

Emittentenbezogene Flechtenkartierung im Stadtgebiet von Laufen*

Christoph Goppel

Inhalt

1. Einleitung
2. Das Untersuchungsgebiet
3. Die Methodik der Flechtenkartierung
 - 3.1 Die Bäume
 - 3.1.1 Baumart
 - 3.1.2 Standortbedingungen
 - 3.1.3 Grundbedingungen für die Aufnahme-
fläche
 - 3.2 Die Aufnahmemethode
 - 3.3 Die Stationen im Untersuchungsgebiet
 - 3.4 Die Darstellung der Kartierungsergebnisse
4. Ergebnisse:
 - 4.1 Verbreitung der Flechten
 - 4.1.1 Artenliste, Verbreitungskarten und
Tabellen epiphytischer Flechten
 - 4.1.2 Vergleich der Flechtenvorkommen mit
anderen Städten
 - 4.2 Die Flechtzonen
 - 4.2.1 Die Methodik der Kartenerstellung
 - 4.2.2 Die Zonencharakterisierung
 - 4.2.3 Die Beschreibung der Flechtzonen
im Stadtgebiet von Laufen
 - 4.2.4 Interpretation der Flechtzonierung
 - 4.2.5 Flechtzonierung und Waldsterben
 - 4.2.6 Zonenvergleich Laufen-Salzburg
5. Zusammenfassung
6. Literatur

1. Einleitung

Die Flechten stellen eine eigene systematische Gruppe niedriger Pflanzen dar, die sich dadurch auszeichnet, daß ein Pilz (meist Ascomycet) in Symbiose mit einer Grün- oder/und Blaualge einen gemeinsamen Vegetationskörper aufbaut. Die Eigenschaft, die beide Symbiosepartner in ihre »Ehe« mitbringen, versetzen die Pflanze in die Lage, nahezu alle Vegetationszonen der Erde besiedeln zu können. Vom Meer bis in das Hochgebirge trifft man sie auf Steinen, Pflanzen, Erde oder sogar im Wasser an.

Einige besonders widerstandsfähige Arten dringen selbst in die naturfeindlichen Städte vor, andere dagegen reagieren sehr sensibel auf Stadtklima und Umweltverschmutzung.

Ihre unterschiedliche Empfindlichkeit auf Verunreinigungen macht sie deshalb zu geeigneten Bioindikatoren der Luftqualität in Städten.

Ähnlich wie in vielen Städten Europas schon geschehen, will die vorliegende Arbeit im Auftrag der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege auch im Stadtgebiet von Laufen die Verbreitung von epiphytischen Flechten auf Rinden von Laub- (und Nadel)bäumen untersuchen und in Verbreitungskarten darstellen.

Aus eventuell sich ergebenden Unterschieden im Vorkommen der Epiphyten sollen Zonenkarten erarbeitet

werden, die eine Aussage über die Luftgüte und das Stadtklima in Laufen zulassen.

Schließlich werden die Ergebnisse mit einer ähnlichen Arbeit von TÜRK & ZIEGELBERGER in Salzburg (1982) verglichen.

2. Das Untersuchungsgebiet

In der Arbeit wurde das Stadtgebiet von Laufen erfaßt, wie es sich im Jahr 1983 darstellte. Darüber hinaus wurden im eigenen Ermessen auch noch Bereiche kartiert, die bereits zum Landkreis Berchtesgadener Land gehören, sofern es für eine Abrundung der Untersuchung sinnvoll erschienen ist (vgl. Abb. 1 + 2).

Dort, »wo die Salzach in etwa 15 km Entfernung von den Alpen einen vorgeschobenen Hartgesteinsriegel durchbrochen hat, liegt an einer schmalen Flußschleife die Stadt Laufen« (ANL-Informationen, 1983).

Seit der letzten Eingemeindung zählt sie ca. 5550 Einwohner. Die stark befahrene B 20 geht durch den industriearmen Ort. Im Norden und im Süden der Stadt befinden sich noch naturarme Auwaldrelikte der Salzach, die der Stadt die nötige Frischluft liefern. Im Westen schließt sich das »Salzach-Hügelland« an, in dem in erster Linie Grünlandwirtschaft betrieben wird. Bis in die Randgebiete der Stadt ist der Einfluß der Landwirtschaft spürbar. Die Weideflächen im Umland wechseln ab mit größeren und kleineren Waldflächen und ausgedehnten Feuchtgebieten (Haar- und Weidmoos, Schönrämer Filz, Abtsdorfer See). Dazwischen liegen vereinzelt kleine Ortschaften.

Ein besonderes Klimacharakteristikum des Untersuchungsgebietes sind die hohen Niederschläge. So fallen in Laufen (ähnlich wie in Salzburg) fast doppelt so viel Niederschläge im Jahr (nämlich 1144 mm) wie z. B. in Regensburg (mit 600 mm; GOPPEL, 1976). Die höchsten Regenmengen gehen im Juli nieder (»Salzburger Schnürlregen«).

Im Jahreschnitt dürften W/NW-Winde am häufigsten vorkommen. Der Temperaturverlauf im Jahresgang wird ähnlich wie in Salzburg atlantisch beeinflusst sein: relativ kühle Sommer und nicht zu kalte Winter (nach MAHRINGER, 1975, aus TÜRK et al., 1982; genaue Klimauntersuchungen liegen über Laufen nicht vor).

Auf Grund der Tallage des Stadtkerns und der hohen Niederschläge verbunden mit einer hohen Luftfeuchtigkeit kann angenommen werden, daß die Zahl der Nebeltage mit Inversionswetterlagen im Vergleich zum höher gelegenen Umland groß ist (ähnlich wie in Salzburg).

3. Die Methodik der Flechtenkartierung

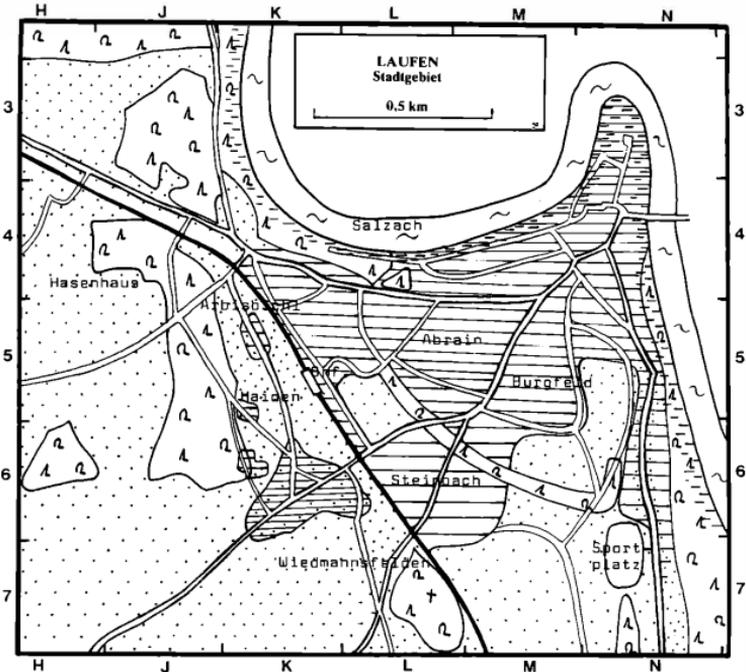
3.1 Bäume

Es wurden fast genau 500 Laubbäume für Flechtenaufnahmen herangezogen (vgl. 485 Bäume in Salzburg!).

Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, mußten sie bestimmte Bedingungen erfüllen:

* bearbeitet im Auftrag der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, Laufen, vorgelegt im Dezember 1983.

