborgen. Als (weitgehend ungefährliche) Färbe- und Kontrastmittel bietet das Schulbiologiezentrum zum Beispiel **Lugol'sche Lösung** (Jodkaliumjodid-Lösung), **Kongorot** und **Methylenblau** an. Dabei sollte man die dünne (!) Lösung nach kurzer Einwirkungszeit absaugen und das Präparat in klarem Wasser mikroskopieren.

Für eine tiefergehende Beschäftigung mit der Algen-, Pilz- und Flechtenmikroskopie empfehlen wir „Das große Kosmos-Buch der Mikroskopie“ von Bruno P. KREMER.



Exidia glandulosa
Foto: Dan Molter, WIKIMEDIA

Der zu den Gallertepilzen gehörende **Warzige Drüsling** (*Exidia glandulosa*) bildet schwarze weiche gallerteige Massen an (toten) Bäumen im Schulbiologiezentrum und wird manchmal (schwarze) „Hexenbutter“ genannt (dieser Name meint sonst die „Gelbe Lohblüte“, einen Schleimpilz). Das Mycel bildet ein der gallerteigen Konsistenz entsprechendes lockeres Geflecht. Dadurch lassen sich die einzelnen Hyphen leichter erkennen als bei vielen anderen Pilzen mit festerem „Gewebe“.

Soredien:



Die in der Stadt an Baumrinden häufige **Lepraflechte** (*Lepraria incana*) besteht aus einem „sorediös aufgelösten Lager“, also praktisch nur aus Soredien. *Lepraria incana* bildet blaustichige hellgrüne Überzüge an Baumstämmen. Die Soredien, die vegetativen, aus Pilzhypen und Algen bestehenden „Verbreitungspakete“ lassen sich leicht mit einem nassen Tuschpinsel vom Flechtenlager streifen und direkt auf den Objektträger bringen (und/oder auf andere Bäume!).

Ältere Exemplare der im Schulbiologiezentrum häufigen Schwielenflechte *Physcia tenella* lösen sich am Lappenrand in Soredien auf. Auch hier kann man mit dem nassen Pinsel Material zum Mikroskopieren gewinnen.

Flechten sind gefährdet: „Rote Liste“

Viele Flechtenarten stehen auf der **Roten Liste**. Nach der **Gesamtartenliste der Flechten in Niedersachsen und Bremen** (2. Fassung, Stand 2010) sind „Etwa zwei Drittel der 992 Sippen ... in Niedersachsen und Bremen zumindest gefährdet, ein Fünftel des Gesamtartenbestandes ist bereits ausgestorben.“ Flechten sind hochgradig gefährdet. HAUKE hat in seinen Beiträgen zur Bestandssituation epiphytischer Flechten in Niedersachsen auf ausgesuchten Flächen in Niedersachsen 74 Arten festgestellt. Davon werden 38 Arten als gefährdet eingestuft (Rote Liste), 7 Arten sind akut vom Aussterben bedroht. Das allein reduziert die Zahl der möglicherweise zu findenden Flechtenarten ganz erheblich. In der Stadt ist das Spektrum noch viel enger. Daher noch einmal: Keine Angst vor vielen Arten!

Angesichts der Geschwindigkeit mit der städtische „Flechtenwüsten“ in den letzten Jahren durch einzelne Pioniere zurückerobert wurden muss der Begriff „Aussterben“ aber wohl relativiert werden. Flechten gehören durch die „Leichtigkeit“ ihrer aerophytischen sexuellen und asexuellen Verbreitungsformen zu den potentiellen Erstbesiedlern in sich verändernden Naturräumen. Aber vielleicht wird sich die Rückkehr vieler geschätzter Arten ganz im Stillen vollziehen weil auch die fachkundigen Lichenologen bald auf der „Roten Liste“ stehen werden...

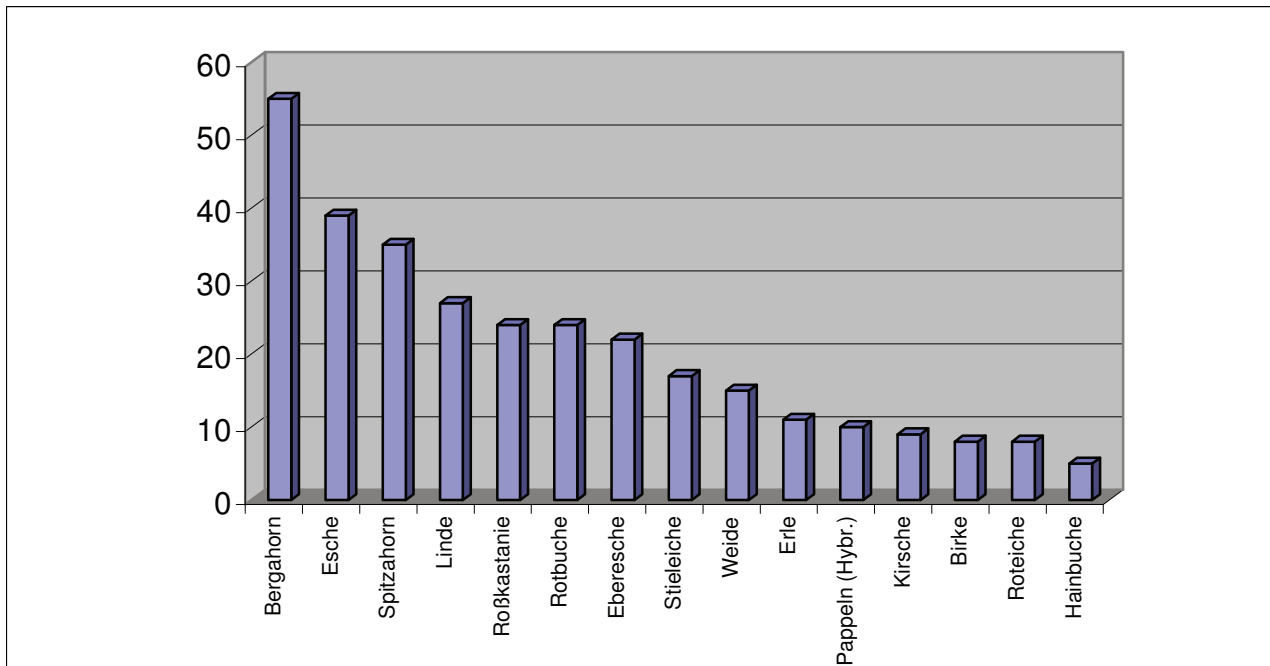
Die Rote Liste kann beim Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) – Naturschutzinformation – in Hannover bezogen werden. (Postfach 910713, 30427 Hannover oder Göttinger Chaussee 76 A, 30453 Hannover).



Fuß fassen: Der Lebensraum der Rindenflechten

Einige Bäume tragen viele, andere, in geringer Entfernung stehende Bäume überhaupt keine Flechten. Im Schulbiologiezentrum fällt auf, dass Hainbuchen und Rotbuchen, Platanen und die weißen Rindenbereiche der Birke(n) fast flechtenfrei sind, die Bäume im Obstgarten aber reichlich, wenn auch nur von wenigen Arten bewachsen sind.

Daher sollte man den Blick aber auf die „richtigen“ Bäume richten. HAUK (1995) fand beispielsweise, dass der Bergahorn, möglicherweise aufgrund seiner viel Wasser speichernden und damit den Säureeintrag „verdünnenden“ Borke 55 Flechtenarten beherbergt. Die Hainbuche trägt nur 5 Arten. Das Artenspektrum sagt natürlich nichts über den Deckungsgrad aus: Ein Baum kann auch von einer einzigen Art bedeckt sein!



Zahl der Flechtenarten auf verschiedenen Baumarten (ausgewählte Untersuchungsgebiete, 1995, Grafik Ingo Mennerich, n. HAUCK)

Wir geben den Schülern die Aufgabe mit, verschiedene Baumarten auf dem Gelände zu suchen, zu benennen und „abzuhaken“ wenn sie Flechten tragen. Wenn dies im (blatt- und blütenlosen) Winter geschieht, ist ein Überblick über die typischen Rinden hilfreich.

Apfel	<input type="checkbox"/>	Esche	<input type="checkbox"/>	Lärche	<input type="checkbox"/>	Roskastanie	<input type="checkbox"/>
Birke	<input type="checkbox"/>	Hainbuche	<input type="checkbox"/>	Pflaume	<input type="checkbox"/>	Rotbuche	<input type="checkbox"/>
Birne	<input type="checkbox"/>	Kiefer(n)	<input type="checkbox"/>	Platane	<input type="checkbox"/>	Tanne(n)	<input type="checkbox"/>
Erle	<input type="checkbox"/>	Kirsche	<input type="checkbox"/>	Quitte	<input type="checkbox"/>	Weide(n)	<input type="checkbox"/>

Sporen und die vegetativen Vermehrungspakete Soredien / Isidien werden vom Wind und wohl auch von Tieren (Vögeln / Insekten) verbreitet. Glatte Rinden (z.B. Esche, Hain- und Rotbuche) sind im Gegensatz zu rauen Rinden (z.B. Ahorn, Eiche) wenig „empfangsbereit“. Die Rinde der Birke(n), der Kiefer(n) und der Platane blättern schnell ab. Die Birken tragen nur in den rissigen dunkleren Bereichen Flechten, die Platanen sind in der Regel bis auf die Stammbasis flechtenfrei. Dicke, Feuchtigkeit aufsaugende und haltende Rinden (z.B. Bergahorn) sind bessere Flechtenlebensräume als dünne schnell abtrocknende (z.B. Hainbuche).

Es gibt aber noch andere (abiotische) Faktoren die darüber entscheiden, ob die Flechte erfolgreich Fuß fassen kann. Zum einen sind Flechtenarten in ihren Ansprüchen unterschiedlich und mehr oder minder wählerisch. Es gibt lichtungshungrige Arten und Arten die noch im tiefen Schatten existieren können, es gibt gegen Trockenheit resistente und andererseits ausgesprochene Feuchtluft-Arten, frostempfindliche, eher an atlantisch-maritimes Klima angepasste und „sensiblere“ Arten, die auch

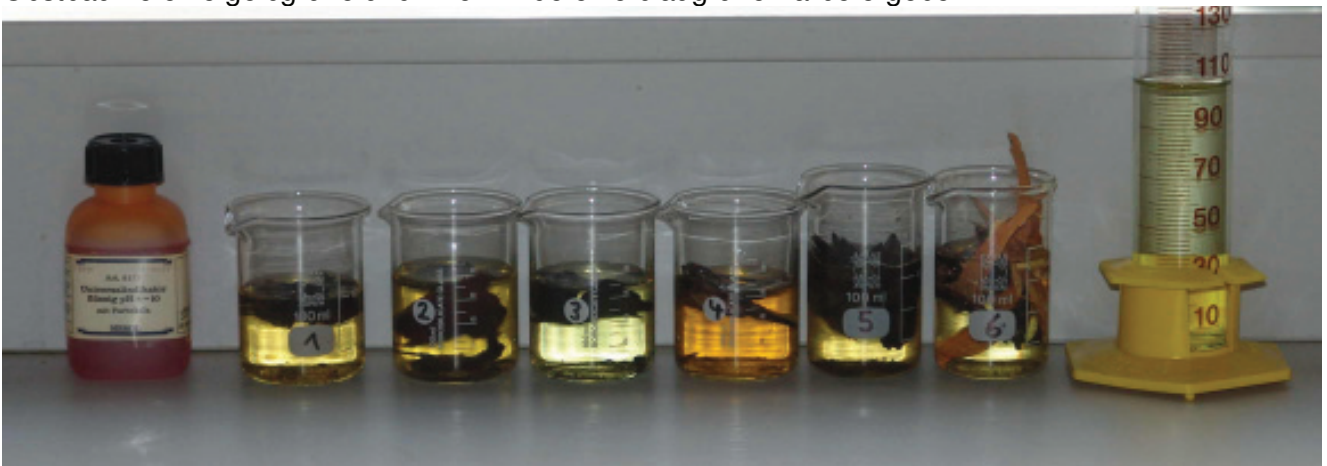


harte Winter mit langen oder mehreren Frostperioden gut überstehen. Insofern sind Flechten nicht nur Anzeiger der durch Immissionen geprägten Luftqualität sondern auch Klimaanzeiger. KIRSCHBAUM hat die in seinem Buch „Flechten erkennen –Umwelt bewerten“ aufgeführten Referenzflechten mit einem „**Klimawert**“ versehen. Es wird spannend sein zu verfolgen, ob sich die oft widersprechenden Szenarien des „Klimawandels“ in entsprechenden Veränderungen des Artenspektrums niederschlagen werden. Die 2011 neu erstellte Rote Liste der Flechten in Schleswig Holstein hebt hervor, dass das Land wegen des küstennahen milden Klimas deutlich flechtenreicher ist als im Bundesdurchschnitt. Und: Die Zahl der ungefährdeten Flechtenarten ist von 17,3% (1997) auf 39,7% (2010) gestiegen. Bringt der „Klimawandel“ die Flechten zurück? Oder werden „alte“ durch „neue“ Arten ersetzt? Leider hinterlassen Flechten, anders als die Blütenpflanzen mit ihren in Mooren erhaltenen Pollen keine Spuren vergangener „Klimaveränderungen“... Eichen tragen trotz der rauen Rinde nur wenige Flechten. Sie haben eine im Vergleich zu anderen Bäumen (z.B. Ahorn) eine schon von Natur aus saure Rinde. Ob es möglicherweise auch chemische Mechanismen gibt, die den Baum „immun“ gegen Flechten macht ist nicht bekannt. Welchen selektiven Vorteil sollte der Baum dadurch erreichen? Die Vielzahl der biotischen und abiotischen Faktoren, die auf den Erfolg der Besiedlung einer Flechtenart einwirkt ist in den im Anhang abgedruckten Listen der „Zeigerwerte“ abzulesen. Es sei deutlich hervorgehoben, dass Flechten nicht nur auf Luftverschmutzung reagieren!

pH-Wert von Baumrinden

Flechten bevorzugen artspezifisch einen bestimmten pH-Wert der Rinde. Es gibt Flechten die es gerne „sauer“ mögen und andere, die den subneutralen oder basischen Bereich lieben. Einige Arten nehmen es nicht so genau, sind in Bezug auf die Reaktion toleranter, also **euryök**, während andere nur in engeren pH-Bereichen leben können (**stenöke** Arten). Dabei sind die für die Photosynthese zuständigen „Energie-Sklaven“ (Algen) empfindlicher als ihre „Wirte“, die Pilze. Der pH-Wert von Baumrinden lässt sich aufwändig durch mit **Flachelektroden** ausgestattete pH-Messgeräte bestimmen. Nachdem die Baumrinde mit destilliertem Wasser oder 3-molariger Kaliumchlorid-Lösung angefeuchtet wurde lässt sich der Wert sofort, auf Nachkommastellen „genau“ bestimmen.

Solche Elektroden sind teuer und ihr Anwendungsspektrum ist klein. Man kann aber auch Rindenstücke in Aqua dest. legen und die Reaktion mit **pH-Taschengeräten** (z.B. Hanna-Instruments „Combo“) messen. Diese Geräte leiht das Schulbiologiezentrum aus. Einfacher, wenngleich „ungenauer“, ist das Einbringen von Rindenstücken in mit **Universalindikatorlösung** versetztem destilliertem Wasser. Kiefernrinde wird eine rötliche, die Rinde der meisten Obstbäume eine gelbgrüne und Ahornrinde eine blaugrüne Farbe ergeben.

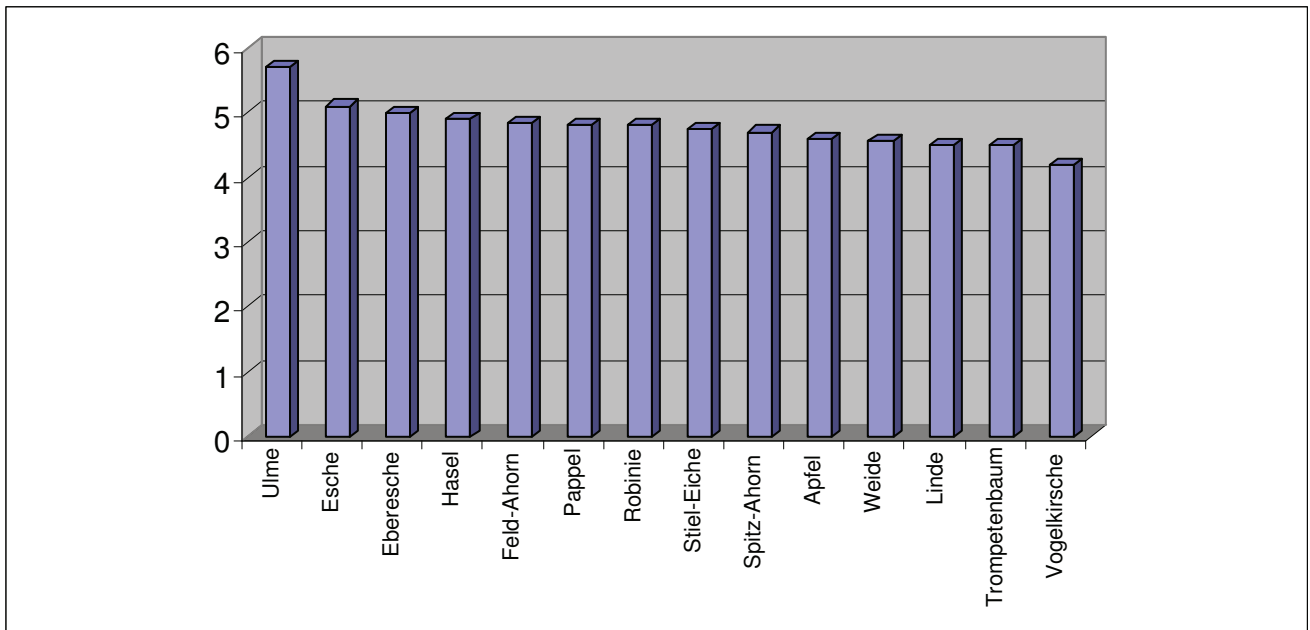


Baumrindenstücke und Universalindikator, Foto: Ingo Mennerich

Natürlich wird beim einfachen „Einlegen“ in Wasser nicht nur der pH-Wert der Rinde sondern auch der der tiefer liegenden Borke erfasst. Aber es geht hier nicht um genaue Werte sondern um Tendenzen: Die Reaktion der Rinde ist – abgesehen von der Baumart - abhängig von vielen zusätzlichen Faktoren, z.B. dem Alter des Baumes



und damit dem Entwicklungszustand der Rinde, von der Höhe des Messpunkts über der Stammbasis, von der Jahreszeit (im Frühjahr i. A. saurer als im Herbst) und vom Bewuchs (Algen, Moose).



pH-Werte ausgewählter Baumarten im Ruhrgebiet. Die Standardabweichung ist nur für solche Arten angegeben, bei denen n > 1 ist.