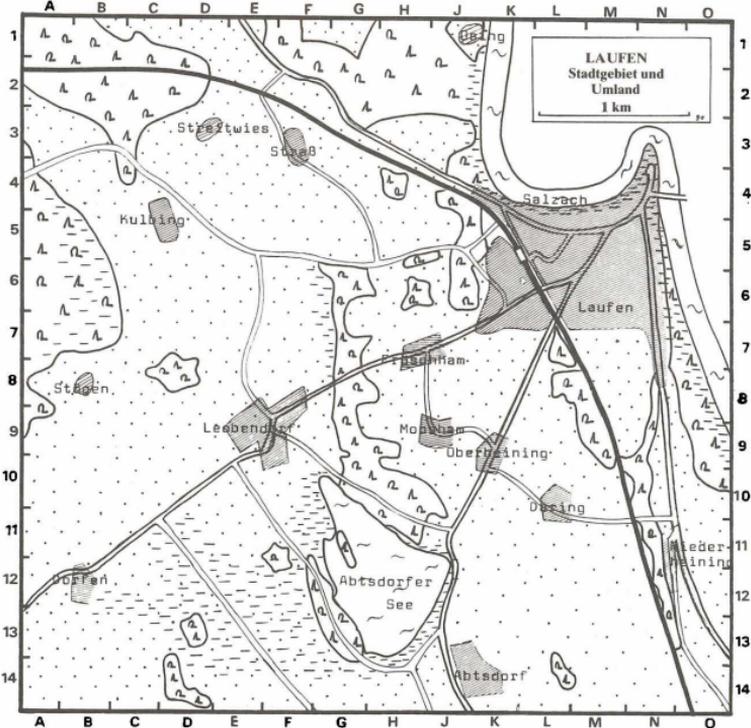
1



Legende Abbildung 1 und 2

- | | | |
|--|---|--|
|  landwirtschaftlich genutzte Fläche |  bebauete Fläche |  eindeutiger Feuchtigkeitseinfluß |
|--|---|--|

2



Die Abbildungen 1 und 2: Laufen-Stadtgebiet und Umland wurden als Vorlage für die folgenden Flechtenverbreiterkarten verwendet

3.1.1 Baumart

Als Baumart kamen weitgehend nur solche Bäume in Frage, die auch gleichmäßig über das ganze Gebiet verteilt waren. Deshalb wurden in meiner Arbeit vorwiegend folgende Baumarten untersucht:

- Betula pendula* Roth (Hängebirke)
- Fraxinus excelsior* L. (Esche)
- Malus spec.* (Apfel)
- Pyrus spec.* (Birne)
- Populus spec.* (Pappel)
- Prunus avium* L. (Vogelkirsche)
- Prunus domestica* L. (Zwetschge)
- Quercus robur* L. (Stieleiche)

Nur in Einzelfällen, wenn z. B. keiner der o. g. Bäume zur Verfügung stand, wurden auch andere Baumarten zur Untersuchung herangezogen.

3.1.2 Standortbedingungen

Als Auswahlkriterien für einen idealen Standort galten: Mindestumfang: 30 cm, möglichst freistehend, gerader Wuchs, keine Rindenbeschädigungen (diese Bedingung war in Weidegebieten gar nicht so leicht zu erfüllen!), der Baum mußte gesund sein.

3.1.3 Grundbedingungen für die Aufnahme fläche

Zur Flechtenkartierung wurde die halbe Stammabwicklung in einer Höhe von ca. 100–180 cm untersucht. Auf Grund der gegebenen Witterungsverhältnisse war dies in der Regel die W-, NW-Seite des Baumes. Flechtenvorkommen ober- und unterhalb dieser Aufnahme fläche wurden zwar beachtet, aber nicht zu einer vergleichenden Kartierung herangezogen.

3.2 Die Aufnahmemethode

Für jede Station wurde ein eigens dafür angefertigtes Formblatt verwendet, das in folgende Punkte eingeteilt war:

Angaben zum Standort des Baumes, Fundort, Baumart, Alter und Zustand des Baumes, Stammneigung, Biotopverhältnisse, Anzahl der untersuchten Bäume in einer Station, Angaben zu den aufgefundenen Flechten: Es wurde jeweils die Häufigkeit des Vorkommens der Flechten an einer Station, d. h. seine Stetigkeit, die Häufigkeit des Vorkommens der Flechte an der Stammabwicklung des betreffenden Baumes, der Deckungsgrad der Flechte in % und ihre Vitalität abgeschätzt (Schädigungen, Tierfraß, Kümmerformen):

Stetigkeit (= Häufigkeit des Vorkommens auf der Untersuchungsfläche)

Die Flechte kommt sehr häufig	4
Die Flechte kommt häufig	3
Die Flechte kommt mäßig	2
Die Flechte kommt vereinzelt	1
Die Flechte kommt selten vor	+

Deckungsprozente (wurden grob abgeschätzt)

Die Flechte besitzt eine Deckung von	< 1 %
Die Flechte besitzt eine Deckung von	1 – 5 %
Die Flechte besitzt eine Deckung von	5 – 10 %
Die Flechte besitzt eine Deckung von	10 – 20 %
Die Flechte besitzt eine Deckung von	20 – 50 %
Die Flechte besitzt eine Deckung von	> 50 %

Vitalität

Die Flechte ist normal entwickelt	1
Die Flechte ist leicht geschädigt	2
Die Flechte ist stark geschädigt oder verkümmert	3
Die Flechte ist sehr stark geschädigt oder sehr verkümmert	4

Diese Angabe zum Schädigungsgrad soll eine Messung des Thallusdurchmessers ersetzen, wie sie TÜRK et al. (1982) zu diesem Zweck vorschlagen.

3.3 Die Stationen im Untersuchungsgebiet

Um eine gesicherte Statistik des Flechtenvorkommens zu erhalten, war es notwendig, an den einzelnen Fundorten stets mehrere Bäume zu einer sogenannten »Station« zusammenzufassen (vgl. Abb. 3 + 4). Ein Punkt auf den Verbreitungskarten der Flechten entspricht also einer Station und gibt das Untersuchungsergebnis von mehreren Bäumen wieder.

Zum leichteren Auffinden der Flechtenstandorte wurde die Karte in einzelne Quadranten unterteilt (300m x 300m). Jede Station bekam eine Signatur, die aus der zugehörigen Quadrantennummer und einem kleinen Buchstaben des Alphabets bestand (z. B. A 3b, vgl. Abb. 3 + 4).

Die Anzahl der Stationen in einem Quadranten richtete sich nach der ökologischen Vielfalt des Gebietes: Im weitgehend recht einformig strukturierten Umland von Laufen reichten für eine gut abgesicherte Untersuchung meist 2–4 Stationen, im stark heterogen genutzten Stadtzentrum dagegen 5–8 Stationen pro Quadranten aus. Oft mußte dieses Prinzip dadurch ad absurdum geführt werden, daß keine geeigneten Stationen zur Kartierung zur Verfügung standen (Löcher in der Stationenkarte).

3.4 Die Darstellung der Kartierungsergebnisse

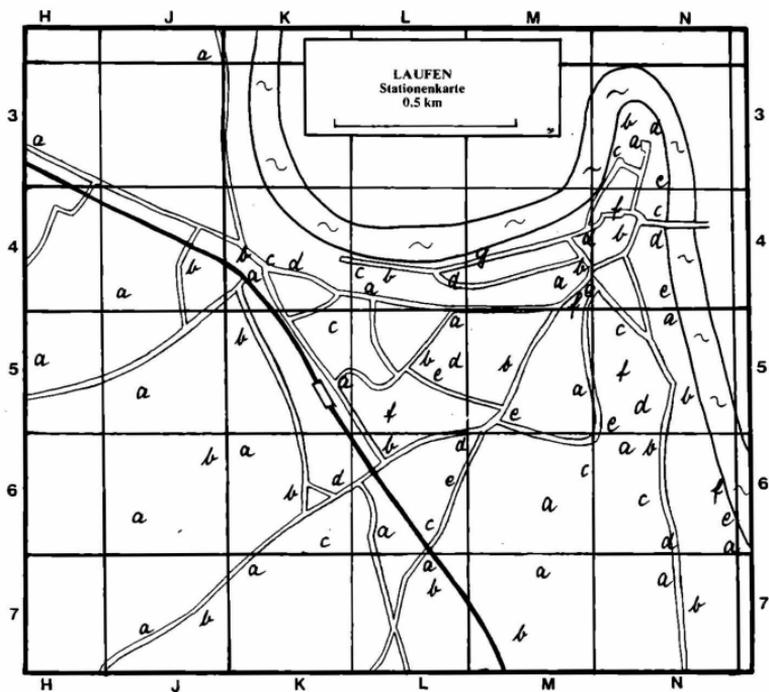
Um eine schnelle Ermittlung der Flechtenzonen zu ermöglichen, wurden die individuellen Funddaten über die Stetigkeit, Vitalität und Deckung einer Flechte zu einer einzigen geometrischen Größe (Kreis mit bestimmtem Durchmesser) zusammengefaßt. Als Maßstab für diesen »Fundwert« diente in erster Linie die Stetigkeit und die (meist damit korrelierende) Vitalität der Flechte am Standort.

(Flechtenvorkommen mit großer Stetigkeit besitzen in der Regel eine gute Vitalität; sie wurden mit einem großen Kreis ausgezeichnet; geringe Stetigkeit ist häufig mit schlechter Vitalität verknüpft: kleiner Kreis; s. u.). Kam die Flechte an mehreren Bäumen einer Station vor, war eine Mittelung der einzelnen Funddaten notwendig.

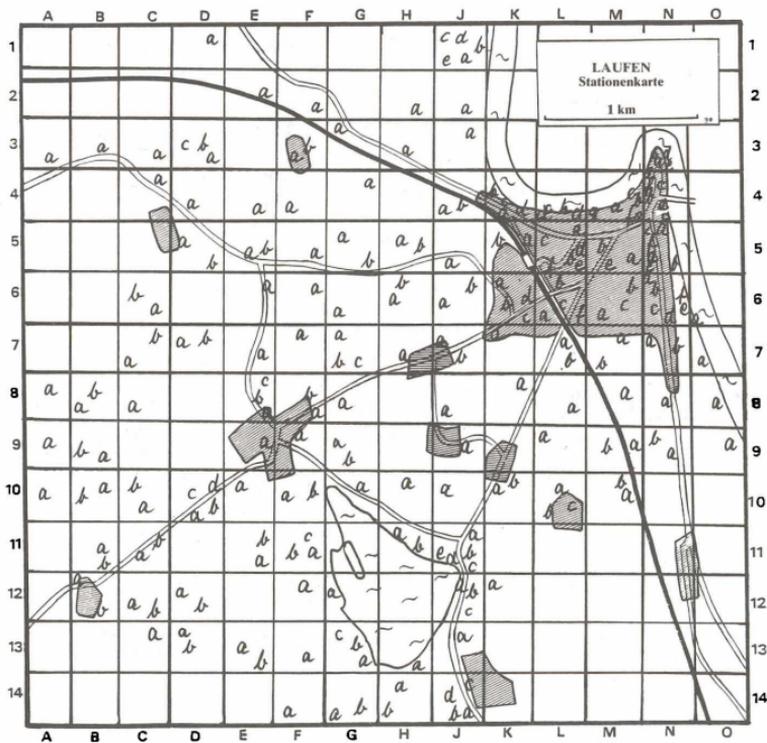
Bei Abweichung von den normal zu beobachtenden Zusammenhängen zwischen Vitalität und Stetigkeit erfuhr der Fundwert (Kreis) eine entsprechende Auf- oder Abwertung (meist um eine Stufe). War die Flechte z. B. stärker verkümmert, als bei ihrer festgestellten Stetigkeit zu erwarten gewesen wäre, bekam ihr Standort einen kleineren Kreis zugeordnet, als ihr normalerweise zugestanden worden wäre. Umgekehrt wurde der Fundwert auch gelegentlich aufgrund einer ungewöhnlich guten Vitalität der Flechte heraufgesetzt.

Die Deckungsprozente eines Flechtenvorkommens gingen dagegen nicht direkt in die Größe des Fundwertes mit ein, sondern dienten lediglich als Kontrolle.

3



4



Mit diesem Verfahren wurden also dieselben Kriterien berücksichtigt wie sie TÜRK et al. (1982) in seiner Arbeit vorgeschlägt. Auch wenn die Methodik der Kartendarstellung und Kartierungsauswertung in den beiden zu vergleichenden Arbeiten verschiedene Wege zu beschreiben scheint, so sind doch die Ergebnisse aus o. g. Gründen m. E. vergleichbar.

Im Gegensatz zu TÜRK gehen diese Funddaten in der vorliegenden Arbeit aber auch in die Verbreitungskarten der einzelnen Flechten ein. Anhand der verschieden großen Kreise in den Karten sind also Aussagen zu den o. g. Kriterien eines Flechtenvorkommens möglich (vgl. GOPPEL, 1976):

Legende zu den Flechtenkarten

- nur Einzelexemplare; Flechte sehr stark geschädigt; Deckung unter 1 %.
- Flechte kommt vereinzelt vor; stark geschädigt oder in Pionierstadien vorkommend; Deckung: 1–10 %.
- Flechte kommt mäßig vor; Thalli leicht geschädigt oder nicht voll entwickelt; Deckung: 10–20 %.
- Flechte kommt häufig vor; Thalli leicht oder nicht geschädigt; Deckung: 20–50 %.
- Flechte kommt sehr häufig vor; Thalli ungeschädigt; Deckung > 50 %; meist eutrophierete Standorte oder mit hohem Feuchtigkeitsgehalt.

Da sich bestimmte Flechten im Stadtzentrum von Laufen häufen, wurden für diese gesonderte Verbreitungskarten vom engeren Stadtgebiet von Laufen angefertigt (vgl. *Parmelia sulcata*, *Candelaria concolor* u.v.a.).

4. Ergebnisse

4.1 Verbreitung der Flechten

4.1.1 Artenliste, Verbreitungskarten und Tabellen epiphytischer Flechten

Die Bestimmung und Nomenklatur der Flechtenarten richtete sich vorwiegend nach WIRTH, 1980.

Anaptychia ciliaris (L.) Koerber: sehr selten; wurde in stark verkümmert Form nur an zwei Stellen im Weidmoos gefunden.

Bryoria spec. (syn. *Alectoria p.p.*): Die Exemplare waren meist so verkümmert, daß eine zuverlässige Bestimmung nicht möglich war. Ich traf sie bis in das Stadtgebiet hinein in Zone II an. Die Fundorte lagen meist in guter Witterungsexposition; s. Abb. 5.

Buelia punctata (Hoffm.) Massal.: Man findet die Flechte sehr häufig an staubimprägnierten Rinden im gesamten Stadtgebiet. Da sie vor Ort leicht übersehen werden oder mit ähnlichen Lecidea-Arten verwechselt werden konnte, wurde auf eine genaue Kartierung verzichtet.

Candelaria concolor (Dickson) Stein: Sie zählt mit zu den häufigsten Flechten im Stadtgebiet und dringt bis in Zone IV vor. Man findet sie vorwiegend an mineralreichen Rinden mit hohen Deckungsgraden (Staubindikator); vgl. Abb. 7.

Candelariella aurella (Hoffm.) Zahlbr. var. *aurella*: nur einmal auf Populus.

Candelariella xanthostigma (Ach.) Lettau: zeigt eine ähnliche Verbreitung wie *Candelaria coc.*; dürfte gelegentlich mit Kümmerformen dieser Flechte verwechselt worden sein; Abb. 6.

Cetraria chlorophylla (Willd.) Vainio: wurde nur einmal in Zone II an witterungsexponierter Stelle gefunden (Salzachnähe).

Cetraria pinastri (Scop.) Gray: Diese auffällige Flechte wuchs in Kümmerform auf *Fraxinus* (Esche) in Zone I am Salzachufer.

Cetrelia olivetorum (Nyl.) Culb. & Culb. var. *cetrelionoides*: sehr selten auf eutrophierter Rinde mit mäßiger Deckung. Var. *olivetorum* war vier Mal in Zone I anzutreffen.

Cladonia coniocrea (Flörke) Sprengel: In Zone I zwei Mal auf einer stark geneigten Eiche.

Cladonia digitata (L.) Hoffm.: wurde im Haarmoos auf einer Birke gefunden.

Cladonia spec.: Die meisten Cladonien, die an Rinden vorkamen, besaßen eine solch schlechte Vitalität, daß eine genaue Artbestimmung nicht möglich war. Stets traf man sie an feuchten Standorten in Zone I und II an.

Evernia prunastri (L.) Ach.: Diese Strauchflechte trat besonders dort mit hohen Deckungsgraden auf, wo die Witterung freien Zugang hatte. An stadfernen Standorten zeigten die Exemplare eine gute Vitalität. Je näher die Bäume zum bebauten Stadtgebiet hin wuchsen, um so kümmerlicher waren die Thalli der Strauchflechte. Sie drang bis in Zone III vor; s. Abb. 10.