Grafik Ingo Mennerich; Nach KRICKE

pH-Wert der Rinde und Flechtenbesatz (Test mit Universalindikator)

Baumart	Flechten	Reaktion
Ahorn	ja	blau-grünlich
Birke	wenige	grünlich
Kirsche	viele	grünlich
Apfel	viele	grünlich
Quitte	viele	grünlich
Eiche	wenige	rötlich
Kiefer	nein	rötlich
Rotbuche	nein	rötlich
Hainbuche	nein	rötlich

Flechten und Schadstoffe

Technische Messungen und / oder Bioindikatoren?



Das Schulbiologiezentrum Hannover leiht Schulen so genannte „Gasspürgeräte“ (DRÄGER) aus, die mit den entsprechenden Teströhrchen auf verhältnismäßig einfache Weise geringe Konzentrationen von Schadstoffen erfassen können.

In diesem Rahmen dieses Themas stehen die Schwefeldioxid- und der Stickoxidkonzentration im Vordergrund, darüber hinaus die „Feinstaubbelastung“. Für die Erfassung der SO₂ bzw. NO_x-Belastung stehen (in geringem Umfang!) Teströhrchen mit unterschiedlichen Messbereichen zur Verfügung. Des weiteren ein Handbuch mit detaillierten Messvorschriften. Zur Ermittlung des Staub-Immissionen leihen wir Ihnen einen zum Gasspürgerät passenden

„Staubsammelansatz“ mit Membranfiltern aus. Die Filter können unter dem Mikroskop ausgewertet werden.



Vorteilhaft ist bei diesen Methoden, dass der Schüler selbst misst: Dadurch wird er selbst zum Subjekt der Auseinandersetzung mit der Natur und muss sich nicht auf „fremdbestimmte“ Werte verlassen. Darüber hinaus erwirbt er methodische Kompetenzen. Das allein rechtfertigt den „Verbrauch“ der teuren Messröhrchen.

Aber: Jeder Messwert ist eine auf den Ort bezogene Momentaufnahme der wenig über Tendenzen aussagt. Das Lufthygienische Überwachungssystem Niedersachsen (LÜN) und andere Institutionen (Universität Hannover) verfügen über professionellere, genauere, von uns nicht bezahlbare technische Messeinrichtungen und stellen die Ergebnisse laufend ins Netz. Hier sind auch längerfristige Verläufe abrufbar.

Bioindikatoren sind ungenauer, aber billiger. Dadurch kann man die „Messung“ an vielen Orten wiederholen und Zufälle (Messfehler) ausschalten. Das ist besonders dann von Vorteil, wenn es sich nicht um die Erfassung kleinräumiger, leicht zu überblickender Lebensräume handelt. Der technisch ermittelte Zahlenwert vermittelt ohne Vergleichsobjekte keinen Hinweis auf das „Gewicht“ der Messung. Die Feststellung „Viele verschiedene Flechtenarten“ bzw. „keine oder kaum Flechten“ zielt dagegen sofort auf die ökologischen Folgen.

Beide Methoden haben ihren Wert. Bei unseren Gewässerkursen fahren wir auch „doppelgleisig“. Es macht aber Sinn, Vor- und Nachteile beider Herangehensweisen zu diskutieren.

Flechten und Schadstoffe

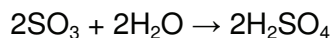
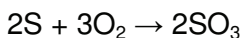
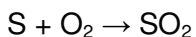
Schwefeldioxid

Schwefelemissionen führte bis in die 90er Jahre zur Versauerung der Umwelt. Es entstanden große von Flechten freie Areale („Flechtenwüsten“) und eine Vielzahl wissenschaftlicher Abhandlungen zu dieser Thematik. Vielleicht war – neben der Frage der Kernenergie - der „Saure Regen“ und das „Waldsterben“ der Motor der Umweltbewegung des ausgehenden letzten Jahrhunderts. In dieser Zeit rückten auch die Flechten in das öffentliche und schulische Interesse.

Heute ist die Schwefelbelastung und Versauerung durch viele Maßnahmen zurückgegangen: Kohleöfen wichen Zentralheizungen, Rauchgasentschwefelung in Kraftwerken (Schwefel bildet mit Kalk Gips), schwefelfreie Treibstoffe und der Rückgang der Braunkohleverbrennung (Auflösung der „DDR“). Das Waldsterben hat nicht zum Tod des Waldes geführt, wenngleich der Wald von vielen Fachleuten nach wie vor für krank gehalten wird.

„Saurer Regen“

Bei der Verbrennung von Schwefel (S) entsteht Schwefeldioxid (SO₂) und Schwefeltrioxid (SO₃). Sie verbinden sich in Anwesenheit von Wasser (H₂O) zu schwefliger Säure (H₂SO₃) bzw. Schwefelsäure (H₂SO₄):



Die Säuren dissoziieren in Wasser: $H_2SO_3 \rightarrow 2 H^+ + SO_3^-$ bzw. $H_2SO_4 \rightarrow 2 H^+ + SO_4^-$.

Die freigesetzten Protonen (H⁺) senken den pH-Wert, lassen das Wasser also „sauer“ werden.

Leitungswasser (in Hannover) hat einen pH-Wert von etwa 8. Zugetropfte (rote) Universalindikatorlösung schlägt daher in einen grün-blauen Farbton um. Einige Spritzer Zitronensaft oder Essig lassen die Flüssigkeit wieder rot werden.

Experiment: „Saurer Regen“ im Marmeladenglas

Ein einfacher, mit kleinem Aufwand durchzuführender Versuch führt auf ansprechende Weise in die Vorgänge ein, die sich bei der Entstehung von „Sauerm Regen“ abspielen.

In einem kleinen (Porzellan)Tiegel wird ein kurzer **Schwefelfaden** entzündet. Dann wird er schwimmend in eine flache mit Wasser und einigen Tropfen **Indikatorlösung** gefüllte Petrischale gesetzt. Anschließend wird ein Marmeladenglas darübergestülpt. Während der weißlich-graue Qualm



das Marmeladenglas erfüllt ist zu beobachten, dass das Wasser unter dem Glas ansteigt (während es in der Petrischale absinkt) und dass sich das unter das Glas gesogene Wasser rot färbt.

Das neutrale bis schwach alkalische Wasser ist also sauer geworden.

Warum steigt das Wasser ins Marmeladenglas? Genauer: Warum wird es unter das Glas gesogen? Bei der Verbrennung wird der Luft unter dem Glas Sauerstoff (O_2) entzogen und zwar im gleichen Maße wie Schwefeldioxid (SO_2) entsteht. Ein Teil des SO_2 verbindet sich mit dem Wasser was eine Verminderung des Luftvolumens und daher einen geringeren Druck zur Folge hat. Dem folgt das Wasser wie in einem Barometer.



Da der Schwefel mit beißendem Geruch verbrennt sollte man den Versuch draußen oder im Abzug durchführen.

Wasser das in Form vieler kleiner Tropfen herabfällt hat im Verhältnis zum Volumen eine große Oberfläche. Das gilt besonders für Wolken bildende winzige schwebende Tropfen. Damit steigt auch die Reaktionsfläche zwischen SO_2 / SO_3 und H_2O . In den oft wolkenverhangenen Kammlagen der Mittelgebirge, besonders westlich exponierten in Staulagen zeigten sich die Symptome des „Waldsterbens“ zuerst. Auf silikatischen und kalkarmen, von Natur aus schon „sauren“ Böden mit geringer Pufferkapazität verloren die „Tannen“ (in der überwiegenden Mehrzahl Fichten!) ihre Nadeln schon nach 1 – 2 Jahren, wurden anfällig für Schädlinge (z.B. Borkenkäfer) und

phytopathogene Pilze (z.B. *Phytophthora infestans*) und starben. Heute weiß man: Schuld war nicht nur der „Saure Regen“ sondern auch Waldbauliche Fehler. Um Umtriebszeiten zu verringern und damit den Holzertrag zu erhöhen pflanzte man nicht standortgerechte Tieflandfichten und diese viel zu eng was zu einer zusätzlichen Bodenversauerung durch „im dunklen Tann“ nur schwer abbaubare Nadelstreu führte.

Schädigungen durch SO_2

- Schädigungen durch z.B. H_2SO_3 am Chlorophyll der Algen.
- Salzbildung durch SO_4^- und osmotische Belastung (Wasserentzug).
- Erhöhung des Stofftransportes von der Alge zum Pilz. Algen leben durch den Stoffentzug durch den Pilz am Existenzminimum und werden zusätzlich geschädigt.
- Symptome: Entfärbung (Chlorosen), Rückgang des Wachstums, Absterben.
- Verschiebung des Artenspektrums zu acidophilen Arten, z.B. *Lecanora conizaeoides*)

Die Schwefeldioxidbelastung schlägt sich leicht erkennbar direkt im Artenspektrum der Flechten nieder. NASH und THOMAS stellten 1996 in Großbritannien eine auch für Deutschland anwendbare Hilfe zur Diagnose der SO_2 -Belastungshöhe auf:

$\mu g / m^3$ Flechtenart

>170 *Pleurococcus viridis* (Alge!)

~150 *Pleurococcus viridis* (Alge!), *Lecanora conizaeoides*

~125 *Lecanora conizaeoides*, *Lepraria incana*

~70 *Hypogymnia physodes*, *Parmelia saxatilis*, *P. sulcata*, *Lecidea scalaris*, *Lecanora expallens*

~60 *Hypogymnia physodes*, *Parmelia saxatilis*, *P. grabratula*, *P. subrudecta*, *Parmelipsis ambigua*, *Evernia prunastri*, *Ramalina farinacea*

~50 *Parmelia caperata*, Vertreter der *Pertusaria*-Arten, *Parmelia exasperatula*, *P. revoluta*, *Pseudevernia furfuracea*, *Parmelia tiliacea*

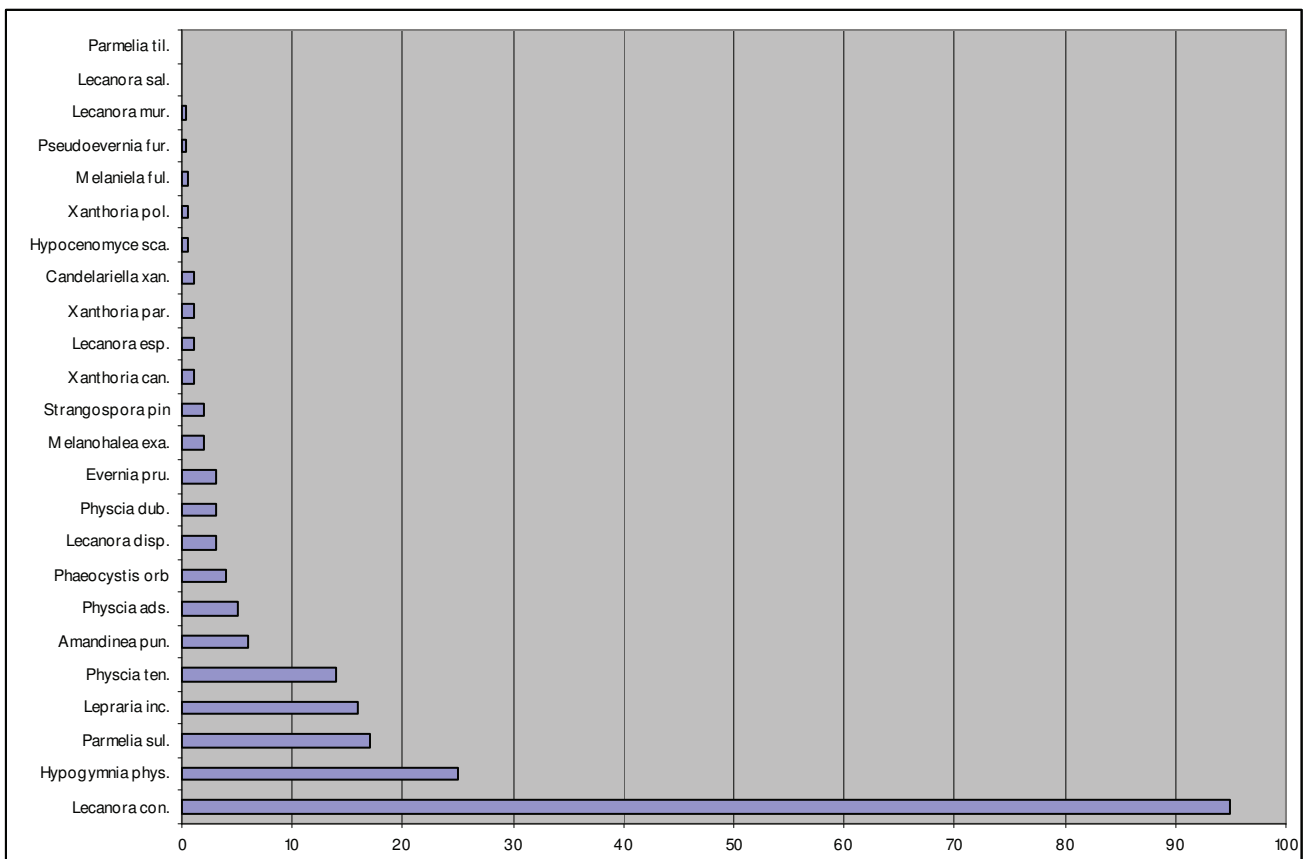


- ~40 *Parmelia caperata*, *P. revoluta*, *P. exasreratula*, *P. tiliacea*
- ~35 *Usnea ceratina*, *Parmelia perlata*, *Rinodina roboris*, *Normandina pulchella*
- ~30 *Lobaria pulmonaria*, *Pachyphiale cornea*, *Usnea florida*
- <30 *Usnea filipendula*, *Usnea articulata*, *Sticta limbata*

Quelle: **NASH III, THOMAS H.**, Lichen biology. Cambridge University Press, Cambridge 1996, zit. nach HESSE, Diplomarbeit Bioindikator "Flechte"

Flechten zur Zeit des „Waldsterbens“ (Ruhrgebiet 1989 – 1993)

Die folgende Übersicht zeigt die (damalige und mittlerweile stark zurückgegangene!) Dominanz der Krustenflechte *Lecanora conizaeoides*, daneben die auch heute im hannoverschen Stadtgebiet verbreiteten Flechten:

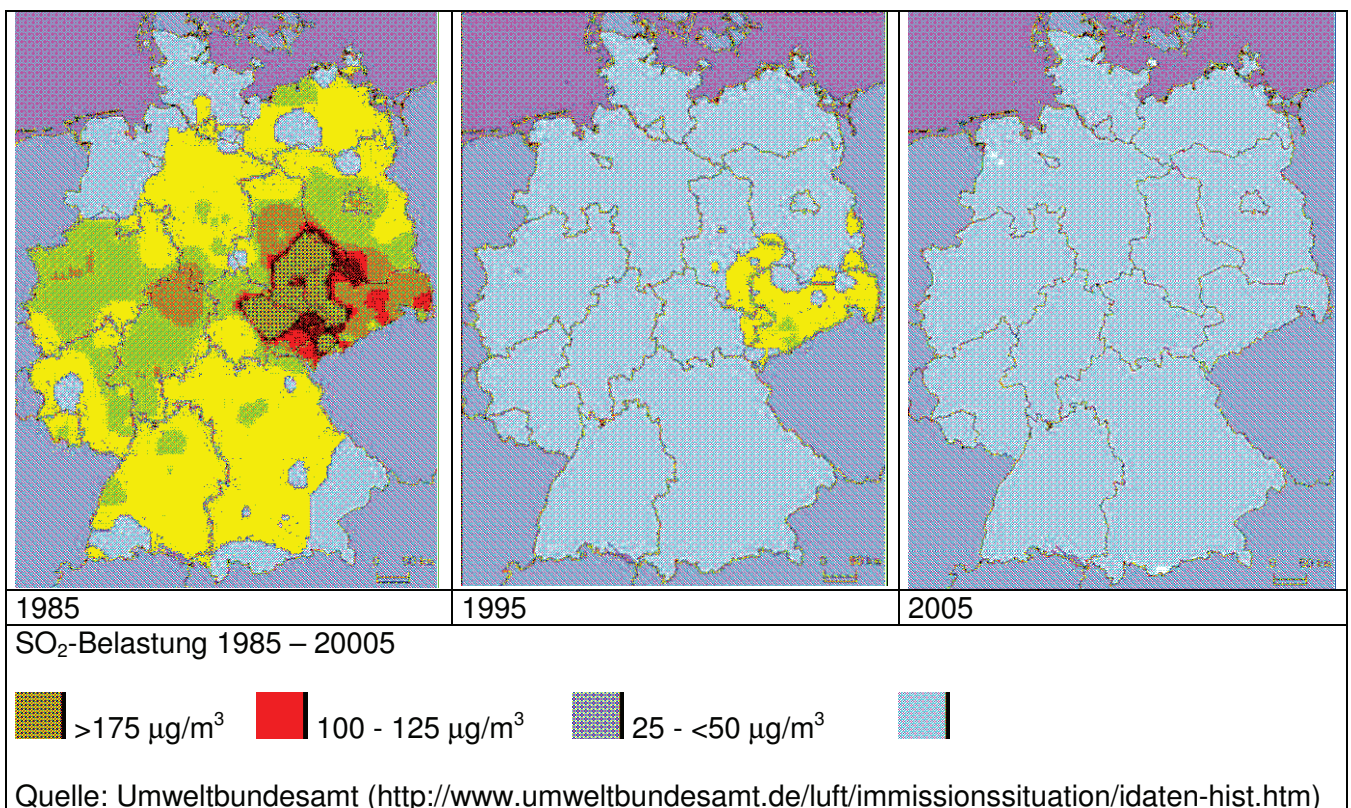
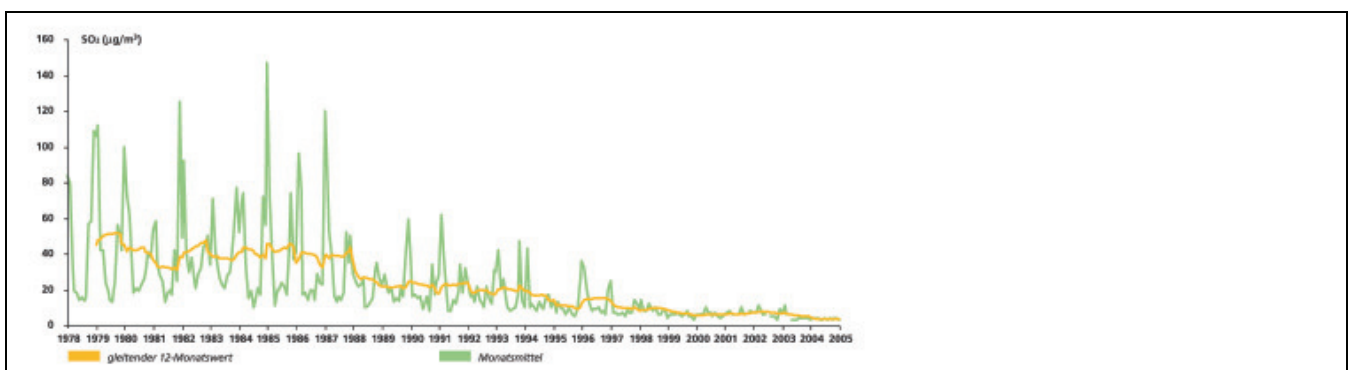
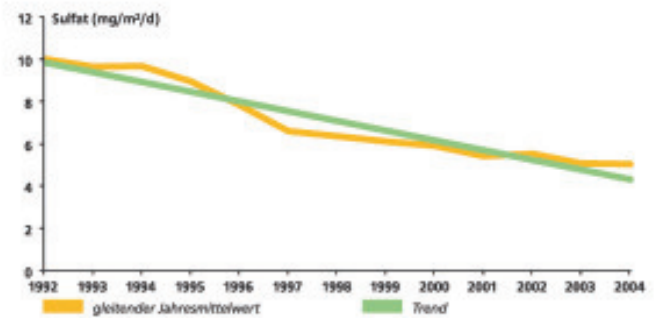
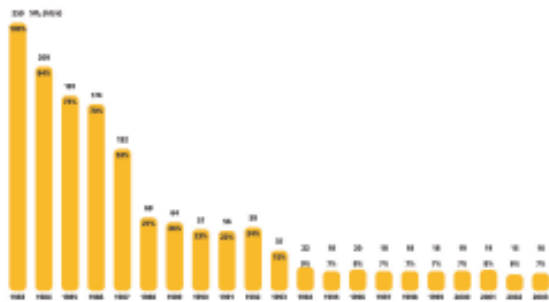