Hypogymnia physodes (L.) Nyl.: Für staubarme, waldrreiche Gegenden mit hoher Luftfeuchtigkeit (Wälder, Moore) ist diese Flechte Charakterart. Eutrophierte Rinden meidet sie. Ihr stärkstes Vorkommen besitzt sie deshalb entlang der Salzach, im Haarmoos und in den Wäldern nördlich von Laufen. Infolge ihrer hohen Toxizität findet man sie in Kümmerstadien selbst noch in Zone IV. Sie zählt mit zu den häufigsten Flechten des Stadtgebietes; s. Abb. 8 + 9.

Hypogymnia tubulosa (Schaerer) Havaas: wurde nur einmal auf *Betula*, an einem Bachlauf wachsend, angetroffen (Zone II).

Lecanora allophana (Ach.) Nyl.: nur zwei Vorkommen in Zone III (mäßiges Staubaufkommen) auf *Quercus* (Eiche) und *Malus* (Apfel).

Lecanora carpinea (L.) Vainio: kommt mit mäßigen Deckungsgraden über das ganze Stadtgebiet hin verstreut vor und dringt bis in die Zone III; s. Abb. 11.

Lecanora chlorotera Nyl.: Diese mit Abstand häufigste *Lecanora*-Art findet man besonders gut entwickelt auf staubimprägnierter Rinde in Zone III (Straßenbäume); s. Abb. 12.

Lecanora hageni (Ach.) Ach.: Als neutrophytische Krustenflechte bevorzugt sie Standorte mit (Kalk-) Stäuben (vgl. GOPPEL, 1976). Nachdem diese im Stadtgebiet von Laufen nur mäßig vertreten sind, besitzt die Flechte dort auch nur sehr wenige Standorte.

Lecanora pulicaris (Pers.) Ach.: scheint staubige Bereiche zu meiden; selten.

Lecanora subfuscata Magnusson: Auch diese seltene Krustenflechte bevorzugt staubarme Gebiete (Zone I und II).

Lecanora umbrina (Ehrh.) Massal.: Aus ähnlichen Gründen wie bei *L. hageni* war sie nur vereinzelt an Bäumen stark frequentierter Straßen anzutreffen.

Lecanora varia (Hoffm.) Ach.: meist auf *Betula* (Birke) und *Fraxinus* (Esche) (vgl. WIRTH, 1980), gedeiht wohl nur in emissionsarmer Luft und kommt

vielleicht deshalb so selten im Untersuchungsgebiet vor (vgl. TÜRK et al., 1982).

Lecidea und *Lecidella*-Arten sind überall (weit) verbreitet; man fand die beiden Gattungen vorwiegend auf staubimprägnierter Rinde über das ganze Stadtgebiet verstreut. Die Bestimmung dieser beiden Flechtengattungen erwies sich jedoch als so zeitaufwendig und schwierig, daß vorläufig noch von einer genauen Artzuweisung abgesehen wurde. Eine Verwechslung mit sehr ähnlich aussehenden *Buelia*-Arten war zudem im Gelände nie ausgeschlossen.

Lepraria incana (L.) Ach. (syn. *L. aeroginosa*): findet man bevorzugt an schattigen Standorten im gesamten Stadtgebiet, meist vergesellschaftet mit *Pertusaria*-Arten.

Parmelia acetabulum (Necker) Duby: kommt als neutrophytische Flechte vorwiegend an Standorten mit mäßigem Staubaufkommen vor; man traf sie jedoch nur selten im Untersuchungsgebiet an.

Parmelia caperata (L.) Ach.: An vielen Standorten des Gebietes weist diese auffällige Flechte Schädigungen auf. Nur an ganz wenigen Stellen zeigte sie ihren idealen Habitus. Sie besiedelt praktisch nur unbebaute Zonen (Zone I und II) (vgl. TÜRK et al., 1982). Stark geschädigt fand ich sie gelegentlich noch in Zone III; s. Abb. 13.

Parmelia elegantula (Zahlbr.) Szat. meidet weitgehend das innere Stadtgebiet; sie besiedelt hin und wieder die Bäume in Zone II und III (vgl. Abb. Nr. 14).

Parmelia exasperatula Nyl.: kommt gelegentlich in Zone III vor; ihr Wachstum scheint durch Staubaufkommen begünstigt zu werden.

Parmelia flaventior Stirton: Ähnlich wie in Salzburg (TÜRK, et al. 1982) dringt die Flechte weiter in das Stadtgebiet vor als *P. caperata*; in schadstoffarmen Gebieten (Zone I und II) sind beide jedoch häufig miteinander vergesellschaftet und gut entwickelt; vgl. Abb. 15.

Parmelia glabrata (Lamy) Nyl.: Da die systematische Abgrenzung der beiden Varietäten *var. fuliginosa* und *var. glabrata* m. E. noch nicht voll befriedigt wurde, weitgehend auf eine Unterscheidung dieser beiden Varietäten verzichtet.

Sie tritt verstreut über Stadt und Land auf, meidet jedoch stärkeres Staubaufkommen; vgl. Abb. 16.

Parmelia saxatilis (L.) Ach.: nur vereinzelte Exemplare, selten.

Parmelia subargentifera Nyl.: Das Vorkommen dieser neutrophytischen Flechte scheint durch Straßenstaub begünstigt zu sein; relativ selten.

Parmelia subaurifera Nyl.: Als azidophytische Flechte meidet sie vor allem staubreiche Gegenden (Straßenbäume, Innenstadt); vgl. Abb. 17.

Parmelia subrudecta Nyl.: kann als Charakterart landwirtschaftlich genutzter Gebiete gelten, ist sehr häufig mit *P. tiliacea*, *P. caperata* und *P. flaventior* assoziiert und dringt von den vier Flechtenarten am weitesten in das Stadtzentrum vor; vgl. Abb. 18.

Parmelia sulcata Taylor ist eine euryoke Flechtenart; man findet sie sowohl in Zone I als auch in der relativ staubreichen Zone III und IV. Eine besonders gute Entwicklung erfährt sie in Gebieten mit hoher Luftfeuchtigkeit, so z. B. am Salzachufer oder an den Waldrändern des Gebietes; vgl. Abb. 19+20.

Parmelia tiliacea (Hoffm.) Ach. (syn. *P. scortea* Ach.): Ebenso wie *P. sulcata* ist diese Blattflechte an fast allen Stationen des Untersuchungsgebietes anzutreffen; ihr

Wachstum wird jedoch durch mäßigen Staubeinfluß noch weit stärker begünstigt als das von *P. sulcata*. Charakterart landwirtschaftlich genutzter Gebiete; vor allem auf Eichen besitzt sie hohe Deckungsgrade, im innerstädtischen Bereich nimmt ihre Vitalität jedoch merklich ab.

Auffallend ist, daß diese euryoke Flechte im nordbayerischen Raum (im Gegensatz zu Südbayern) selten vorkommt. Offensichtlich findet sie im Voralpenland ideale Wachstumsbedingungen vor (höhere Niederschläge?) (GOPPEL, 1976; JÜRGING, 1975; KILIAS, 1974 usw.); vgl. Abb. 21.

Parmeliopsis aleurites (Ach) Nyl.: wurde nur einmal auf Betula im Haarmoos gefunden, (Zone I).

Pertusaria albescens (Hudson) Choisy & Werner: Ähnlich wie bei *Parmelia glabrata* ist auch hier die systematische Abgrenzung der beiden Varietäten m. E. noch nicht befriedigend gelöst (*var. globulifera* und *var. albescens*). Die beiden Unterarten wurden deshalb in einer Verbreitungskarte zusammengefaßt. Kennzeichnend für diese häufig vorkommende Krustenflechte ist, daß sie vorwiegend an schattigen Standorten anzutreffen ist und den innerstädtischen Häuserbereich meidet. Häufigster Phorophyt ist *Quercus* (Eiche) (vgl. *Lepraia incana*), vgl. Abb. 22.

Pertusaria albescens var. *corallina* (Zahlbr.) Laundon: im Vergleich zu den ersten beiden Varietäten sehr selten in Zone II.

Pertusaria coccodes (Ach.) Nyl.: zweimal auf *Quercus* in landwirtschaftlich genutztem Gebiet.

Pertusaria leprarioides Erichsen: die zweithäufigste *Pertusaria*-art des Gebietes; vorwiegend auf *Quercus*, durch mäßigen Staubeinfluß gelegentlich stark entwickelt.

Phlyctis argena (Ach) Flotow: Möglicherweise tritt diese unscheinbare Krustenflechte häufiger im Untersuchungsgebiet auf, als aus den Kartierungsergebnissen hervorgeht, (vor allem Zone II und III). Sie meidet weitgehend den inneren Stadtbereich. Eine Verwechslung mit *Pertusaria*-Arten kann nicht ausgeschlossen werden; vgl. Abb. 23.

Physcia aipolia (Humb.) Fűrnrroh: stellt ähnliche ökologische Ansprüche wie *Ph. stellaris*, kommt trotzdem weit seltener aus diese vor (vorwiegend Zone III, meist auf *Populus* (Pappel) oder *Salix* (Weide).

Physcia adscendens (Fr.) H. Olivier: Diese neutrophytische Blattflechte vergesellschaftet sich gern mit *Ph. tenella*. Beide bevorzugen Gebiete mit hohem Staubaufkommen (Staubindikatoren); *Ph. adsc.* ist jedoch weiter verbreitet als *Ph. tenella*. Man findet beide Flechten besonders an den Ausfallstraßen der Stadt und den Gebieten mit hoher landwirtschaftlicher Nutzung (Haarmoos, Leobendorf, Abtsdorf), vgl. Abb. 24.

Physcia orbicularis (Necker) Poetsch: stellt ähnliche Standortansprüche wie *Ph. adsc.* und *Ph. ten.*, ist jedoch erheblich toxischer und besitzt gut entwickelte Thalli selbst noch in Zone IV (vgl. TÜRK, 1982; GOPPEL, 1976.). Auch bei stärkstem Staub versteht diese Flechte noch zu leben (Staubindikator, Zone III); vgl. Abb. 25.

Physcia stellaris (L.) Nyl.: siehe *Ph. aipolia*.

Physcia tenella (Scop) DC.: s. *Ph. adscendens*! vgl. Abb. 26.

Physcia tribacia (Ach.) Nyl.: vereinzelt in staubreicher Gegend.

Physconia enteroxantha (Nyl.) Poelt: nur ein einziger Fund auf *Acer* (Zone II) in Salzachnähe.

Physconia grisea (Lam.) Poelt: kam viermal an staubimprägnierten Rinden in Zone III vor.

Physconia muscigena (Ach) Poelt: wurde einmal auf staubiger Rinde von *Fraxinus* (Esche) in Zone III gefunden.

Physconia perisidiosa (Erichsen) Moberg: liebt offensichtlich relativ staubarme Gebiete (drei Vorkommen in Zone I).

Physconia pulverulacea Moberg (syn. *Ph. pulverulenta*): kann als die häufigste aller *Physconia*-Arten des Untersuchungsgebietes betrachtet werden. Charakteristisch für viele ihrer Standorte ist der hohe Verkehrstaub. Die Blattflechte dringt bis ins Stadtzentrum (Zone III) vor und zeigt ihre schönste Ausprägung in Zone II (Salzachufer); vgl. Abb. 28.

Physciopsis adglutinata (Flörke) Choisy: einmal am Salzachufer in Zone I.

Platismatia glauca (L.) Culb. & Culb.: hat ihr Hauptverbreitungsgebiet in der montanen Stufe der Alpen. Die vergleichsweise niedrigeren Niederschläge im Vor-alpenland sind wohl der Grund dafür, daß diese schöne Blattflechte dort nur sehr selten vorkommt (viermal im Untersuchungsgebiet in Kümmerform: Salzachau und Waldgebiet bei Streitwies; alles Gebiete mit hoher Feuchtigkeit und reiner Luft; Zone I).

Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf: Die in den Alpen in »Massenvegetation auftretende« azidophytische Blattflechte (POELT, 1969) war auch im Untersuchungsgebiet relativ häufig vertreten. Besonders gut entwickelte Exemplare fand ich auf querliegenden Ästen von *Malus* (Apfel) und *Prunus* (Kirsche) in Zone II. Die Tatsache, daß diese doch recht SO₂-empfindliche »Zeigerflechte« (TÜRK, et al. 1982; BESCHEL, 1958; HAWKSWORTH und ROSE, 1970 aus MUDD und KOLZOWSKI, 1975) im ganzen inneren Stadtgebiet von Laufen noch vorkommt (als Kümmerform zumindest), weist daraufhin, daß das Stadtzentrum noch relativ SO₂-unbelastet ist; vgl. Abb. 27.

Ramalina farinacea (L.) Ach.: vereinzelt an witterungsexponierten Stellen in Zone II als extreme Kümmerformen.

Ramalina pollinaria (Westr.) Ach.: Im Gegensatz zu Salzburg (TÜRK et al. 1982) trifft man diese hygrophytische Flechte im Untersuchungsgebiet von Laufen noch relativ häufig an (zahlreiche windoffene, witterungsexponierte Standorte im Umland, besonders an *Quercus* (Eiche); meidet fast vollständig den witterungsgeschützten Innenstadtbereich; vgl. Abb. 29).

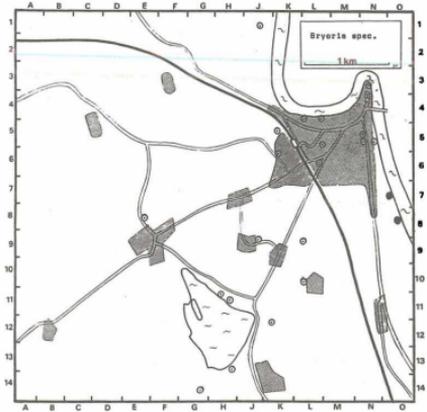
Rhinodina c. f. exigua (Ach) S. Gray: ist sehr schwer zu bestimmen (nur anhand der Sporenmerkmale); wurde einmal gefunden und aufgrund seiner Kleinheit sicherlich des öfteren übersehen.

Usnea filipendula Stirton: Nur an wenigen Exemplaren gelang eine einigermaßen gesicherte Bestimmung der an sich sehr schwierigen Gattung (WIRTH, 1980). Meistens waren die spärlich vorkommenden Thalli jedoch so verkümmert, daß eine genaue Bestimmung bis zur Art nicht mehr möglich war; sie wurden alle unter der Bezeichnung *Usnea c. f. filipendula* geführt. Das weite Vordringen der Gattung bis ins Zentrum der Stadt weist auf eine hohe Luftfeuchte in diesem Gebiet hin (Salzachnähe); vgl. Abb. 30.

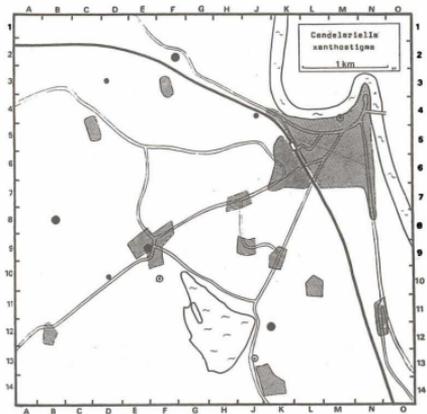
Usnea hirta (L.) Wigg. em. Mot.: zwei typische Exemplare, sehr selten, nur Kümmerformen.

Xanthoria candelaria (L.) Th. Fr.: Der starke Stickstoffreichtum der landwirtschaftlichen Gebiete im Untersuchungsgebiet macht es erklärlich, daß im Gegen-

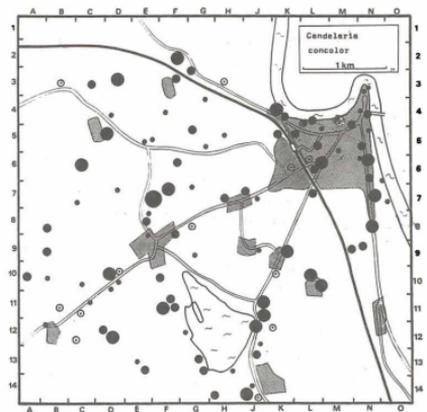
5 Bryoria spec.