Häufigkeit des Vorkommens der zwischen 1989 und 1993 im Ruhrgebiet gefundenen Arten ausgedrückt als relative Häufigkeit in Prozent, Grafik: Ingo Mennerich, Quelle: RWTÜV und UBE aus Dissertation KRICKE

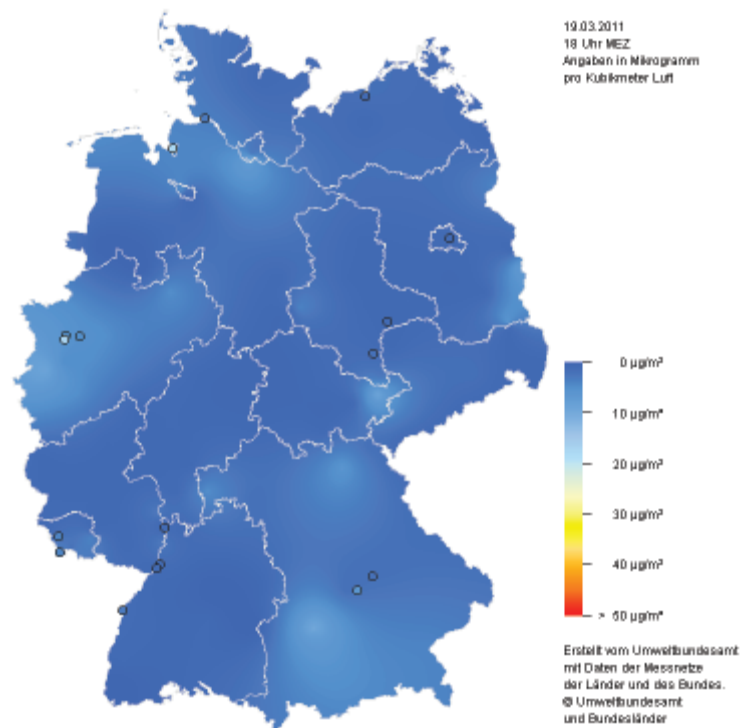
Die Schwefeldioxidbelastung geht zurück

Die Abbildungen zeigen den bis auf von 1983 – 2003 auf 7% zurückgegangene Schwefelemission durch Großkraftwerke und den Schwefeldioxidgehalt der Luft in Hannover ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) im Zeitraum 1978 bis 2005. Mit dem zurückgehenden SO_2 -Gehalt ging auch die Schwefelablagerung bis 2004 von $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ pro Tag (1978) auf etwa $6 \text{ mg}/\text{m}^3$ zurück (Quelle: www.umwelt.niedersachsen.de, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz)

Das **Umweltbundesamt** (www.uba.de) bietet interaktive regionale Karten mit aktuellen Werten und Jahresmittelwerten der Feinstaub-, Ozon und Stickstoffdioxid- und Schwefeldioxidbelastung an. Dort finden Sie auch detaillierte Hintergrundinformationen und Publikationen.



Stundenmittelwerte der Schwefeldioxidkonzentration



Die vom Umweltbundesamt zusammengestellten Karten und Daten zur aktuellen Immissionsituation dienen der orientierenden Information der Bevölkerung. Auf Grund der weiträumigen Betrachtung ist eine kleinräumige Interpretation nicht zulässig.

Quelle: Umweltbundesamt 2011

<http://www.env-it.de/umweltbundesamt/luftdaten>

EU-Grenzwerte Schwefeldioxid

Seit dem 1. Januar gelten europaweit einheitliche Grenzwerte: Die maximale SO_2 -Konzentration von $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ innerhalb einer Stunde (1-Stunden-Grenzwert) darf im Laufe eines Jahres höchstens 24mal überschritten werden. Der Tagesgrenzwert ($125 \mu\text{g}/\text{m}^3$) darf nicht häufiger als dreimal pro Jahr überschritten werden (Quelle: Umweltbundesamt 2011).

Diese Werte werden seit mehreren Jahren nicht mehr annähernd erreicht:

Die Legende der Karten des UBA enden bereits bei $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Andere Schadstoffe (O_3 , NO_2 , NH_3 , Feinstaub)

Schädigung durch Stickstoffoxide

- In geringer Konzentration wachstumsfördernd: Stickstoffdüngung der Algen, besonders der Cyanobakterien enthaltenden Arten
- Höhere Konzentration fordert Photooxidation (Zerstörung von Geweben)
- NO_x führt anfänglich zu Wachstumszunahme (Nitrat), später zur Bildung toxischen Nitrits und Versauerung durch Bildung von Salpetersäure (HNO_3)

Durch Stickstoff geförderte Flechten:

Eutrophieanzeiger mit hohem Zeigerwert N (Stickstoffzahl), n. WIRTH 1992 (zit. n. KRICKE)

Caloplaca citrina (9)

Caloplaca holocarpa (7)

Lecanora dispersa (6)

Lecanora hagenii (6)

Lecanora muralis (8)

Phaeophyscia nigricans (7)

Phaeophyscia orbicularis (7)

Physcia adscendens (6)

Physcia caesia (8)

Physcia dubia (7)

Physcia tenella (6)

Physconia distorta (6)

Physconia grisea (7)

Rinodina spp. (6)

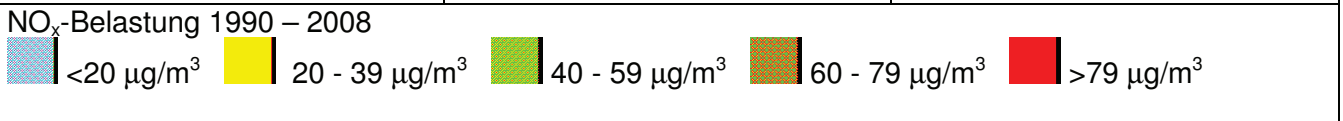
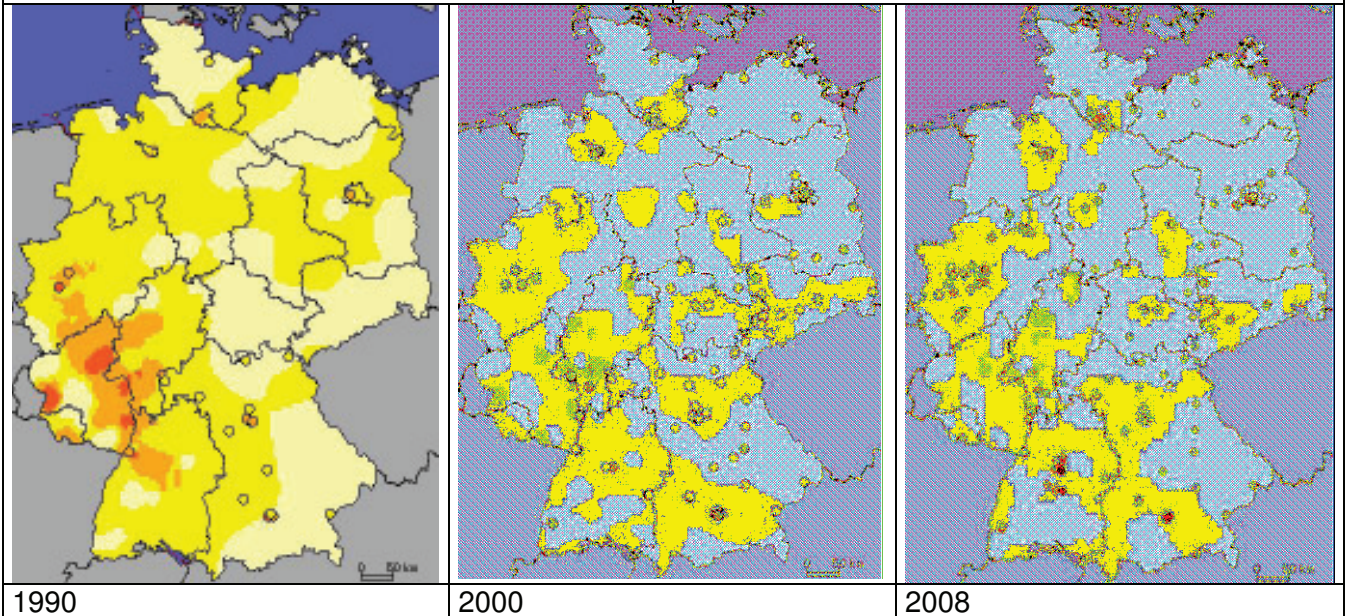
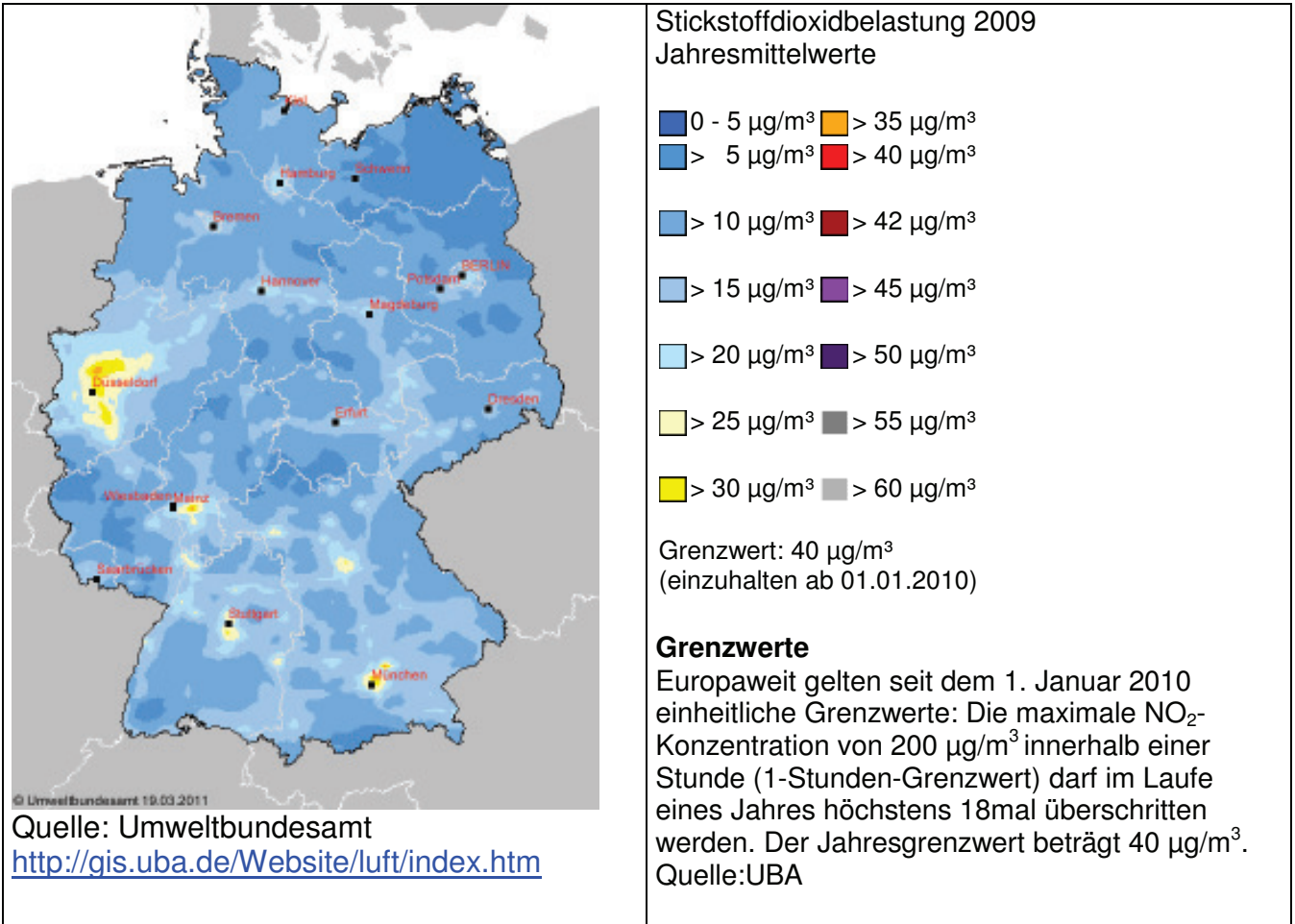
Xanthoria candelaria (7)

Xanthoria parietina (6)

Xanthoria polycarpa (6)



Stickstoffdioxidimmission in Deutschland



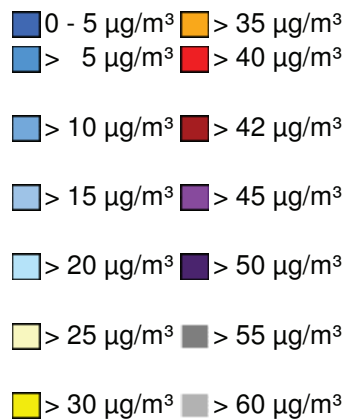
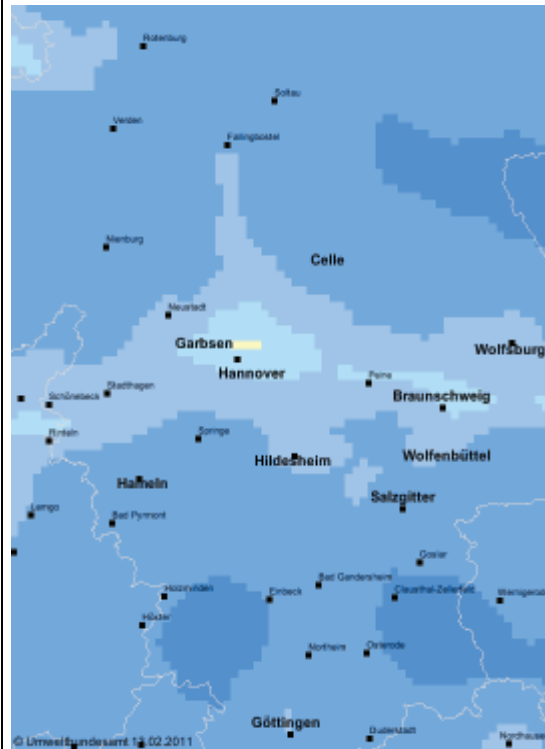
Quelle: Umweltbundesamt (<http://www.umweltbundesamt.de/luft/immissionssituation/idaten-hist.htm>)

Jahresmittel NO₂ an ausgewählten Stationen:

Jahresmittel der Stickstoffdioxid-Immission in Deutschland, Quelle: www.umweltbundesamt.de