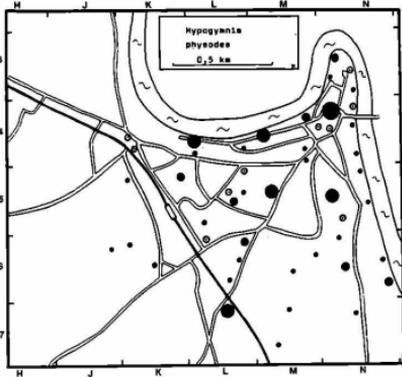
6 Candelariella xanthostigma



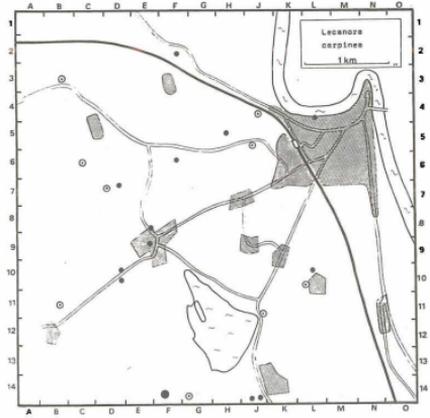
7 Candelaria concolor



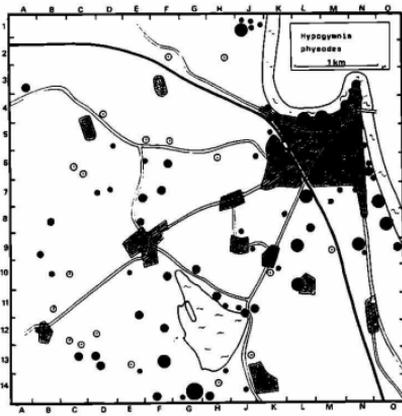
8 Hypogymnia physodes



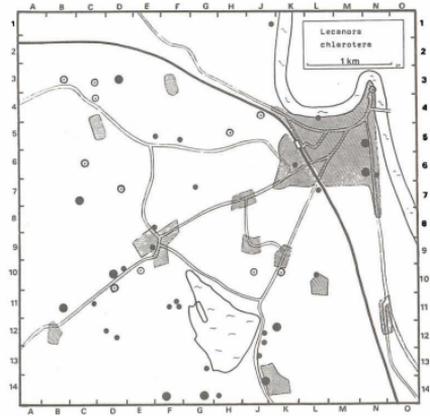
11 Lecanora carpinia



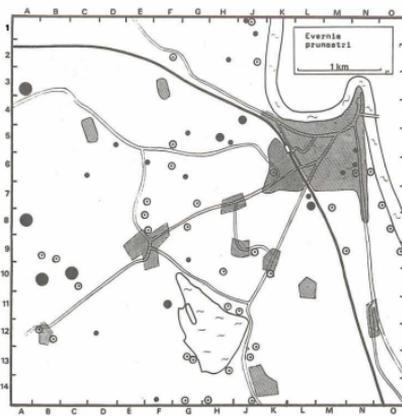
9 Hypogymnia physodes



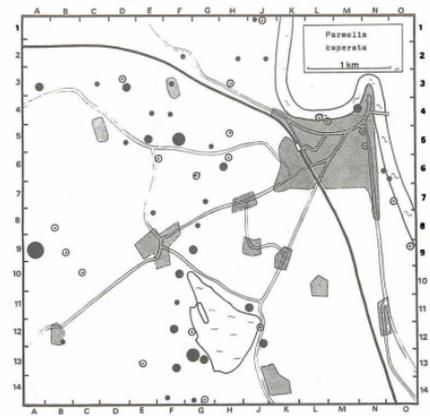
12 Lecanora chlorotera



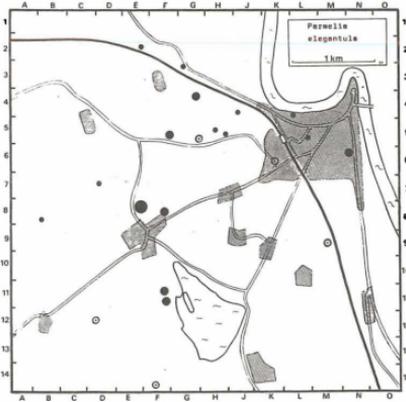
10 Evernia prunastri



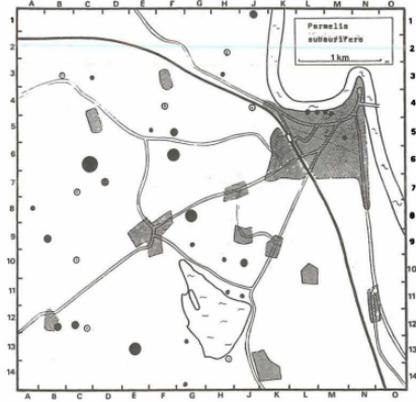
13 Parmelia caperata



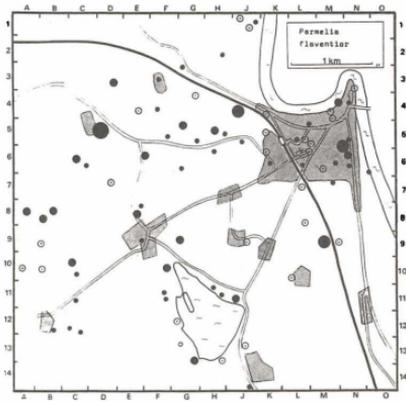
14 *Parmelia elegantula*



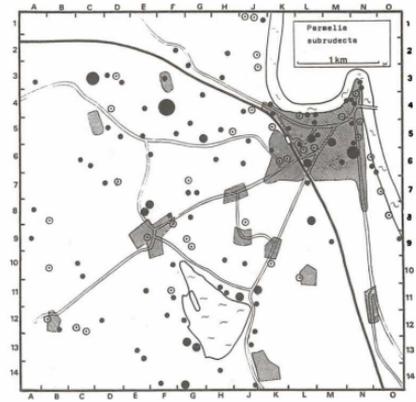
17 *Parmelia subaurifera*



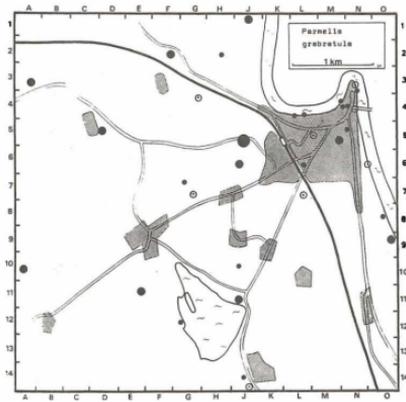
15 *Parmelia flaventior*



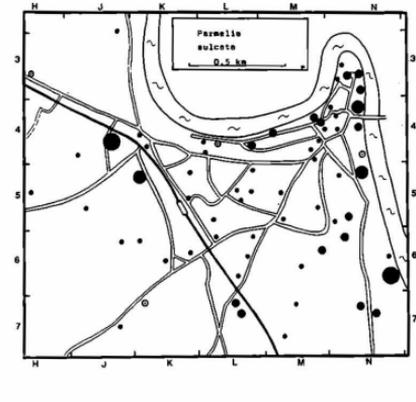
18 *Parmelia subrudecta*



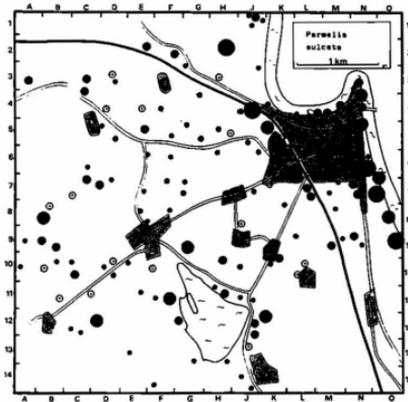
16 *Parmelia grabrattula*



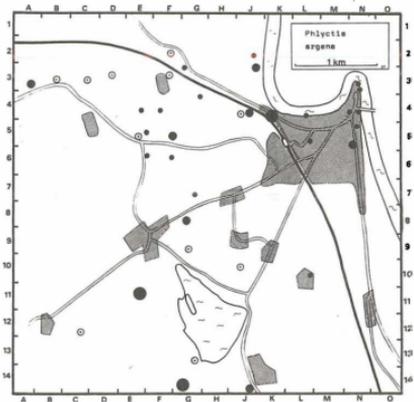
19 *Parmelia sulcata*



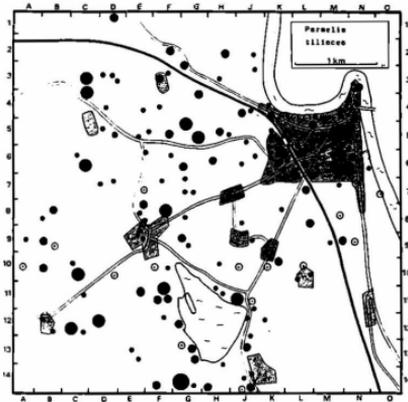
20 *Parmelia sulcata*



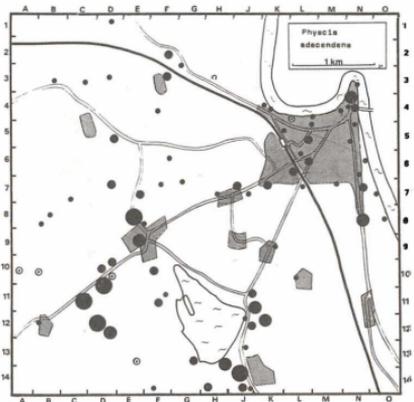
23 *Phlyctis argena*



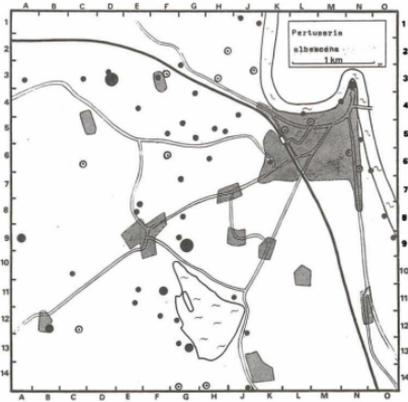
21 *Parmelia tiliacea*



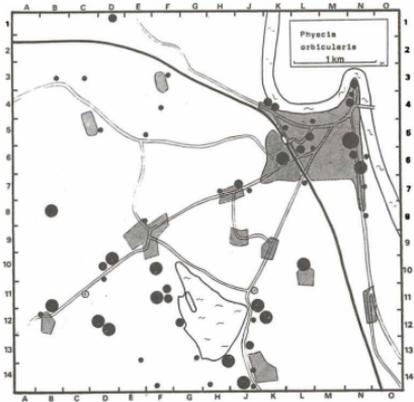
24 *Physcia ascendens*



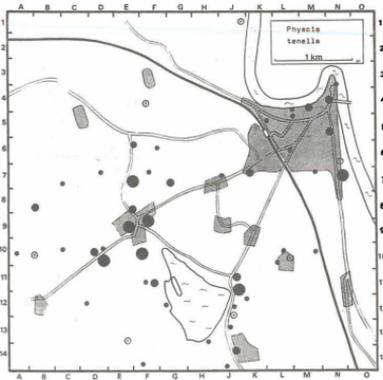
22 *Pertusaria albescens*



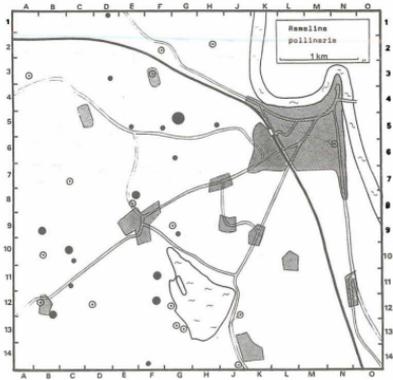
25 *Physcia orbicularis*



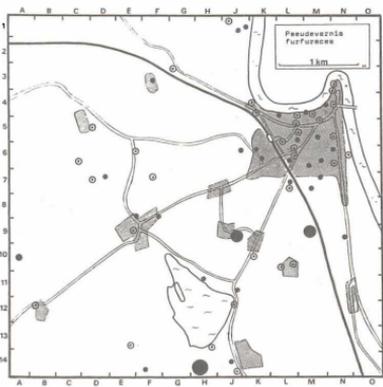
26 Physcia tenella



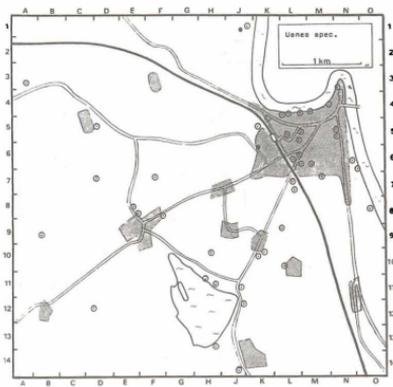
29 Ramalina pollinaria



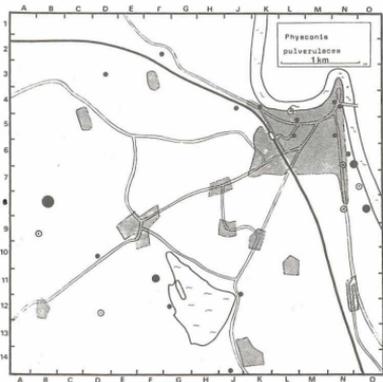
27 Pseudevernia furfuracea



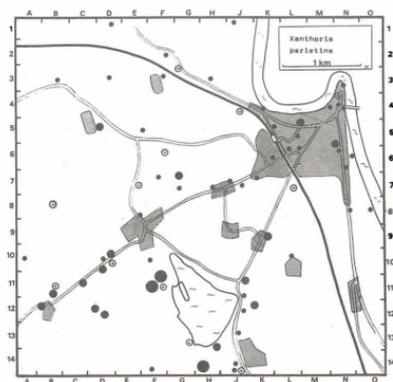
30 Usnea spec.



28 Physconia pulverulacea



31 Xanthoria parietina



satz zu Salzburg in Laufen mehrere *Xanthoria*-Arten vorkommen: *X. cand.* ebenso wie alle anderen Arten sind vor allem an staubimprägnierten Rinden der Straßbäume anzutreffen.