Jahresmittel Stickstoffdioxid (NO ₂) kontinuierliches Messverfahren in µg/m ³ , bezogen auf 20 °C												
	Westerland	Zingst	Neugraben	Waldhof	Schmücke	Dauselbach	Broßkrieger	Schulne-land	Helgoland	Aukrug	Uecker-münde	
1988				13		11						
1989				11		15		5				
1990				8		12		6				
1991				10		14	8	6				
1992		8	9	12	13	10	8	5			7	
1993		8	8	14	9			6			8	
1994		8	7	14	9	6	3	6			10	
1995		12	8	13	9	8	5	6			8	
1996	12	10	8	16	8	16	5	7	11		10	
1997	11	12		17	12	13		6	12		10	
1998	12	13	10	15	11	12	8	6	11		9	
1999	9	12	9	12	10	11	8	5	9	11	12	
2000	7	14	9	10	10	9	8	5		12	11	
2001	7	11	8	12	9	11	8	5		13	8	
2002	7	9	10	11	10	11		5		13	9	
2003	8	9	9	10	10	12	7	6	11	15	10	
2004	7	10	5	8	9			5	10	13	9	
2005	6	9	6	8	9			3		11		
2006	7	10	7	11	8			2				
2007	6	8	6	9	7			3				
2008	5	7	5	7	5			3				
2009	6	7	6	8	5			2				
	Schorfheide	Bassum	Gütrup	Falkenberg	Melpitz	Leinefelde	Lückendorf	Lehnmühle	Regnitzlosau	Forellengraben	Ohringen	Reising
1988		18	31									23
1989		23	34									14
1990		23	28									17
1991		22	28									24
1992		24	26			15	7			25		
1993		17	25			18	10			17		
1994		8	22		10	12	9	10				
1995		12	18		11	11	8	12				
1996		12	17		12	11	11	15	9			
1997		14	30		9	12	9	11	11			
1998		15	29		11	11	10	11	12			
1999	8			8	10	10	9	10	11			
2000	8	15	20	9	12	11	7	10	12	9		
2001	7		22	9	12	12	8	10	11	7		
2002	8	13	20	9	13	12	8	10	12	8	17	9
2003	8	15	20	11	13	13	10	11	12	8	17	10
2004	8	12	18	9	12	11	8	8	9	5	17	7
2005	6			8	11			8			5	
2006											4	
2007											5	
2008											4	
2009											5	

Stickstoffdioxid-Jahresmittelwerte 2009 Hannover und Umgebung



Grenzwert: 40 µg/m³
(einzuhalten ab 01.01.2010)

Quelle: www.umweltbundesamt.de
<http://gis.uba.de/Website/luft/index.htm>

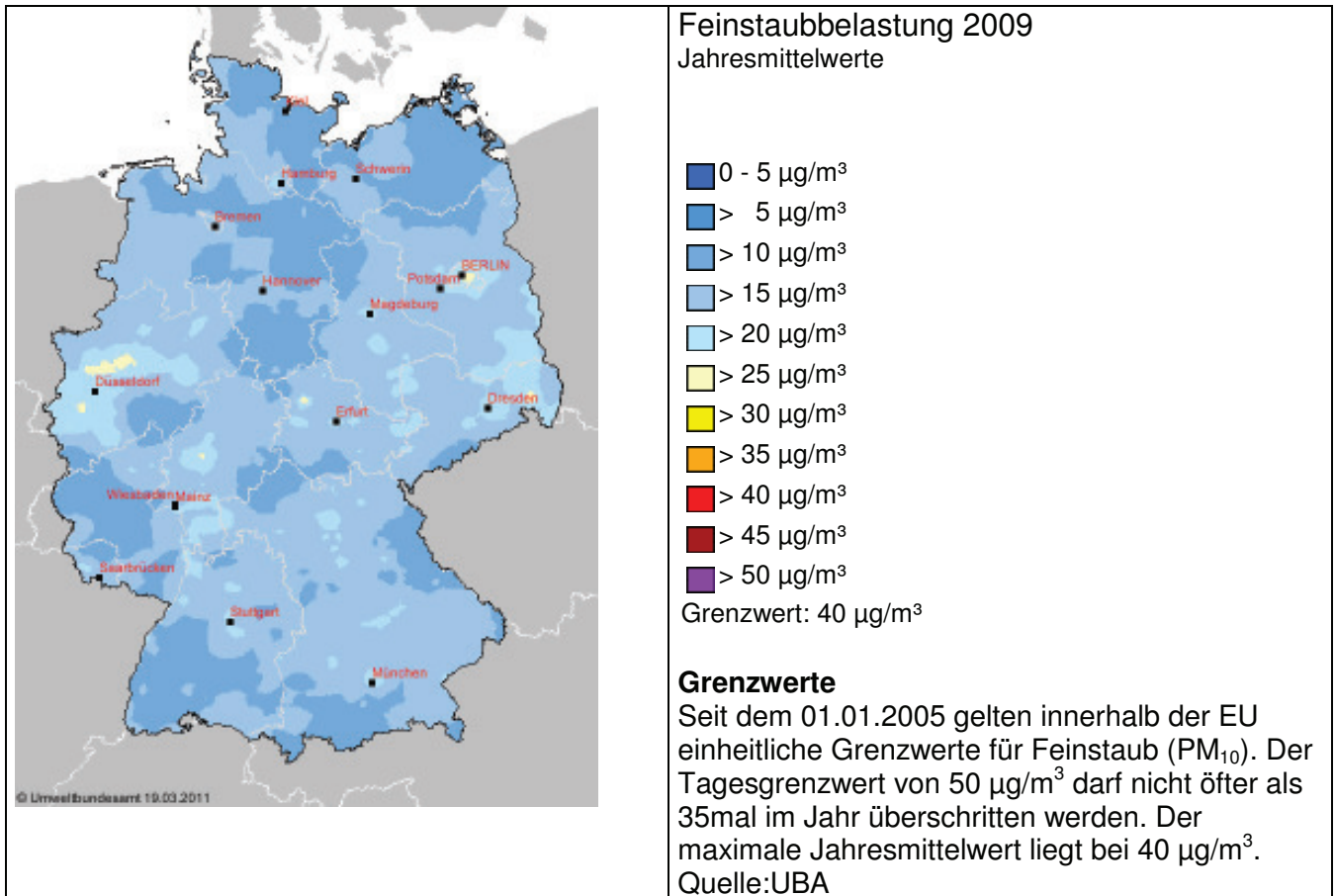


Feinstaub

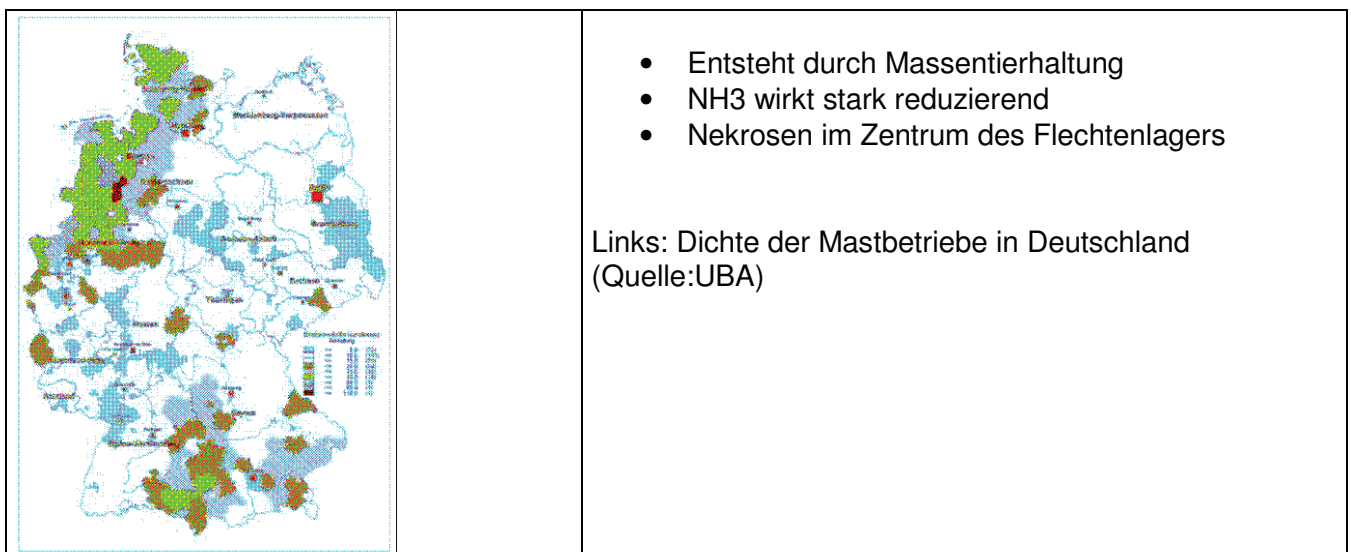
Als Feinstaub wird die im Staub enthaltene Partikelfraktion bezeichnet deren (aerodynamischer) Durchmesser kleiner als 10 μm ist. Feinstaub gilt, weil leicht in die Lungen eindringend (lungengängig) als stark gesundheitsgefährdend.

In Bezug auf Flechten gilt Feinstaub als Träger eutrophierender und Säure abpuffernder (z.B. Kalk, Stickstoff) und toxischer Substanzen.

Gleichzeitig vermindern Staubablagerungen die Photosynthese.



Schädigung durch Ammoniak:



Schädigung durch Ozon:

- Negativer Einfluss auf CO₂-Fixierung,
- Photooxidation mit der Folge der Zerstörung von Fettmolekülen in der Zellmembran (Schädigung von Chloroplasten)

Die Folgen hoher Ozonkonzentrationen hat das Schulbiologiezentrum ausführlich am Beispiel der Wirkung auf Tabakpflanzen dargestellt:

Bioindikation

Unter den vielen einfachen und z.T. sehr aufwändigen Bioindikations-Verfahren haben wir eine Auswahl treffen müssen. Dabei ging es um die Frage der schulischen Anwendbarkeit und darum in wie weit die Methode geeignet ist, auch zukünftige Veränderungen der Luftqualität (und des Klimas) zu erfassen.

Wichtige, hier nicht weiter dargestellte Methoden sind bei KIRSCHBAUM bzw. KIRSCHBAUM/WIRTH (Immissionsbezogene Flechtenkartierung, VDI Richtlinie 3957 und Folienverfahren, VDI Richtlinie 3957) und im Internet dokumentiert (IAP, LuGI-Verfahren).

Optische Erfassung und Bewertung („Bonitur“) nach KNABE:

Ein recht einfaches und in der Schule anwendbares Verfahren ist die Methode, die KNABE 1983 entwickelt hat. Er ordnet nicht Arten, sondern den leichter erkennbaren Organisationstyp (nach steigender Empfindlichkeit: Krustenflechte, Blattflechte, Strauchflechte, Bartflechte) und das Vorkommen von Algen einer 9-stufigen Skala zu. Dabei geht es um das Vorkommen (ja/nein) und nur teilweise um den Deckungsgrad (grobe Werte). Diese Methode erleichtert den Einstieg in das Thema „Flechten“ und ist auch für Anfänger geeignet.

Näheres geht aus dem Arbeitsblatt im **Anhang** hervor.

Zeiger-Flechten nach der WWF-Standard-Methode

Sie wurde speziell für Schulen entwickelt, beschränkt sich aber auf nur 6 umwelttolerante und häufige Arten. Sie ist aufgrund dieser Beschränkung unserer Meinung nicht geeignet, Veränderungen (Abnahme der sauren Immissionen, Zunahme der Eutrophierung) nachzuspüren.

Häufigkeits-Toxizitäts-Index (HTI-Verfahren)

Das relativ einfache **HTI-Verfahren** basiert auf den reziproken (!) Toxitolanz-Werten (nach WIRTH) **aller** dahingehend bewerteten Flechtenarten also nicht auf einer standardisierten Auswahl (vergl. VDI-Richtlinien). Vereinfachend kann man das Spektrum auf 10 für bestimmte Belastungsstufen typische Arten reduzieren:

Die Definitionen der **Zeigerwerte**- und **Toxitolanzen** finden Sie unten.

	L	T	K	KW	F	R	N	To	ToR	H:
Usnea sp.	7	4	6	4	5	3	4	3-4	6-7	+
Pseudevernia furfuracea	8	4	6	4	5	3	2	6	4	++
Evernia prunastri	7	5	6	4,5	4	3	4	5	5	++
Physcia adscendens	7	x	6	4,5	3	7	8	8	2	+++
Physcia stellaris	7	4	6	4,0	3	6	6	4	6	+(+)
Hypogymnia physodes	7	x	6	4,5	3	3	3	8	2	++
Melanohalea exasperulata (syn. Parmelia exasperatula)	7	5	6	4,5	3	5	6	6	4	++/+++
Pleurosticta acetabulum (syn. Parmelia acetabulum)	7	6	5	5,5	3	7	5	6	4	++
Parmelia sulcata	7	x	6	4,5	3	5	7	8	2	+++
Xanthoria parietina	7	x	x	5,0	3	7	8	7	3	+++



Zeigerwerte

Zusammenstellung nach KIRSCHBAUM / WIRTH, Flechten erkennen – Umwelt bewerten, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie

Wuchsform: K (Krustenflechte), B (Blattflechte), S (Strauchflechte)

L	Lichtzahl:	1 Tiefschattenpflanze 7 Volllichtpflanze
T	Temperaturzahl:	1 extremer Kältezeiger 9 extremer Wärmezeiger x = große Toleranz gegenüber Temperatur
K	Kontinentalitätszahl:	1 maritim 9 kontinental
KW	Klimawert (KW = 10-K+T)	1 typisch für kontinentales Klima mit großer Temperaturamplitude 9 typisch für maritimes Klima mit geringer Temperaturamplitude
F	Feuchtezahl	1 auf trockenste Bereiche beschränkt (arid) 9 in niederschlagsreichen Gebieten (humid)
N	Stickstoffzahl (Eutrophierung)	1 keine Eutrophierung 9 sehr starke Eutrophierung
R	Reaktionszahl	1 extrem sauer, pH < 3,4 9 basisch, pH > 7
SUB	Substrat	E (Erdboden), G (Gestein), H (Holz), R (Rinde),
H	Häufigkeit	+ selten, +++ sehr häufig
To	Toxizitätswert (nach WIRTH)	1 sehr geringe Toleranz 9 sehr hohe Toleranz
ToR	Reziproker Toxizitätswert	
►	„Flechtenquiz“	www.schulbiologiezentrum.info , „Arbeitshilfen“/ „Lernspiele“

Folgende Arten dienen als Indikatoren (in aufsteigender Folge der Empfindlichkeit) Abbildungen auf dem Arbeitsblatt im Anhang!

- Usnea hirta
- Pseudevernia furfuracea
- Evernia prunastri
- Physcia adscendens
- Physcia stellaris
- Hypogymnia physodes
- Melanohalea exasperulata (syn. Parmelia exasperatula)
- Pleurosticta acetabulum (syn. Parmelia acetabulum)
- Parmelia sulcata
- Xanthoria parietina

Die ausgezählten Exemplare der einzelnen Flechtenarten werden grob in **Häufigkeitsklassen (H)** zusammengefasst und mit der **(reziproken) Toxizitätswert** multipliziert.

Häufigkeitsklasse H	Definition
1	Einzelfund
2	einige wenige Exemplare (ca. 2-4)
3	mehrere Exemplare (ca. 5-10)
4	viele Exemplare (> 10)

Toxizität nach WIRTH To	umgewandelt (reziprok) ToR	Definition (Toleranz)
9	1	sehr hoch
8	2	hoch
7	3	ziemlich hoch
6	4	mäßig hoch
5	5	mittel bis mäßig hoch
4	6	mittel
3	7	ziemlich gering bis mittel
2	8	ziemlich gering
1	9	sehr gering

Die so gewonnenen Einzelwerte werden schließlich zum HTI-Index aufsummiert:

Beispiel:

Flechtenart	H	ToR	H x ToR	
ABC	2	2	2x 2	4
DEF	3	4	3x4	12
GHI	1	6	1x6	6
				Summe: = 22

Der so ermittelte **HTI-Wert** liegt zwischen 0 und 129 und spiegelt die Belastungen durch Immissionen wider. Auch hier zeigt sich die abnehmende Toleranzreihe von reinen Algengesellschaften über Krustenflechten bis hin zu empfindlichen Blatt- und Strauchflechten. Im Arbeitsblatt (Anhang) finden sie die Gruppierung in Belastungsstufen.

Flechten und Klima

Der so genannte, dem Menschen zugeschriebene „Klimawandel“ wird, wenn er sich wirklich und langfristig von natürlichen und auch in vorindustrieller Zeit auftretenden Klimaschwankungen abheben sollte, auch in einer Veränderung des Flechtenspektrums niederschlagen.

Schon Laien fällt auf, dass bestimmte Flechtenarten, wie die auffälligen Rentierflechten in küstennahen Heiden, z.B. auf den nordfriesischen Inseln häufig, im Binnenland auf ebenso nährstoffarmen Standorten aber selten sind. Dies wird sicherlich mit der eutrophierenden Wirkung von Stickstoffeinträgen zu tun haben aber auch mit der Frostempfindlichkeit.

Es gibt Flechtenarten, die an maritimes, von geringen Temperaturamplituden geprägtes Klima gewöhnt sind und andere, die warme, trockene Sommer und bitterkalte Winter überstehen können. KIRSCHBAUM liefert dazu wertvolle Hinweise und benutzt einen artspezifischen „Klimawert“ (KW) ein, den er aus der „Kontinentalitätszahl“ (K), bzw. dem Kehrwert Ozeanitätszahl (10 – K) und der Temperaturzahl (T) ableitet. Die 2010 neu erschienene Rote Liste der Flechtenarten Schleswig-Holsteins ist in dieser Hinsicht sehr wertvoll.

Auf einfache Weise, bei einem Spaziergang zum Beispiel, wird der aufmerksame, auf unscheinbare „Kleinigkeiten“ achtende Beobachter in den nächsten Jahren viele Möglichkeiten finden, langfristige Veränderungen zu sehen. Flechten reagieren langsamer als Journalisten und Politiker. Man muss ihnen aber, wie anderen Lebewesen übrigens auch, aber zugute halten, dass sie, wenn auch unbewusst, ein realistisches Bild der Wirklichkeit liefern...



Flechtenarten, Zeiger- und Toxitolanzwerte
Nach Toxitolanzwerten To geordnet (n. WIRTH), ToR (Reziproker Toxitolanzwert)
 1 sehr geringe Toleranz → 9 sehr hohe Toleranz

			L	T	K	KW	F	R	N	SUB	H	To	ToR
K	<i>Amandinea punctata</i> (syn <i>Buellia punctata</i>)	Punkt-Scheibenflechte	7	x	6	4,5	3	5	7	R	+++	9	1
K	<i>Lecanora conizaeoides</i>	Staubige Kuchenflechte	7	5	5	5,0	3	2	5	RG	+(++)	9	1
K	<i>Lecanora expallens</i>	Ausbleichende Kuchenflechte	5	6	3	6,5	3	4	5	R	+++	9	1
K	<i>Lepraria incana</i>	Graue Lepraflechte	4	5	6	4,5	3	3	5	RE	+++	9	1
K	<i>Hypocomyce scalaris</i>	Aufsteigende Schuppenflechte	6	5	6	4,5	3	2	2	RH	++	8	2
B	<i>Hypogymnia physodes</i>	Gewöhnliche Blasenflechte	7	x	6	4,5	3	3	3	RG	++	8	2
K	<i>Lecanora hagenii</i> -Gruppe	kdN	6	x	6	4,5	3	8	7	RH	++	8	2
B	<i>Parmelia sulcata</i>	Furchen-Schüsselflechte	7	x	6	4,5	3	5	7	R	+++	8	2
B	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	Kreisförmige Schwielenflechte	7	x	6	4,5	x	7	9	GR	+++	8	2
B	<i>Physcia adscendens</i>	Helm-Schwielenflechte	7	x	6	4,5	3	7	8	R	+++	8	2
B	<i>Physcia tenella</i>	Zarte Schwielenflechte	7	x	6	4,5	3	6	7	R	+++	8	2
B	<i>Parmelia saxatilis</i>	Felsen-Schüsselflechte	6	x	6	4,5	5	3	3	RG	++	7	3
B	<i>Parmelopsis ambigua</i>	Wechselhafte Napfflechte	6	4	6	4,0	5	2	2	R	++	7	3
B	<i>Physconia grisea</i>	Graue Schwielenflechte	7	7	6	5,5	2	6	8	R	++	7	3
B	<i>Xanthoria parietina</i>	Wand-Gelbflechte	7	x	x	5,0	3	7	8	RG	+++	7	3
B	<i>Xanthoria polycarpa</i>	Vielfruchtige Gelbflechte	7	x	5	5,0	3	7	8	R	++	7	3
K	<i>Candellariella reflexa</i>	Sorediöse Dotterflechte	6	6	3	6,5	5	5	7	R	+++	6	4
K	<i>Candellariella xanthostigma</i>	Körnige Dotterflechte	7	5	5	5,0	3	5	5	R	++	6	4
B	<i>Hypogymnia farinacea</i>	Mehlige Blasenflechte	6	4	6	4,0	7	3	2	R	+	6	4
B	<i>Hypogymnia tubulosa</i>	Röhriige Blasenflechte	7	5	5	5,0	3	5	4	R	++	6	4
K	<i>Lecanora charoitera</i>	Helle Kuchenflechte	6	5	6	4,5	3	6	5	R	++	6	4
K	<i>Lecanora pulicaris</i>	Floh-Kuchenflechte	7	4	6	4,0	3	3	4	HR	+(+)	6	4
K	<i>Lecanora saligna</i>	Weiden-Kuchenflechte	7	x	6	4,5	3	4	5	HR	+++	6	4
K	<i>Lecidella elaeochroma</i>	Olivgrüne Schwarznapfflechte	6	5	6	4,5	3	6	5	R	+(++)	6	4
B	<i>Melanohalea exasperulata</i> (syn. <i>Parmelia exasperulata</i>)	Spatel-Braunflechte	7	5	6	4,5	3	5	6	R	++/+++	6	4
K	<i>Phlytis argena</i>	Weißer Blatterflechte	5	5	4	5,5	3	4	5	R	++	6	4
B	<i>Pleurosticta acetabulum</i> (syn. <i>Parmelia acetabulum</i>)	Essigflechte	7	6	5	5,5	3	7	5	R	++	6	4
S	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	Gabelflechte, Baummoos	8	4	6	4,0	5	3	2	RG	++	6	4
B	<i>Punctelia subrudecta</i> (syn. <i>Parmelia subrudecta</i>)	Gefleckte Punktflechte	7	7	3	7,0	3	4	5	R	++	6	4
B	<i>Cetraria chlorophylla</i>	kdN	6	-	-	-	6	3	2	R	++	5	5
S	<i>Evernia prunastri</i>	Eichenmoos, Pflaumenflechte	7	5	6	4,5	4	3	4	R	++	5	5
K	<i>Lecanora carpinea</i>	Hainbuchen-Kuchenflechte	6	5	6	4,5	3	5	4	R	++	5	5
B	<i>Melanelixia glabrata</i> (syn. <i>Parmelia glabrata</i>)	Samtige Braunflechte	5	5	6	4,5	4	3	4	RG	++	5	5
B	<i>Parmelina tiliaea</i>	Linden-Schüsselflechte	7	6	5	5,5	3	5	6	R	+/++	5	5
B	<i>Platismatia glauca</i>	Blaugraue Tartschenflechte	7	4	6	4,0	5	2	2	RG	++	5	5
S	<i>Ramalina farinacea</i>	Mehlige Astflechte	6	5	6	4,5	4	5	4	R	++	5	5
B	<i>Xanthomendoza fallax</i> (syn. <i>Xanthoria fallax</i>)	Trug-Gelbflechte	7	8	5	6,5	3	7	6	RG	+	5	5
B	<i>Xanthoria candelaria</i>	Leuchter-Gelbflechte	7	x	x	5,0	3	6	8	RG	++	5	5
S	<i>Bryoria fuscenscens</i>	Brauner Moosbart	7	4	6	4,0	6	3	4	R	+	4	6
B	<i>Candelaria concolor</i>	Leuchterflechte	7	5	6	4,5	3	6	7	R	+	4	6
K	<i>Lecanora argentata</i>	Silbrige Kuchenflechte	5	5	4	5,5	4	5	3	R	+	4	6
K	<i>Ochrolechia turneri</i>	Turners Bleiflechte	7	6	4	6,0	4	5	5	R	++	4	6
K	<i>Pertusaria albescens</i>	Zonierte Porenflechte	6	x	6	4,5	3	6	6	R	++	4	6
K	<i>Pertusaria amara</i>	Bittere Porenflechte	6	x	6	4,5	4	3	2	R	+	4	6
K	<i>Pertusaria coccodes</i>	Kugelköpfige Porenflechte	6	5	3	6,0	4	5	6	R	+	4	6
K	<i>Pertusaria flavida</i>	Gelbliche Porenflechte	5	6	3	6,5	4	4	3	R	+	4	6
K	<i>Pertusaria pertusa</i>	Gewöhnliche Porenflechte	4	6	3	6,5	5	5	3	RG	+	4	6
B	<i>Physcia aipolia</i>	Ziegen-Schwielenflechte	7	x	6	4,5	3	7	5	R	+(+)	4	6
B	<i>Physcia stellaris</i>	Stern-Schwielenflechte	7	4	6	4,0	3	6	6	R	+(+)	4	6
B	<i>Physconia perisidiosa</i>	Violettbraune Schwielenflechte	7	4	6	4,0	5	6	4	R	+	4	6
S	<i>Ramalina pollinaria</i>	Staubige Astflechte	7	x	5	5,0	5	4	5	R	+	4	6
Bart	<i>Usnea hirta</i>	Struppige Bartflechte	7	4	6	4,0	5	3	4	R	+	4	6
B	<i>Flavoparmelia caperata</i> (syn. <i>Parmelia caperata</i>)	Caperatflechte	6	7	3	7,0	4	5	4	RG	++	3	7
K	<i>Lecanora allophana</i>	Trügerische Kuchenflechte	7	4	5	4,5	3	6	5	R	(+)	3	7
B	<i>Melanelixia subargentifera</i> (<i>Parmelia subargentifera</i>)	Bereifte Braunflechte	7	5	7	4,0	5	7	6	R	+	3	7
B	<i>Parmelina pastillifera</i> (syn. <i>Parmelia pastillifera</i>)	Pastillen-Schüsselflechte	6	4	2	6,0	7	5	5	R	+	3	7
B	<i>Physconia distorta</i>	Bereifte Schwielenflechte	7	5	6	4,5	5	7	6	R	+	3	7
B	<i>Physconia enteroxantha</i>	Gelbmarkige Schwielenflechte	7	4	6	4,0	5	6	6	R	+	3	7
Bart	<i>Usnea dasypoga</i> (syn. <i>Usnea filipendula</i>)	Gewöhnliche Bartflechte	7	4	6	4,0	6	3	2	R	+	3	7
S	<i>Anaptychia ciliaris</i>	Gefranste Wimpernflechte	7	5	5	5	5	7	4	R	+	2	8
S	<i>Ramalina fastigiata</i>	Buschige Astflechte	7	5	4	5,5	6	6	4	R	+	2	8
S	<i>Ramalina fraxinea</i>	Eschen-Astflechte	7	5	4	5,5	5	6	4	R	+	2	8



Nach Reaktionszahlzahl R geordnet (pH-Toleranz)

1 extrem sauer, pH < 3,4 → 9 basisch, pH > 7

			L	T	K	KW	F	R	N	SUB	H	To	
K	Lecanora hagenii-Gruppe	kdN	6	x	6	4,5	3	8	7	RH	++	8	▶
K	Lecanora muralis	Mauer-Flechte	9	x	6	4,5	x	8	9	G(R)	+		
B	Phaeophyscia nigricans	Schwärzliche Schwielenflechte	8	x	6	4,5	x	8	9	GR	++		
B	Physcia caesia	Blaugraue Schwielenflechte	8	x	6	4,5	x	8	9	G(R)	+		
K	Rinodina pityrea	kdN	8	7	7	5,0	2	8	8	RG	+		
S	Anaptychia ciliaris	Gefranste Wimpernflechte	7	5	5	5	5	7	4	R	+	2	▶
kA	Anisomeridium polypori	Spitzkegelflechte	4	5	3	6	4	7	3	R	+		
K	Bacidia rubella	Rötliche Stäbchenflechte	6	6	3	6,5	5	7	5	R	+		
K	Caloplaca cerinella Caloplaca cerinelloides	Kleiner Wachs-Schönfleck	7	6	5	5,5	3	7	6	R	+		
K	Caloplaca obscurella	Dunkler Schönfleck	7	6	5	5,5	2	7	8	RG	++		
K	Caloplaca pyracea	Feuer-Schönfleck	7	x	6	4,5	3	7	5	R	+		
K	Catillaria nigroclavata	Schwarzkopfige Catillarie	7	5	4	5,5	3	7	7	R	+		
B	Hyperphyscia adglutinata	Anliegende Schwielenflechte	7	9	3	8,0	2	7	7	R	+		
K	Lecania cyrtella	Holunder-Lecanie	7	5	6	4,5	3	7	6	R	+		
K	Lecania naegelii	Nägelis Lecanie	6	5	6	4,5	3	7	7	R	+		
B	Melanelixia subargentifera (Parmelia subargentifera)	Bereifte Braunflechte	7	5	7	4,0	5	7	6	R	+	3	▶
B	Phaeophyscia orbicularis	Kreisförmige Schwielenflechte	7	x	6	4,5	x	7	9	GR	+++	8	▶
B	Physcia adscendens	Helm-Schwielenflechte	7	x	6	4,5	3	7	8	R	+++	8	▶
B	Physcia aipolia	Ziegen-Schwielenflechte	7	x	6	4,5	3	7	5	R	+(+)	4	▶
B	Physcia dubia	Zweifelhafte Schwielenflechte	8	x	6	4,5	x	7	8	G(R)	+		
B	Physconia distorta	Bereifte Schwielenflechte	7	5	6	4,5	5	7	6	R	+	3	▶
B	Pleurosticta acetabulum (syn. Parmelia acetabulum)	Essigflechte	7	6	5	5,5	3	7	5	R	++	6	▶
B	Xanthomendoza fallax (syn. Xanthoria fallax)	Trug-Gelbflechte	7	8	5	6,5	3	7	6	RG	+	5	▶
B	Xanthomendoza fulva (syn. Xanthoria fulva)	Orange Gelbflechte	7	6	6	5,0	6	7	7	R	+		
B	Xanthoria parietina	Wand-Gelbflechte	7	x	x	5,0	3	7	8	RG	+++	7	▶
B	Xanthoria polycarpa	Vielfrüchtige Gelbflechte	7	x	5	5,0	3	7	8	R	++	7	▶
K	Bacidina sulphurella	kdN	4	6	4	6,0	4	6	6	G(R)	+		
B	Candelaria concolor	Leuchterflechte	7	5	6	4,5	3	6	7	R	+	4	▶
B	Flavoparmelia soledians	Mehlige Schüsselflechte	7	9	1	9,0	2	6	5	E(R)	+		
K	Lecanora allophana	Trügerische Kuchenflechte	7	4	5	4,5	3	6	5	R	(+)	3	▶
K	Lecanora chlorotera	Helle Kuchenflechte	6	5	6	4,5	3	6	5	R	++	6	▶
K	Lecidella elaeochroma	Olivgrüne Schwarznapfflechte	6	5	6	4,5	3	6	5	R	+(++)	6	▶
K	Lepraria lobifans	Lappige Lepraflechte	4	5	5	5,0	4	6	3	R	+++		▶
B	Melanelixia glabra (syn. Parmelia glabra)	Glatte Braunflechte	7	4	5	5,5	7	6	5	R	+		▶
B	Melanelixia subaurifera	Gold-Braunflechte	6	5	5	5,0	5	6	5	R	++		▶
K	Opegrapha rufescens	Fuchsrote Zeichenflechte	3	6	3	6,5	4	6	5	R	+		
K	Pertusaria albescens	Zonierte Porenflechte	6	x	6	4,5	3	6	6	R	++	4	▶
B	Physcia stellaris	Stern-Schwielenflechte	7	4	6	4,0	3	6	6	R	+(+)	4	▶
B	Physcia tenella	Zarte Schwielenflechte	7	x	6	4,5	3	6	7	R	+++	8	▶
B	Physconia enteroxantha	Gelbmarkige Schwielenflechte	7	4	6	4,0	5	6	6	R	+	3	▶
B	Physconia grisea	Graue Schwielenflechte	7	7	6	5,5	2	6	8	R	++	7	▶
B	Physconia perisidiosa	Violettbraune Schwielenflechte	7	4	6	4,0	5	6	4	R	+	4	▶
S	Ramalina fastigiata	Buschige Astflechte	7	5	4	5,5	6	6	4	R	+	2	▶
S	Ramalina fraxinea	Eschen-Astflechte	7	5	4	5,5	5	6	4	R	+	2	▶
B	Xanthoria candelaria	Leuchter-Gelbflechte	7	x	x	5,0	3	6	8	RG	++	5	▶
K	Amandinea punctata (syn. Buellia punctata)	Punkt-Scheibenflechte	7	x	6	4,5	3	5	7	R	+++	9	▶
K	Arthonia radiata	Strahlige Fleckenflechte	3	5	4	5,5	4	5	4	R	+		
K	Buellia griseovirens	Graugrüne Buellie	4	5	5	5,0	4	5	4	R	++		▶
K	Candellariella reflexa	Sorediöse Dotterflechte	6	6	3	6,5	5	5	7	R	+++	6	▶
K	Candellariella vitellina	Gewöhnliche Dotterflechte	8	x	6	4,5	x	5	8	G	+		
K	Candellariella xanthostigma	Körnige Dotterflechte	7	5	5	5,0	3	5	5	R	++	6	▶



Nach Reaktionszahlzahl R geordnet (pH-Toleranz)