Xanthoria lobulata (Flörke) B. de Lesd.: Für die zwei Standorte dieser Flechte gilt dasselbe wie das für *X. cand.* Gesagte.

Xanthoria parietina (L.) Th. Fr. ist die häufigste *X.*-Art der Gegend; (Kalk-) Stickstoffzeiger. Man findet sie deshalb überall dort, wo starker landwirtschaftlicher Verkehr vorherrscht (insbes. im Gebiet um Leobendorf); vgl. Abb. 31.

Xanthoria polycarpa (Hoffm.) Rieber: kleine unscheinbare Blattflechte; meist vergesellschaftet mit *X. par.*; vereinzelt Vorkommen in staubreicher Gegend; häufig auf *Populus* (Pappel) oder *Fraxinus* (Esche) (Zone III).

4.1.2 Vergleich der Flechtenvorkommen in Laufen mit denen anderer Gebiete (Salzburg und Nordbayern)

Betrachtet man das Artenspektrum im Salzburger Stadtgebiet (TÜRK et al. 1982), so läßt sich feststellen, daß die Flechtenliste dort weitgehend identisch ist mit der von Laufen: 67 Flechtenarten (vgl. Salzburg: 75 Flechtenarten). Nur wenige Arten variieren nennenswert in den beiden Gebieten.

Ein kleines Übergewicht haben in Laufen gegenüber Salzburg die neutrophytischen Flechtenarten (insbes. die *Physconia*- und *Xanthoria*-Arten). Dies mag wohl damit zusammenhängen, daß das Gebiet um Laufen herum vergleichsweise dünn besiedelt ist und weitgehend landwirtschaftlich genutzt wird (vgl. Abb. 1 und 2.) Rindeneutrophierung durch Feld- und Verkehrsstäube. In Salzburg dagegen überwiegen geringfügig die azidophytischen Flechtenarten, was wiederum auf den Großstadtcharakter von Salzburg hinweist: Rindensäuerung durch saure Emissionen aus Hausbrand und Industrie. *Lecanora conizaeoides*, *Scoliciosporum chlorococcum*, *Cetraria pinastri*, *Parmelia saxatilis* u. a. kommen deshalb dort häufiger vor als in Laufen.