			L	T	K	KW	F	R	N	SUB	H	To	
B	Flavoparmelia caperata (syn. Parmelia caperata)	Caperatflechte	6	7	3	7,0	4	5	4	RG	++	3	▶
K	Graphis scripta	Gewöhnliche Schriftflechte	3	5	4	5,5	4	5	3	R	+		
B	Hypogymnia tubulosa	Röhrige Blasenflechte	7	5	5	5,0	3	5	4	R	++	6	▶
K	Lecanora argentata	Silbrige Kuchenflechte	5	5	4	5,5	4	5	3	R	+	4	▶
K	Lecanora carpinea	Hainbuchen-Kuchenflechte	6	5	6	4,5	3	5	4	R	++	5	▶
K	Lecanora symmicta	Randlose Kuchenflechte	7	4	6	4,0	5	5	4	HR	++		
B	Melanohalea exasperulata (syn. Parmelia exasperulata)	Spatel-Braunflechte	7	5	6	4,5	3	5	6	R	+++/>+++	6	▶
kA	Melanohalea laciniatula	Zerschlitzte Braunflechte	7	7	2	7,5	6	5	5	R	+		
kA	Normandina pulchella	Muschelschüppchen	6	5	3	6,0	5	5	4	MR	+		
K	Ochrolechia turneri	Turners Bleiflechte	7	6	4	6,0	4	5	5	R	++	4	▶
B	Parmelia submontana	Verdrehte Schüsselflechte	6	5	2	6,5	7	5	4	R	+		
B	Parmelia sulcata	Furchen-Schüsselflechte	7	x	6	4,5	3	5	7	R	+++	8	▶
B	Parmelina pastillifera (syn. Parmelia pastillifera)	Pastillen-Schüsselflechte	6	4	2	6,0	7	5	5	R	+	3	▶
B	Parmelina tiliacea	Linden-Schüsselflechte	7	6	5	5,5	3	5	6	R	+/>+++	5	▶
B	Parmotrema perlatum	Breitlappige Schüsselflechte	6	7	2	7,5	6	5	4	R	+		
K	Pertusaria coccodes	Kugelköpfige Porenflechte	6	5	3	6,0	4	5	6	R	+	4	▶
K	Pertusaria pertusa	Gewöhnliche Porenflechte	4	6	3	6,5	5	5	3	RG	+	4	▶
B	Punctelia borreri	Borrers Punktflechte	7	8	2	8,0	5	5	6	R	+		
S	Ramalina farinacea	Mehlige Astflechte	6	5	6	4,5	4	5	4	R	++	5	▶
kA	Cladonia coniocraea	Gewöhnliche Säulenflechte	5	x	6	4,5	x	4	3	EHR	+		
kA	Cladonia fimbriata	Trompeten- Becherflechte	7	5	6	4,5	x	4	3	E(R)	+		
K	Coenogonium pineti	Kiefern-Krügelflechte	3	5	3	6,0	4	4	4	RH	+		
B	Flavopunctelia flaventior	Gelbliche Schüsselflechte	7	8	7	5,5	2	4	6	R	+		▶
B	Hypotrachina afrorevoluta	Afrikanische Schüsselflechte	6	7	2	7,5	5	4	4	RG	+		
K	Lecanora expallens	Ausbleichende Kuchenflechte	5	6	3	6,5	3	4	5	R	+++	9	▶
K	Lecanora saligna	Weiden-Kuchenflechte	7	x	6	4,5	3	4	5	HR	+++	6	▶
B	Melanohalea elegantula (syn. Parmelia elegantula)	Zierliche Braunflechte	7	7	3	7,0	5	4	5	R	+		
K	Ochrolechia arborea	Baum-Bleiflechte	6	5	4	5,5	6	4	3	R	+		
B	Parmelia ernstiae	Ernsts Schüsselflechte	6	5	6	4,5	3	4	4	R	+		
K	Pertusaria flavida	Gelbliche Porenflechte	5	6	3	6,5	4	4	3	R	+	4	▶
K	Phlytis argena	Weißer Blatternflechte	5	5	4	5,5	3	4	5	R	++	6	▶
B	Punctelia jeckeri	Krausblättrige Punktflechte	7	7	3	7,0	3	4	6	R	++		
B	Punctelia subrudecta (syn. Parmelia subrudecta)	Gefleckte Punktflechte	7	7	3	7,0	3	4	5	R	++	6	▶
S	Ramalina pollinaria	Staubige Astflechte	7	x	5	5,0	5	4	5	R	+	4	▶
S	Bryoria fuscenscens	Brauner Moosbart	7	4	6	4,0	6	3	4	R	+	4	▶
B	Cetraria chlorophylla	kdN	6	-	-	-	6	3	2	R	++	5	▶
S	Evernia prunastri	Eichenmoos, Pflaumenflechte	7	5	6	4,5	4	3	4	R	++	5	▶
B	Hypogymnia farinacea	Mehlige Blasenflechte	6	4	6	4,0	7	3	2	R	+	6	▶
B	Hypogymnia physodes	Gewöhnliche Blasenflechte	7	x	6	4,5	3	3	3	RG	++	8	▶
K	Lecanora pulicaris	Floh-Kuchenflechte	7	4	6	4,0	3	3	4	HR	+(++)	6	▶
K	Lepraria incana	Graue Lepraflechte	4	5	6	4,5	3	3	5	RE	+++	9	▶
B	Melanelixia glabratula (syn. Parmelia glabratula)	Samtige Braunflechte	5	5	6	4,5	4	3	4	RG	++	5	▶
K	Ochrolechia androgyna	Zwittrige Bleiflechte	5	4	6	4,0	7	3	3	R	+		
B	Parmelia saxatilis	Felsen-Schüsselflechte	6	x	6	4,5	5	3	3	RG	++	7	▶
K	Pertusaria amara	Bittere Porenflechte	6	x	6	4,5	4	3	2	R	+	4	▶
S	Pseudevernia furfuracea	Gabelflechte, Baummoos	8	4	6	4,0	5	3	2	RG	++	6	▶
kA	Scolicioporum chlorococcum	kdN	6	5	3	6,0	3	3	6	R	+		
K	Strangospora pinicola	kdN	7	5	6	4,5	3	3	6	HR	+		▶
B	Tuckermannopsis chlorophylla	Olivgrüne Moosflechte	6	4	6	4,0	6	3	3	R	++		
Bart	Usnea dasypoga (syn. Usnea filipendula)	Gewöhnliche Bartflechte	7	4	6	4,0	6	3	2	R	+	3	
Bart	Usnea hirta	Struppige Bartflechte	7	4	6	4,0	5	3	4	R	+	4	▶
K	Chaenotheca ferruginea	Rostfarbene Stecknadelflechte	5	x	6	4,5	3	2	4	RH	+		
K	Hypocenomyce scalaris	Aufsteigende Schuppenflechte	6	5	6	4,5	3	2	2	RH	++	8	▶
K	Lecanora conizaeoides	Staubige Kuchenflechte	7	5	5	5,0	3	2	5	RG	+(++)	9	▶
B	Parmeliopsis ambigua	Wechselhafte Napfflechte	6	4	6	4,0	5	2	2	R	++	7	▶
K	Placynthiella icmalea	Korallen-Schwarznapfflechte	7	x	6	4,5	3	2	5	EHM	+		
B	Platismatia glauca	Blaugraue Tartschenflechte	7	4	6	4,0	5	2	2	RG	++	5	▶



Flechtenarten, Zeiger- und Toxizitätswerte Nach Stickstoffzahl N geordnet (Eutrophierungsanzeiger)

1 keine Eutrophierung → 9 sehr starke Eutrophierung

			L	T	K	KW	F	R	N	SUB	H	To	
K	Lecanora muralis	Mauer-Flechte	9	x	6	4,5	x	8	9	G(R)	+		
B	Phaeophyscia nigricans	Schwärzliche Schwielenflechte	8	x	6	4,5	x	8	9	GR	++		
B	Phaeophyscia orbicularis	Kreisförmige Schwielenflechte	7	x	6	4,5	x	7	9	GR	+++	8	▶
B	Physcia caesia	Blaugraue Schwielenflechte	8	x	6	4,5	x	8	9	G(R)	+		
K	Caloplaca obcurella	Dunkler Schönfleck	7	6	5	5,5	2	7	8	RG	++		
K	Candellariella vitellina	Gewöhnliche Dotterflechte	8	x	6	4,5	x	5	8	G	+		
B	Physcia adscendens	Helm-Schwielenflechte	7	x	6	4,5	3	7	8	R	+++	8	▶
B	Physcia dubia	Zweifelhafte Schwielenflechte	8	x	6	4,5	x	7	8	G(R)	+		
B	Physconia grisea	Graue Schwielenflechte	7	7	6	5,5	2	6	8	R	++	7	▶
K	Rinodina pityrea	kdN	8	7	7	5,0	2	8	8	RG	+		
B	Xanthoria candelaria	Leuchter-Gelbflechte	7	x	x	5,0	3	6	8	RG	++	5	▶
B	Xanthoria parietina	Wand-Gelbflechte	7	x	x	5,0	3	7	8	RG	+++	7	▶
B	Xanthoria polycarpa	Vielfrüchtige Gelbflechte	7	x	5	5,0	3	7	8	R	++	7	▶
K	Amandinea punctata (syn. Buellia punctata)	Punkt-Scheibenflechte	7	x	6	4,5	3	5	7	R	+++	9	▶
B	Candelaria concolor	Leuchterflechte	7	5	6	4,5	3	6	7	R	+	4	▶
K	Candellariella reflexa	Sorediöse Dotterflechte	6	6	3	6,5	5	5	7	R	+++	6	▶
K	Catillaria nigroclavata	Schwarzköpfige Catillarie	7	5	4	5,5	3	7	7	R	+		
B	Hyperphyscia adglutinata	Anliegende Schwielenflechte	7	9	3	8,0	2	7	7	R	+		
K	Lecania naegeli	Nägellis Lecanie	6	5	6	4,5	3	7	7	R	+		
K	Lecanora hagenii-Gruppe	kdN	6	x	6	4,5	3	8	7	RH	++	8	▶
B	Parmelia sulcata	Furchen-Schüsselflechte	7	x	6	4,5	3	5	7	R	+++	8	▶
B	Physcia tenella	Zarte Schwielenflechte	7	x	6	4,5	3	6	7	R	+++	8	▶
B	Xanthomendoza fulva (syn. Xanthoria fulva)	Orange Gelbflechte	7	6	6	5,0	6	7	7	R	+		
K	Bacidina sulphurella	kdN	4	6	4	6,0	4	6	6	G(R)	+		
K	Caloplaca cerinella Caloplaca cerinelloides	Kleiner Wachs-Schönfleck	7	6	5	5,5	3	7	6	R	+		
B	Flavopunctelia flaventior	Gelbliche Schüsselflechte	7	8	7	5,5	2	4	6	R	+		▶
K	Lecania cyrtella	Holunder-Lecanie	7	5	6	4,5	3	7	6	R	+		
B	Melanelixia subargentifera (Parmelia subargentifera)	Bereifte Braunflechte	7	5	7	4,0	5	7	6	R	+	3	▶
B	Melanohalea exasperulata (syn. Parmelia exasperulata)	Spatel-Braunflechte	7	5	6	4,5	3	5	6	R	++/+++	6	▶
B	Parmelina tiliacea	Linden-Schüsselflechte	7	6	5	5,5	3	5	6	R	+ / ++	5	▶
K	Pertusaria albescens	Zonierte Porenflechte	6	x	6	4,5	3	6	6	R	++	4	▶
K	Pertusaria coccodes	Kugelköpfige Porenflechte	6	5	3	6,0	4	5	6	R	+	4	▶
B	Physcia stellaris	Stern-Schwielenflechte	7	4	6	4,0	3	6	6	R	+(+)	4	▶
B	Physconia distorta	Bereifte Schwielenflechte	7	5	6	4,5	5	7	6	R	+	3	▶
B	Physconia enteroxantha	Gelbmarkige Schwielenflechte	7	4	6	4,0	5	6	6	R	+	3	▶
B	Punctelia borreri	Borrers Punktflechte	7	8	2	8,0	5	5	6	R	+		
B	Punctelia jeckeri	Krausblättrige Punktflechte	7	7	3	7,0	3	4	6	R	++		
kA	Scolicioporum chlorococcum	kdN	6	5	3	6,0	3	3	6	R	+		
K	Strangospora pinicola	kdN	7	5	6	4,5	3	3	6	HR	+		▶
B	Xanthomendoza fallax (syn. Xanthoria fallax)	Trug-Gelbflechte	7	8	5	6,5	3	7	6	RG	+	5	▶
K	Bacidia rubella	Rötliche Stäbchenflechte	6	6	3	6,5	5	7	5	R	+		
K	Caloplaca pyracea	Feuer-Schönfleck	7	x	6	4,5	3	7	5	R	+		
K	Candellariella xanthostigma	Körnige Dotterflechte	7	5	5	5,0	3	5	5	R	++	6	▶
B	Flavoparmelia soredians	Mehlige Schüsselflechte	7	9	1	9,0	2	6	5	E(R)	+		
K	Lecanora allophana	Trügerische Kuchenflechte	7	4	5	4,5	3	6	5	R	(+)	3	▶
K	Lecanora chlorotera	Helle Kuchenflechte	6	5	6	4,5	3	6	5	R	++	6	▶
K	Lecanora conizaeoides	Staubige Kuchenflechte	7	5	5	5,0	3	2	5	RG	+(++)	9	▶
K	Lecanora expallens	Ausbleichende Kuchenflechte	5	6	3	6,5	3	4	5	R	+++	9	▶
K	Lecanora saligna	Weiden-Kuchenflechte	7	x	6	4,5	3	4	5	HR	+++	6	▶
K	Lecidella elaeochroma	Olivgrüne Schwarznapfflechte	6	5	6	4,5	3	6	5	R	+(++)	6	▶
K	Lepraria incana	Graue Lepraflechte	4	5	6	4,5	3	3	5	RE	+++	9	▶
B	Melanelixia glabra (syn. Parmelia glabra)	Glatte Braunflechte	7	4	5	5,5	7	6	5	R	+		▶
B	Melanelixia subaurifera	Gold-Braunflechte	6	5	5	5,0	5	6	5	R	++		▶



Nach Stickstoffzahl N geordnet (Eutrophierungsanzeiger)

			L	T	K	KW	F	R	N	SUB	H	To	
B	Melanohalea elegantula (syn. Parmelia elegantula)	Zierliche Braunflechte	7	7	3	7,0	5	4	5	R	+		
kA	Melanohalea laciniatula	Zerschlitze Braunflechte	7	7	2	7,5	6	5	5	R	+		
K	Ochrolechia turneri	Turners Bleiflechte	7	6	4	6,0	4	5	5	R	++	4	▶
K	Opegrapha rufescens	Fuchsrote Zeichenflechte	3	6	3	6,5	4	6	5	R	+		
B	Parmelina pastillifera (syn. Parmelia pastillifera)	Pastillen-Schüsselflechte	6	4	2	6,0	7	5	5	R	+	3	▶
K	Phlytis argena	Weißer Blatternflechte	5	5	4	5,5	3	4	5	R	++	6	▶
B	Physcia aipolia	Ziegen-Schwielenflechte	7	x	6	4,5	3	7	5	R	+(+)	4	▶
K	Placynthiella icmalea	Korallen-Schwarznapfflechte	7	x	6	4,5	3	2	5	EHM	+		
B	Pleurosticta acetabulum (syn. Parmelia acetabulum)	Essigflechte	7	6	5	5,5	3	7	5	R	++	6	▶
B	Punctelia subrudecta (syn. Parmelia subrudecta)	Gefleckte Punktflechte	7	7	3	7,0	3	4	5	R	++	6	▶
S	Ramalina pollinaria	Staubige Astflechte	7	x	5	5,0	5	4	5	R	+	4	▶
S	Anaptychia ciliaris	Gefranste Wimpernflechte	7	5	5	5	5	7	4	R	+	2	▶
K	Arthonia radiata	Strahlige Fleckenflechte	3	5	4	5,5	4	5	4	R	+		
S	Bryoria fuscenscens	Brauner Moosbart	7	4	6	4,0	6	3	4	R	+	4	▶
K	Buellia griseovirens	Graugrüne Buellie	4	5	5	5,0	4	5	4	R	++		▶
K	Chaenotheca ferruginea	Rostfarbene Stecknadelflechte	5	x	6	4,5	3	2	4	RH	+		
K	Coenogonium pineti	Kiefern-Krügleinflechte	3	5	3	6,0	4	4	4	RH	+		
S	Evernia prunastri	Eichenmoos, Pflaumenflechte	7	5	6	4,5	4	3	4	R	++	5	▶
B	Flavoparmelia caperata (syn. Parmelia caperata)	Caperatflechte	6	7	3	7,0	4	5	4	RG	++	3	▶
B	Hypogymnia tubulosa	Röhrige Blasenflechte	7	5	5	5,0	3	5	4	R	++	6	▶
B	Hypotrachina afrorevoluta	Afrikanische Schüsselflechte	6	7	2	7,5	5	4	4	RG	+		
K	Lecanora carpinea	Hainbuchen-Kuchenflechte	6	5	6	4,5	3	5	4	R	++	5	▶
K	Lecanora pulcaris	Floh-Kuchenflechte	7	4	6	4,0	3	3	4	HR	+(+)	6	▶
K	Lecanora symmicta	Randlose Kuchenflechte	7	4	6	4,0	5	5	4	HR	++		
B	Melanelixia glabrata (syn. Parmelia glabrata)	Samtliche Braunflechte	5	5	6	4,5	4	3	4	RG	++	5	▶
kA	Normandina pulchella	Muschelschüppchen	6	5	3	6,0	5	5	4	MR	+		
B	Parmelia ernstiae	Ernsts Schüsselflechte	6	5	6	4,5	3	4	4	R	+		
B	Parmelia submontana	Verdrehte Schüsselflechte	6	5	2	6,5	7	5	4	R	+		
B	Parmotrema perlatum	Breitlappige Schüsselflechte	6	7	2	7,5	6	5	4	R	+		
B	Physconia perisidiosa	Violettbraune Schwielenflechte	7	4	6	4,0	5	6	4	R	+	4	▶
S	Ramalina farinacea	Mehlige Astflechte	6	5	6	4,5	4	5	4	R	++	5	▶
S	Ramalina fastigiata	Buschige Astflechte	7	5	4	5,5	6	6	4	R	+	2	▶
S	Ramalina fraxinea	Eschen-Astflechte	7	5	4	5,5	5	6	4	R	+	2	▶
Bart	Usnea hirta	Struppige Bartflechte	7	4	6	4,0	5	3	4	R	+	4	▶
kA	Anisomeridium polypori	Spitzkegelflechte	4	5	3	6	4	7	3	R	+		
kA	Cladonia coniocraea	Gewöhnliche Säulenflechte	5	x	6	4,5	x	4	3	EHR	+		
kA	Cladonia fimbriata	Trompeten- Becherflechte	7	5	6	4,5	x	4	3	E(R)	+		
K	Graphis scripta	Gewöhnliche Schriftflechte	3	5	4	5,5	4	5	3	R	+		
B	Hypogymnia physodes	Gewöhnliche Blasenflechte	7	x	6	4,5	3	3	3	RG	++	8	▶
K	Lecanora argentata	Silbrige Kuchenflechte	5	5	4	5,5	4	5	3	R	+	4	▶
K	Lepraria lobificans	Lappige Lepraflechte	4	5	5	5,0	4	6	3	R	+++		▶
K	Ochrolechia androgyna	Zwittrige Bleiflechte	5	4	6	4,0	7	3	3	R	+		
K	Ochrolechia arborea	Baum-Bleiflechte	6	5	4	5,5	6	4	3	R	+		
B	Parmelia saxatilis	Felsen-Schüsselflechte	6	x	6	4,5	5	3	3	RG	++	7	▶
K	Pertusaria flavida	Gelbliche Porenflechte	5	6	3	6,5	4	4	3	R	+	4	▶
K	Pertusaria pertusa	Gewöhnliche Porenflechte	4	6	3	6,5	5	5	3	RG	+	4	▶
B	Tuckermannopsis chlorophylla	Olivgrüne Moosflechte	6	4	6	4,0	6	3	3	R	++		
B	Cetraria chlorophylla	kdN	6	-	-	-	6	3	2	R	++	5	▶
K	Hypocenomyce scalaris	Aufsteigende Schuppenflechte	6	5	6	4,5	3	2	2	RH	++	8	▶
B	Hypogymnia farinacea	Mehlige Blasenflechte	6	4	6	4,0	7	3	2	R	+	6	▶
B	Parmeliopsis ambigua	Wechselhafte Napfflechte	6	4	6	4,0	5	2	2	R	++	7	▶
K	Pertusaria amara	Bittere Porenflechte	6	x	6	4,5	4	3	2	R	+	4	▶
B	Platismatia glauca	Blaugraue Tartschenflechte	7	4	6	4,0	5	2	2	RG	++	5	▶
S	Pseudevernia furfuracea	Gabelflechte, Baummoos	8	4	6	4,0	5	3	2	RG	++	6	▶
Bart	Usnea dasypoga (syn. Usnea filipendula)	Gewöhnliche Bartflechte	7	4	6	4,0	6	3	2	R	+	3	



Nach Klimawert KW geordnet ($(KW = 10 - K + T) / 2$)

			L	T	K	KW	F	R	N	SUB	H	To	
B	<i>Cetraria chlorophylla</i>	kdN	6	-	-	-	6	3	2	R	++	5	▶
S	<i>Bryoria fuscenscens</i>	Brauner Moosbart	7	4	6	4,0	6	3	4	R	+	4	▶▶
B	<i>Hypogymnia farinacea</i>	Mehlige Blasenflechte	6	4	6	4,0	7	3	2	R	+	6	▶▶
K	<i>Lecanora pulicaris</i>	Floh-Kuchenflechte	7	4	6	4,0	3	3	4	HR	+(+)	6	▶▶
K	<i>Lecanora symmicta</i>	Randlose Kuchenflechte	7	4	6	4,0	5	5	4	HR	++		
B	<i>Melanelixia subargentifera</i> (<i>Parmelia subargentifera</i>)	Bereifte Braunflechte	7	5	7	4,0	5	7	6	R	+	3	▶
K	<i>Ochrolechia androgyna</i>	Zwittrige Bleiflechte	5	4	6	4,0	7	3	3	R	+		
B	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	Wechselhafte Napfflechte	6	4	6	4,0	5	2	2	R	++	7	▶▶
B	<i>Physcia stellaris</i>	Stern-Schwielenflechte	7	4	6	4,0	3	6	6	R	+(+)	4	▶▶
B	<i>Physconia enteroxantha</i>	Gelbmarkige Schwielenflechte	7	4	6	4,0	5	6	6	R	+	3	▶▶
B	<i>Physconia perisidiosa</i>	Violettbraune Schwielenflechte	7	4	6	4,0	5	6	4	R	+	4	▶▶
B	<i>Platismatia glauca</i>	Blaugraue Tartschenflechte	7	4	6	4,0	5	2	2	RG	++	5	▶▶
S	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	Gabelflechte, Baummoos	8	4	6	4,0	5	3	2	RG	++	6	▶▶
B	<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i>	Olivgrüne Moosflechte	6	4	6	4,0	6	3	3	R	++		
Bart	<i>Usnea dasypoga</i> (syn. <i>Usnea filipendula</i>)	Gewöhnliche Bartflechte	7	4	6	4,0	6	3	2	R	+	3	
Bart	<i>Usnea hirta</i>	Struppige Bartflechte	7	4	6	4,0	5	3	4	R	+	4	▶▶
K	<i>Amandinea punctata</i> (syn <i>Buellia punctata</i>)	Punkt-Scheibenflechte	7	x	6	4,5	3	5	7	R	+++	9	▶▶
K	<i>Caloplaca pyracea</i>	Feuer-Schönfleck	7	x	6	4,5	3	7	5	R	+		
B	<i>Candelaria concolor</i>	Leuchterflechte	7	5	6	4,5	3	6	7	R	+	4	▶▶
K	<i>Candellariella vitellina</i>	Gewöhnliche Dotterflechte	8	x	6	4,5	x	5	8	G	+		
K	<i>Chaenotheca ferruginea</i>	Rostfarbene Stecknadelflechte	5	x	6	4,5	3	2	4	RH	+		
kA	<i>Cladonia coniocraea</i>	Gewöhnliche Säulenflechte	5	x	6	4,5	x	4	3	EHR	+		
kA	<i>Cladonia fimbriata</i>	Trompeten- Becherflechte	7	5	6	4,5	x	4	3	E(R)	+		
S	<i>Evernia prunastri</i>	Eichenmoos, Pflaumenflechte	7	5	6	4,5	4	3	4	R	++	5	▶▶
K	<i>Hypocenomyce scalaris</i>	Aufsteigende Schuppenflechte	6	5	6	4,5	3	2	2	RH	++	8	▶▶
B	<i>Hypogymnia physodes</i>	Gewöhnliche Blasenflechte	7	x	6	4,5	3	3	3	RG	++	8	▶▶
K	<i>Lecania cyrtella</i>	Holunder-Lecanie	7	5	6	4,5	3	7	6	R	+		
K	<i>Lecania naegelii</i>	Nägelis Lecanie	6	5	6	4,5	3	7	7	R	+		
K	<i>Lecanora allophana</i>	Trägerische Kuchenflechte	7	4	5	4,5	3	6	5	R	(+)	3	▶▶
K	<i>Lecanora carpinea</i>	Hainbuchen-Kuchenflechte	6	5	6	4,5	3	5	4	R	++	5	▶▶
K	<i>Lecanora chlorotera</i>	Helle Kuchenflechte	6	5	6	4,5	3	6	5	R	++	6	▶▶
K	<i>Lecanora hagenii</i> -Gruppe	kdN	6	x	6	4,5	3	8	7	RH	++	8	▶▶
K	<i>Lecanora muralis</i>	Mauer-Flechte	9	x	6	4,5	x	8	9	G(R)	+		
K	<i>Lecanora saligna</i>	Weiden-Kuchenflechte	7	x	6	4,5	3	4	5	HR	+++	6	▶▶
K	<i>Lecidella elaeochroma</i>	Olivgrüne Schwarznapfflechte	6	5	6	4,5	3	6	5	R	+(++)	6	▶▶
K	<i>Lepraria incana</i>	Graue Lepraflechte	4	5	6	4,5	3	3	5	RE	+++	9	▶▶
B	<i>Melanelixia glabratula</i> (syn. <i>Parmelia glabratula</i>)	Samtige Braunflechte	5	5	6	4,5	4	3	4	RG	++	5	▶▶
B	<i>Melanohalea exasperulata</i> (syn. <i>Parmelia exasperulata</i>)	Spatel-Braunflechte	7	5	6	4,5	3	5	6	R	++/+++	6	▶▶
B	<i>Parmelia ernstiae</i>	Ernsts Schüsselflechte	6	5	6	4,5	3	4	4	R	+		
B	<i>Parmelia saxatilis</i>	Felsen-Schüsselflechte	6	x	6	4,5	5	3	3	RG	++	7	▶▶
B	<i>Parmelia sulcata</i>	Furchen-Schüsselflechte	7	x	6	4,5	3	5	7	R	+++	8	▶▶
K	<i>Pertusaria albescens</i>	Zonierte Porenflechte	6	x	6	4,5	3	6	6	R	++	4	▶▶
K	<i>Pertusaria amara</i>	Bittere Porenflechte	6	x	6	4,5	4	3	2	R	+	4	▶▶
B	<i>Phaeophyscia nigricans</i>	Schwärzliche Schwielenflechte	8	x	6	4,5	x	8	9	GR	++		
B	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	Kreisförmige Schwielenflechte	7	x	6	4,5	x	7	9	GR	+++	8	▶▶
B	<i>Physcia adscendens</i>	Helm-Schwielenflechte	7	x	6	4,5	3	7	8	R	+++	8	▶▶
B	<i>Physcia aipolia</i>	Ziegen-Schwielenflechte	7	x	6	4,5	3	7	5	R	+(+)	4	▶▶
B	<i>Physcia caesia</i>	Blaugraue Schwielenflechte	8	x	6	4,5	x	8	9	G(R)	+		
B	<i>Physcia dubia</i>	Zweifelhafte Schwielenflechte	8	x	6	4,5	x	7	8	G(R)	+		
B	<i>Physcia tenella</i>	Zarte Schwielenflechte	7	x	6	4,5	3	6	7	R	+++	8	▶▶
B	<i>Physconia distorta</i>	Bereifte Schwielenflechte	7	5	6	4,5	5	7	6	R	+	3	▶▶
K	<i>Placynthiella icmalea</i>	Korallen-	7	x	6	4,5	3	2	5	EHM	+		



		Schwarznapfflechte												
S	Ramalina farinacea	Mehlige Astflechte	6	5	6	4,5	4	5	4	R	++	5	▶	
K	Strangospora pinicola	kdN	7	5	6	4,5	3	3	6	HR	+		▶	
S	Anaptychia ciliaris	Gefranste Wimpernflechte	7	5	5	5	5	7	4	R	+	2	▶	
K	Buellia griseovirens	Graugrüne Buellie	4	5	5	5,0	4	5	4	R	++		▶	
K	Candellariella xanthostigma	Körnige Dotterflechte	7	5	5	5,0	3	5	5	R	++	6	▶	
B	Hypogymnia tubulosa	Röhrige Blasenflechte	7	5	5	5,0	3	5	4	R	++	6	▶	
K	Lecanora conizaeoides	Staubige Kuchenflechte	7	5	5	5,0	3	2	5	RG	+(+++)	9	▶	
K	Lepraria lobificans	Lappige Lepraflechte	4	5	5	5,0	4	6	3	R	+++		▶	
B	Melanelixia subaurifera	Gold-Braunflechte	6	5	5	5,0	5	6	5	R	++		▶	
S	Ramalina pollinaria	Staubige Astflechte	7	x	5	5,0	5	4	5	R	+	4	▶	
K	Rinodina pityrea	kdN	8	7	7	5,0	2	8	8	RG	+			
B	Xanthomendoza fulva (syn. Xanthoria fulva)	Orange Gelbflechte	7	6	6	5,0	6	7	7	R	+			
B	Xanthoria candelaria	Leuchter-Gelbflechte	7	x	x	5,0	3	6	8	RG	++	5	▶	
B	Xanthoria parietina	Wand-Gelbflechte	7	x	x	5,0	3	7	8	RG	+++	7	▶	
B	Xanthoria polycarpa	Vielfrüchtige Gelbflechte	7	x	5	5,0	3	7	8	R	++	7	▶	
K	Arthonia radiata	Strahlige Fleckenflechte	3	5	4	5,5	4	5	4	R	+			
K	Caloplaca cerinella Caloplaca cerinelloides	Kleiner Wachs-Schönfleck	7	6	5	5,5	3	7	6	R	+			
K	Caloplaca obscurella	Dunkler Schönfleck	7	6	5	5,5	2	7	8	RG	++			
K	Catillaria nigroclavata	Schwarzkopfige Catillarie	7	5	4	5,5	3	7	7	R	+			
B	Flavopunctelia flaventior	Gelbliche Schüsselflechte	7	8	7	5,5	2	4	6	R	+		▶	
K	Graphis scripta	Gewöhnliche Schrifflechte	3	5	4	5,5	4	5	3	R	+			
K	Lecanora argentata	Silbrige Kuchenflechte	5	5	4	5,5	4	5	3	R	+	4	▶	
B	Melanelixia glabra (syn. Parmelia glabra)	Glatte Braunflechte	7	4	5	5,5	7	6	5	R	+		▶	
K	Ochrolechia arborea	Baum-Bleiflechte	6	5	4	5,5	6	4	3	R	+			
B	Parmelina tiliacea	Linden-Schüsselflechte	7	6	5	5,5	3	5	6	R	+ / +++	5	▶	
K	Phlytis argena	Weißer Blätternflechte	5	5	4	5,5	3	4	5	R	++	6	▶	
B	Physconia grisea	Graue Schwielenflechte	7	7	6	5,5	2	6	8	R	++	7	▶	
B	Pleurosticta acetabulum (syn. Parmelia acetabulum)	Essigflechte	7	6	5	5,5	3	7	5	R	++	6	▶	
S	Ramalina fastigiata	Buschige Astflechte	7	5	4	5,5	6	6	4	R	+	2	▶	
S	Ramalina fraxinea	Eschen-Astflechte	7	5	4	5,5	5	6	4	R	+	2	▶	
KA	Anisomeridium polypori	Spitzkegelflechte	4	5	3	6	4	7	3	R	+			
K	Bacidina sulphurella	kdN	4	6	4	6,0	4	6	6	G(R)	+			
K	Coenogonium pineti	Kiefern-Krügleinflechte	3	5	3	6,0	4	4	4	RH	+			
KA	Normandina pulchella	Muschelschüppchen	6	5	3	6,0	5	5	4	MR	+			
K	Ochrolechia turneri	Turners Bleiflechte	7	6	4	6,0	4	5	5	R	++	4	▶	
B	Parmelina pastillifera (syn. Parmelia pastillifera)	Pastillen-Schüsselflechte	6	4	2	6,0	7	5	5	R	+	3	▶	
K	Pertusaria coccodes	Kugelkopfige Porenflechte	6	5	3	6,0	4	5	6	R	+	4	▶	
KA	Scolicioporum chlorococcum	kdN	6	5	3	6,0	3	3	6	R	+			
K	Bacidia rubella	Rötliche Stäbchenflechte	6	6	3	6,5	5	7	5	R	+			
K	Candellariella reflexa	Sorediöse Dotterflechte	6	6	3	6,5	5	5	7	R	+++	6	▶	
K	Lecanora expallens	Ausbleichende Kuchenflechte	5	6	3	6,5	3	4	5	R	+++	9	▶	
K	Opegrapha rufescens	Fuchsrote Zeichenflechte	3	6	3	6,5	4	6	5	R	+			
B	Parmelia submontana	Verdrehte Schüsselflechte	6	5	2	6,5	7	5	4	R	+			
K	Pertusaria flvida	Gelbliche Porenflechte	5	6	3	6,5	4	4	3	R	+	4	▶	
K	Pertusaria pertusa	Gewöhnliche Porenflechte	4	6	3	6,5	5	5	3	RG	+	4	▶	
B	Xanthomendoza fallax (syn. Xanthoria fallax)	Trug-Gelbflechte	7	8	5	6,5	3	7	6	RG	+	5	▶	
B	Flavoparmelia caperata (syn. Parmelia caperata)	Caperatflechte	6	7	3	7,0	4	5	4	RG	++	3	▶	
B	Melanohalea elegantula (syn. Parmelia elegantula)	Zierliche Braunflechte	7	7	3	7,0	5	4	5	R	+			
B	Punctelia jeckeri	Krausblättrige Punktflechte	7	7	3	7,0	3	4	6	R	++			
B	Punctelia subrudecta (syn. Parmelia subrudecta)	Gefleckte Punktflechte	7	7	3	7,0	3	4	5	R	++	6	▶	
B	Hypotrachina afrorevoluta	Afrikanische Schüsselflechte	6	7	2	7,5	5	4	4	RG	+			
KA	Melanohalea laciniatula	Zerschlitzte Braunflechte	7	7	2	7,5	6	5	5	R	+			
B	Parmotrema perlatum	Breitlappige Schüsselflechte	6	7	2	7,5	6	5	4	R	+			
B	Hyperphyscia adglutinata	Anliegende Schwielenflechte	7	9	3	8,0	2	7	7	R	+			
B	Punctelia borreri	Borrers Punktflechte	7	8	2	8,0	5	5	6	R	+			
B	Flavoparmelia soledians	Mehlige Schüsselflechte	7	9	1	9,0	2	6	5	E(R)	+			



In "Flechten als Bioindikatoren der Luftqualität" („Trockenkurs“ Artenkenntnis) gezeigte Arten (www.schulbiologiezentrum.info, PowerPoint):

			L	T	K	KW	F	R	N	SUB	H	To	
K	<i>Amandinea punctata</i> (syn. <i>Buellia punctata</i>)	Punkt-Scheibenflechte	7	x	6	4,5	3	5	7	R	+++	9	x
S	<i>Anaptychia ciliaris</i>	Gefranste Wimpernflechte	7	5	5	5	5	7	4	R	+	2	x
S	<i>Bryoria fuscenscens</i>	Brauner Moosbart	7	4	6	4,0	6	3	4	R	+	4	x
K	<i>Buellia griseovirens</i>	Graugrüne Buellie	4	5	5	5,0	4	5	4	R	++		x
B	<i>Candelaria concolor</i>	Leuchterflechte	7	5	6	4,5	3	6	7	R	+	4	x
K	<i>Candellariella reflexa</i>	Sorediöse Dotterflechte	6	6	3	6,5	5	5	7	R	+++	6	x
K	<i>Candellariella xanthostigma</i>	Körnige Dotterflechte	7	5	5	5,0	3	5	5	R	++	6	x
B	<i>Cetraria chlorophylla</i>	kdN	6	-	-	-	6	3	2	R	++	5	x
S	<i>Evernia prunastri</i>	Eichenmoos, Pflaumenflechte	7	5	6	4,5	4	3	4	R	++	5	x
B	<i>Flavoparmelia caperata</i> (syn. <i>Parmelia caperata</i>)	Caperatflechte	6	7	3	7,0	4	5	4	RG	++	3	x
B	<i>Flavopunctelia flaventior</i>	Gelbliche Schüsselflechte	7	8	7	5,5	2	4	6	R	+		x
K	<i>Hypocenomyce scalaris</i>	Aufsteigende Schuppenflechte	6	5	6	4,5	3	2	2	RH	++	8	x
B	<i>Hypogymnia farinacea</i>	Mehlige Blasenflechte	6	4	6	4,0	7	3	2	R	+	6	x
B	<i>Hypogymnia physodes</i>	Gewöhnliche Blasenflechte	7	x	6	4,5	3	3	3	RG	++	8	x
B	<i>Hypogymnia tubulosa</i>	Röhrige Blasenflechte	7	5	5	5,0	3	5	4	R	++	6	x
K	<i>Lecanora allophana</i>	Trügerische Kuchenflechte	7	4	5	4,5	3	6	5	R	(+)	3	x
K	<i>Lecanora argentata</i>	Silbrige Kuchenflechte	5	5	4	5,5	4	5	3	R	+	4	x
K	<i>Lecanora carpinea</i>	Hainbuchen-Kuchenflechte	6	5	6	4,5	3	5	4	R	++	5	x
K	<i>Lecanora chlorotera</i>	Helle Kuchenflechte	6	5	6	4,5	3	6	5	R	++	6	x
K	<i>Lecanora chlozaeoides</i>	Staubige Kuchenflechte	7	5	5	5,0	3	2	5	RG	+(++)	9	x
K	<i>Lecanora expallens</i>	Ausbleichende Kuchenflechte	5	6	3	6,5	3	4	5	R	+++	9	x
K	<i>Lecanora hagenii</i> -Gruppe	kdN	6	x	6	4,5	3	8	7	RH	++	8	x
K	<i>Lecanora pulcaris</i>	Floh-Kuchenflechte	7	4	6	4,0	3	3	4	HR	+(+)	6	x
K	<i>Lecanora saligna</i>	Weiden-Kuchenflechte	7	x	6	4,5	3	4	5	HR	+++	6	x
K	<i>Lecidella elaeochroma</i>	Olivgrüne Schwarznapfflechte	6	5	6	4,5	3	6	5	R	+(++)	6	x
K	<i>Lepraria incana</i>	Graue Lepraflechte	4	5	6	4,5	3	3	5	RE	+++	9	x
B	<i>Melanelixia glabra</i> (syn. <i>Parmelia glabra</i>)	Glatte Braunflechte	7	4	5	5,5	7	6	5	R	+		x
B	<i>Melanelixia glabratula</i> (syn. <i>Parmelia glabratula</i>)	Samtige Braunflechte	5	5	6	4,5	4	3	4	RG	++	5	x
B	<i>Melanelixia subargentifera</i> (<i>Parmelia subargentifera</i>)	Bereifte Braunflechte	7	5	7	4,0	5	7	6	R	+	3	x
B	<i>Melanelixia subaurifera</i>	Gold-Braunflechte	6	5	5	5,0	5	6	5	R	++		x
B	<i>Melanohalea exasperulata</i> (syn. <i>Parmelia exasperulata</i>)	Spatel-Braunflechte	7	5	6	4,5	3	5	6	R	++/+++	6	x
K	<i>Ochrolechia turneri</i>	Turners Bleiflechte	7	6	4	6,0	4	5	5	R	++	4	x
B	<i>Parmelia saxatilis</i>	Felsen-Schüsselflechte	6	x	6	4,5	5	3	3	RG	++	7	x
B	<i>Parmelia sulcata</i>	Furchen-Schüsselflechte	7	x	6	4,5	3	5	7	R	+++	8	x
B	<i>Parmelina pastillifera</i> (syn. <i>Parmelia pastillifera</i>)	Pastillen-Schüsselflechte	6	4	2	6,0	7	5	5	R	+	3	x
B	<i>Parmelina tiliacea</i>	Linden-Schüsselflechte	7	6	5	5,5	3	5	6	R	+ / ++	5	x
B	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	Wechselhafte Napfflechte	6	4	6	4,0	5	2	2	R	++	7	x
K	<i>Pertusaria albescens</i>	Zonierte Porenflechte	6	x	6	4,5	3	6	6	R	++	4	x
K	<i>Pertusaria amara</i>	Bittere Porenflechte	6	x	6	4,5	4	3	2	R	+	4	x
K	<i>Pertusaria coccodes</i>	Kugelköpfige Porenflechte	6	5	3	6,0	4	5	6	R	+	4	x
K	<i>Pertusaria flavida</i>	Gelbliche Porenflechte	5	6	3	6,5	4	4	3	R	+	4	x
K	<i>Pertusaria pertusa</i>	Gewöhnliche Porenflechte	4	6	3	6,5	5	5	3	RG	+	4	x
B	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	Kreisförmige Schwielenflechte	7	x	6	4,5	x	7	9	GR	+++	8	x
K	<i>Phlytis argena</i>	Weißer Blätterflechte	5	5	4	5,5	3	4	5	R	++	6	x
B	<i>Physcia adscendens</i>	Helm-Schwielenflechte	7	x	6	4,5	3	7	8	R	+++	8	x
B	<i>Physcia aipolia</i>	Ziegen-Schwielenflechte	7	x	6	4,5	3	7	5	R	+(+)	4	x
B	<i>Physcia stellaris</i>	Stern-Schwielenflechte	7	4	6	4,0	3	6	6	R	+(+)	4	x
B	<i>Physcia tenella</i>	Zarte Schwielenflechte	7	x	6	4,5	3	6	7	R	+++	8	x
B	<i>Physconia distorta</i>	Bereifte Schwielenflechte	7	5	6	4,5	5	7	6	R	+	3	x
B	<i>Physconia enteroxantha</i>	Gelbmarkige Schwielenflechte	7	4	6	4,0	5	6	6	R	+	3	x
B	<i>Physconia grisea</i>	Graue Schwielenflechte	7	7	6	5,5	2	6	8	R	++	7	x



B	Physconia perisidiosa	Violettbraune Schwielenflechte	7	4	6	4,0	5	6	4	R	+	4	x
B	Platismatia glauca	Blaugraue Tartschenflechte	7	4	6	4,0	5	2	2	RG	++	5	x
B	Pleurosticta acetabulum (syn. Parmelia acetabulum)	Essigflechte	7	6	5	5,5	3	7	5	R	++	6	x
S	Pseudevernia furfuracea	Gabelflechte, Baummoos	8	4	6	4,0	5	3	2	RG	++	6	x
B	Punctelia subrudecta (syn. Parmelia subrudecta)	Gefleckte Punktflechte	7	7	3	7,0	3	4	5	R	++	6	x
S	Ramalina farinacea	Mehlige Astflechte	6	5	6	4,5	4	5	4	R	++	5	x
S	Ramalina fastigiata	Buschige Astflechte	7	5	4	5,5	6	6	4	R	+	2	x
S	Ramalina fraxinea	Eschen-Astflechte	7	5	4	5,5	5	6	4	R	+	2	x
S	Ramalina pollinaria	Staubige Astflechte	7	x	5	5,0	5	4	5	R	+	4	x
K	Strangospora pinicola	kdN	7	5	6	4,5	3	3	6	HR	+		x
Bart	Usnea hirta	Struppige Bartflechte	7	4	6	4,0	5	3	4	R	+	4	x
B	Xanthomendoza fallax (syn. Xanthoria fallax)	Trug-Gelbflechte	7	8	5	6,5	3	7	6	RG	+	5	x
B	Xanthoria candelaria	Leuchter-Gelbflechte	7	x	x	5,0	3	6	8	RG	++	5	x
B	Xanthoria parietina	Wand-Gelbflechte	7	x	x	5,0	3	7	8	RG	+++	7	x
B	Xanthoria polycarpa	Vielfruchtige Gelbflechte	7	x	5	5,0	3	7	8	R	++	7	x

Stadttoleranz (nach KRICKE, 2002):

(Urbanotoleranzwert)

extrem stadttolerant:		Physcia stellaris	10,1	Phaeophyscia nigricans	12,1
Lecanora sambuci	7,0	Lecidella elaeochroma	10,1	Parmotrema chinense	12,2
Micarea nitschkeana	7,0	stadttolerant :		wenig stadttolerant:	
Lecanora conizaeoides	7,8	Parmelia saxatilis	10,6	Cetrelia olivetorum	12,6
Physcia tenella	8,2	Scoliciosporum chlorococum	10,6	Usnea filipendula	12,7
Parmelia sulcata	8,6	Punctelia subrudecta/ulophylla	10,6	Parmelina pastillifera	12,8
Lepraria incana s.l.	8,9	Platismatia glauca	10,7	Flavoparmelia soledians	12,8
Phaeophyscia orbicularis	8,9	Physcia caesia	10,8	Usnea hirta	12,9
Lecanora chlorotera	9,0	Hypocenyomyce scalaris	10,8	Candelariella aurella	13,0
Amandinea punctata	9,1	Trapeliopsis flexuosa	10,9	Pleurosticta acetabulum	13,0
Physcia adscendens	9,1	Candelariella vitellina	11,0	Hypotrachyna revoluta	13,1
Lecanora symmicta	9,3	Punctelia borreri	11,0	Strangospora pinicola	13,1
Xanthoria parietina	9,4	Physcia aipolia	11,0	Usnea subforidana	13,3
sehr stadttolerant:		Xanthoria candelaria	11,0	Physcia dubia	13,4
Hypogymnia physodes	9,6	Flavoparmelia caperata	11,1	stadtmeidend:	
Lecanora muralis	9,7	Bacidina arnoldiana	11,3	Parmelina tiliacea	13,5
Lecanora dispersa s.l.	9,7	mäßig stadttolerant:		Hypogymnia tubulosa	14,2
Melanelia glabratula/subaurifera	9,8	Candelaria concolor	11,5	Tuckermannopsis chlorophylla	15,5
Evernia prunastri	9,8	Melanelia exasperatula	11,6	Flavoparmelia flaventior	18,0
Xanthoria polycarpa	9,9	Pseudevernia furfuracea	11,8	Physconia perisidiosa	18,0
Candelariella xanthostigma/reflexa	9,9	Physconia grisea	11,9	Bryoria fuscescens	19,0
Lecanora expallens	10,0	Lecanora barkmaniana	12,0		
Rinodina gennarii	10,0	Ramalina farinacea	12,0		



Stadttoleranz (nach KRICKE, 2002), vereinfachte Version der Urbanitätstoleranz

1 extrem stadttolerant

Amandinea punctata
Candelariella xanthostigma/reflexa
Lecanora conizaeoides
Lepraria incana s.l.

Parmelia sulcata
Phaeophyscia orbicularis

Physcia adscendens

Physcia tenella

2 sehr stadttolerant

Melanelia glabratula/subaurifera
Xanthoria parietina
Hypogymnia physodes
Lecanora dispersa s.l.*
Evernia prunastri*
Xanthoria polycarpa
Xanthoria candelaria
Physcia caesia
Lecanora expallens
Physcia stellaris

3 stadttolerant

Parmelia saxatilis
Physconia grisea
Lecidella elaeochroma
Flavoparmelia caperata*

4 mäßig stadttolerant

Physcia dubia
Ramalina farinacea

5 wenig stadttolerant

Hypotrachyna revoluta

Quellen und empfohlene Literatur (Auswahl)

- DREHWALD, Uwe:
Die Pflanzengesellschaften Niedersachsens / Flechtengesellschaften
FOLLMANN, Gerhard.:
Flechten (Lichenes)
HAUK, Markus und DE BRUYN, Uwe: Rote Liste und
Gesamtartenliste der Flechten in Niedersachsen und Bremen
HAUK, Markus: Beiträge zur Bestandssituation epiphytischer Flechten
in Niedersachsen
HAUK, Markus: Die Flechten Niedersachsens
HESSE, Torsten Andreas, Bioindikator „Flechte“,
Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, 1993
Kosmos-Verlag, Franckh´sche Verlagshandlung,
Stuttgart 1960
Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, 2010
Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, 1995
Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, 1996
Diplomarbeit 2005, Universität der Bundeswehr
München
Patzer Verlag, Berlin / Hannover 1990
JAHN, Hermann
Pilze an Bäumen, Saprophyten und Parasiten die an Holz wachsen
KIRSCHBAUM, Ulrich u. A.,
Flechten als Anzeiger der Luftgüte und des Klimawandels,
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
(HLUG) und Fachhochschule Gießen-Friedberg,
Wiesbaden 2009
KIRSCHBAUM, Ulrich und WIRTH, Volkmar
Flechten erkennen –Umwelt bewerten
KIRSCHBAUM, Ulrich und WIRTH, Volkmar
Flechten erkennen – Luftgüte bestimmen
KREMER, Bruno P.
Das große Kosmos-Buch der Mikroskopie
KRICKE, Randolph
Untersuchungen zur epiphytischen Flechtenvegetation in urbanen
Gebieten, dargestellt an der Rückkehr der Flechten in das Ruhrgebiet
und ausgewählter Nachbargebiete
Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1997
MASUCH, Georg: Biologie der Flechten
Frankh-Kosmos Verlags GmbH & Co KG, Stuttgart
2010
Dissertation, Universität Essen, 2002
Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg / Wiesbaden
1993 (UTB-Taschenbuch)
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/Jena/New York
1992
Verlag Walter de Gruyter, Berlin 2006
MOBERG, Roland und HOLMÅSEN, Ingmar
Flechten von Nord- und Mitteleuropa
RAVEN, Peter H., EVERT Ray F. , EICHHORN, Susan E.
Biologie der Pflanzen,

Empfohlene Links (Internet), Stand März 2011, Auswahl

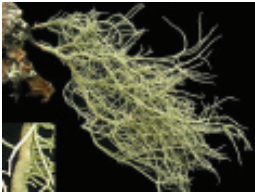




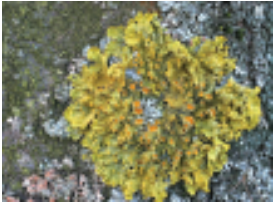


- Flechtenbilder (lichen images) <http://kmubserv.tg.fh-giessen.de/pm/page.cfm?PRID=20&PID=96>
- Flechtenbestimmung im Internet:
Universität Hamburg, Bestimmungsschlüssel der
Hamburger Flechten <http://www.biologie.uni-hamburg.de/checklists/lichens/keys/index.html>
- Umweltbundesamt (Immisionen) www.umweltbundesamt.de
- Swiss Lichens (Flechten der Schweiz) <http://www.wsl.ch/land/genetics/swishome-de.ehtml>
- British Lichen Society <http://www.thebls.org.uk/content/checklist.html>
- Lichens of Ireland <http://www.lichens.ie/>
- Flechtenmikroskopie (Dr. Ralf Wagner / Mike
Guwak) www.flechtenmikroskopie.de
- Flechten und Bioindikation (Randolph Kricke,
Universität Essen) http://www.flechten-im-ruhrgebiet.de/Bioindikation/Flechten_und_bioindikation.htm
- Zeiger-Flechten der WWF-Standard-Methode
Lufthygienisches Überwachungssystem <http://www.kst-chemie.ch/Luft/FLZEIG.PDF>
- Niedersachsen (LÜN) <http://www.umwelt.niedersachsen.de>













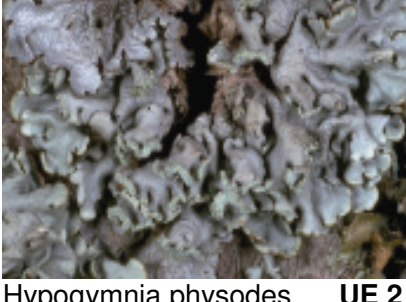

Flechten im Schulbiologiezentrum Hannover

(n. KNABE 1983)

Typ		Vorkommen / Deckungsgrad	Bonitur („Note“)
Bartflechten 		ja	9
Strauchflechten 		ja	8
Blattflechten 		>50 %	7
		10 – 50%	6
		<10%	5
Krustenflechten 		häufig	4
		wenige	3
Algen 		>50%	2
		10-50%	1
		<10%	0



Flechten als Bioindikatoren (HTI: Häufigkeit-Toxizoleranz-Index)

			
Usnea hirta UE 6 - 7	Physcia stellaris UE 6	Evernia prunastri UE 5	Pleurosticta acetabulum UE 4
			
Pseudevernia furfuracea UE 4	Melanohalea exasperulata UE 4	Xanthoria parietina UE 3	Physcia adscendens UE 2
		Häufigkeitsklasse 1 = Einzelfund 2 = einige wenige Exemplare (ca. 2-4) 3 = mehrere Exemplare (ca. 5-10) 4 = viele Exemplare (> 10) Multipliziere die „ Umweltempfindlichkeit “ UE der Flechte mit der Häufigkeitsklasse H , z.B. Parmelia sulcata (UE) 2 x (H) 2 = 4. Addiere alle Ergebnisse!	
Hypogymnia physodes UE 2	Parmelia sulcata UE 2		

HTI-Verfahren: Häufigkeit-Toxizoleranz-Index (Kricke 1998, Kricke & Feige 2000, verändert)
Toxizoleranzwerte nach WIRTH, (reziproke Werte = Umweltempfindlichkeit UE)
Fotos: © Ulrich KIRSCHBAUM, FH Gießen-Wetzlar: Flechtenbilder (kmubserv.tg.fh-giessen.de)
Zusammenstellung: Schulbiologiezentrum Hannover 2011

Beispiel:

Evernia prunastri	Xanthoria parietina	Physcia adscendens	Parmelia sulcata	HTI
UE 5 x H 1 =	UE 3 x H 3 =	UE 2 x H 2 =	UE 2 x H 2 =	
5	9	4	4	= 22

HTI	Definition (typische Arten) fett: Arten aus obiger Liste	Bewertung (Belastung)	
0 - 3	Keine oder kaum Flechten, nur Grünalgen	0. sehr kritisch	
4 – 18	Überwiegend Krustenflechten : Lecanora conizaeoides, Lecanora. expallens, Lepraria incana Wenige resistente Blattflechten: Physcia adscendens , Physcia tenella, Phaeophyscia orbicularis, Parmelia sulcata	1: kritische	
19 – 27	Krustenflechten vorhanden: Lecanora conizaeoides, Lecanora. expallens, Lepraria incana Mäßiger Bewuchs mit resistenten Blattflechten : Physcia adscendens , Physcia tenella, Phaeophyscia orbicularis, Parmelia sulcata , Hypogymnia physodes	1-2: mäßig hoch	
28 – 39	Resistente Blattflechten zahlreich: Physcia adscendens , Physcia tenella, Phaeophyscia orbicularis, Parmelia sulcata , Hypogymnia physodes Vereinzelt mäßig sensible Blattflechten : Xanthoria parietina , Xanthoria polycarpa, Melanelia exasperatula	2: mittel	
40 – 70	Resistente Blattflechten zahlreich: Physcia adscendens , Physcia tenella, Phaeophyscia orbicularis, Parmelia sulcata , Hypogymnia physodes Mäßig sensible Blattflechten häufiger: Xanthoria parietina , Xanthoria polycarpa, Melanelia exasperatula Wenige sensible Blattflechten : Punctelia subrudecta, Flavoparmelia caperata, Evernia prunastri , Ramalina farinacea	2-3: mittel bis mäßig gering	
71 – 97	Resistente Blattflechten zahlreich: Physcia adscendens , Physcia tenella, Phaeophyscia orbicularis, Parmelia sulcata , Hypogymnia physodes Mäßig sensible und sensible Blattflechten zahlreicher: Xanthoria parietina , Xanthoria polycarpa, Melanelia exasperatula Punctelia subrudecta, Flavoparmelia caperata, Evernia prunastri , Ramalina farinacea	3: mäßig gering	
98 – 129	Resistente Blattflechten zahlreich: Physcia adscendens , Physcia tenella, Phaeophyscia orbicularis, Parmelia sulcata , Hypogymnia physodes Mäßig sensible und sensible Blattflechten noch zahlreicher: Xanthoria parietina , Xanthoria polycarpa, Melanelia exasperatula Punctelia subrudecta, Flavoparmelia caperata, Evernia prunastri , Ramalina farinacea Zusätzlich sehr sensible Arten wie z.B. Bartflechten (Usnea hirta)	4: gering	