Die sehr starken Unterschiede im Vorkommen der Altweltflechten *Candelaria concolor* und *Candelariella xanthostigma* in Laufen gegenüber Salzburg sind wohl darauf zurückzuführen, daß beide Flechtenarten häufig in Kümmerform auftreten und dann nur mehr mit einer starken Lupe unterschieden werden können. Eine gegenseitige leichte Verwechslung der beiden Arten ist deshalb vom Verfasser in einigen Fällen nicht auszuschließen.

Aus dem ähnlichen Artenspektrum der beiden Städte trotz ihrer unterschiedlichen Größe und Emissionslage kann gefolgert werden, daß die Artenvielfalt dieses Gebietes weitgehend klimatisch-geologisch bedingt ist. Dies wird auch durch einen Vergleich mit anderen Gebieten Bayerns bestätigt: Flechten wie z. B. *Parmelia ti-liacea*, *P. caperata*, *P. flaventior* oder *P. subrudecta* finden hier im Voralpenland offensichtlich ideale Standortbedingungen vor und sind deshalb im allgemeinen in diesen Gebieten erheblich häufiger anzutreffen als in Nordbayern (vgl. BESCHEL, 1958; DJALALI et al., 1974; GOPPEL, 1976; KILIAS, 1974; JÜRGING, 1975; RITSCHER, 1977).

In Nordbayern, z. B. in Erlangen oder Regensburg herrschen ähnliche, durchaus vergleichbare Immissionsverhältnisse vor wie in Salzburg (vgl. DITTMANN, 1982;

GOPPEL, 1976; KILIAS, 1974; von Laufen liegen bisher keine vergleichbaren Meßwerte vor). Dennoch fehlt die sehr toxischtolerante Krustenflechte *Lecanora conizaeoides* im innerstädtischen Bereich von Laufen und Salzburg fast oder nahezu vollständig, während sie in den Stadtbereichen der zuvor genannten Städte sehr häufig vorkommt. Die Ursache für ihr Ausbleiben kann also möglicherweise nicht, wie TÜRK (1982) vermutet, vor allem die fehlende Industrialisierung und damit verbundene geringere Luftverschmutzung gegenüber anderen Städten sein, sondern ist wahrscheinlich ebenfalls, wie o. ges., in geographisch-klimatisch bedingten Verbreitungsgrenzen zu suchen.

Lediglich für das Ausbleiben von *Anapychia ciliaris*, *Ramalina fraxinea*, *Usnea florida*, *Xanthoria candelaria* in Salzburg könnten aber tatsächlich veränderte Luftverhältnisse seit der Untersuchung von BESCHEL (zunehmender Rückgang der landwirtschaftlichen Nutzung der Randgebiete um Salzburg durch Ausweitung der Stadtbebauung auf diese Flächen, mit allen Folgen, die sich daraus ergeben) der Grund sein. Bis auf *Usnea florida*(?) kommen nämlich die oben genannten Flechten im landwirtschaftlich genutzten und unverbauten Umland von Laufen vereinzelt (zumindest!) noch vor.

Die eindeutigen Unterschiede in der Luftqualität zwischen dem inneren Stadtgebiet und dem locker oder unverbauten Umland einer Stadt scheinen sich also, insgesamt gesehen, weniger auf das typische Artenspektrum als auf die Stetigkeit, Vitalität und Deckung von Flechten auszuwirken (Ausnahmen bestätigen die Regel!). Dieser Zusammenhang wird deshalb bei der Ausweisung von Flechtenzonen – und dem Vergleich der beiden Städte Salzburg und Laufen in diesem Punkt – im folgenden Abschnitt eine besondere Berücksichtigung erfahren müssen.

4.2 Die Flechtenzonen in Stadt und Umland von Laufen

4.2.1 Methodik der Kartenerstellung

Zur übersichtlichen Darstellung des Flechtenvorkommens wurden Zonenkarten erstellt:

Die im Untersuchungsgebiet auftretenden Flechten wurden in die Gruppe der *Azidophyten*, *Mesophyten* und *Neutrophyten* aufgeteilt. Diese Untergliederung gibt eine vereinfachte Übersicht ihrer ökologischen Ansprüche wieder (vereinfacht nach WIRTH, 1980).

In dieser Arbeit sind zu verstehen unter

Azidophyten: Flechten, die einen sauren Borken- und/oder sauren Regenwasser-pH-Wert bevorzugen; sie meiden den alkalischen pH-Bereich (=nach WIRTH, 1980: »e. bis m. azidophytische Fl.«; pH 3,0–5,6).

Mesophyten: Flechten, die im Bereich um den Neutralpunkt (pH 7) bevorzugt wachsen (»m. azidoph. bis m. basiph.«).

Neutrophyten: Flechten, die auf basischer Rinde oder bei starkem Staubaufkommen wachsen (»neutroph. bis basiph.«; pH = 8). Sie meiden staubarme Gegenden. Nach dem unterschiedlichen Vorkommen der drei Flechtengruppen im Untersuchungsgebiet wurden die einzelnen Zonen ermittelt.

Als Maß ihres Vorkommens diente die Stetigkeits-Vitalitätszahl der Flechteneinzelkarten (vgl. Abschn. 3.4).

Jede Zone ist nach den Untersuchungen des Verfassers durch ein bestimmtes Verhältnis der drei Flechtengruppierungen zueinander charakterisiert.

4.2.2 Die Zonencharakterisierung

Zone I (»Normalzone«; BESCHEL, 1958): hohe Deckungsgrade der azidophytischen Flechten; ungeschädigte Thalli; Stetigkeit 3 und 4; mittlere Stetigkeitswerte der Mesophyten; ebenfalls ungeschädigte Thalli; Neutrophyten fehlen hier fast vollständig.

Zone II (»äußere Kampfzone«; BESCHEL, 1958): abnehmende Deckungsgrade der Azidophyten; Thalli gering oder nicht geschädigt; Stetigkeit 2 und 3. Die Mesophyten finden hier optimale Wachstumsbedingungen vor; Stetigkeit 2–3; kaum geschädigte Thalli; Die Neutrophyten findet man nur vereinzelt; typische Zone des unbebauten, waldarmen Umlandes.

Zone III (»mittlere Kampfzone«): Hier sind die Azidophyten stark im Abnehmen begriffen, da in diesen Gebieten aufgrund des (hohen) Staubaufkommens die Wachstumsbedingungen für sie ungünstig werden. Stetigkeit 1–2; Thalli deutlich verkümmert oder geschädigt; Deckung unter 10 %. Die Azidophyten fehlen oft vollständig. Auch die Mesophyten fühlen sich häufig in dieser Zone nicht mehr so wohl wie in Zone II; abnehmende Deckungsprozente (ca. 10–15 %); Thalli wenig geschädigt. Die Neutrophyten sind hier dagegen besonders gut entwickelt: Sie bedecken oft in dieser Zone die Rinde bis weit über 50 %; ihre Vitalität ist sehr gut. In Gebieten mit besonders starker Staubeentwicklung (z. B. an stark befahrenen Straßen oder in der Nähe von Kalkwerken) bedecken sie gelegentlich die Rinde bis zu 90 %.

Zone IV: Alle drei Flechtengruppen stehen hier im »Kampf« mit den in dieser Zone schon recht ungünstigen Umweltbedingungen (»innere Kampfzone«; BESCHEL, 1958). Am vitalsten sind hier noch die Neutrophyten (Vitalität 2); viele Azidophyten treten nur mehr in extremen kümmerformen auf: Vitalität 4; Deckung 1–2 % oder geringer; Stetigkeit + oder 1. Lediglich Krustenflechten finden in dieser Zone noch gute Lebensbedingungen (z. B. *Lecanora conizaeoides*).

Zone V: Diese Zone ist nahezu blatt- und krustenflechtenfrei. (»Flechtenwüste«; BESCHEL, 1958; epiphytenfreie Zone). Es sind dies meist klimatisch ungünstige Standorte mit hoher saurer Schadstoffbelastung. Im Stadtgebiet von Laufen kommt diese Zone nicht vor.

4.2.3 Beschreibung der Flechtenzonen im Stadtgebiet von Laufen

Die vorliegenden Zonenkarten beschreiben in erster Linie lediglich die Unterschiede in der Stetigkeit, Deckung und Vitalität verschiedener Flechtengruppen. Inwieweit sie darüber hinaus auch Aussagen zur Luftqualität dieses Gebietes zulassen, wird in der Diskussion der Ergebnisse zu prüfen sein (vgl. Abb. 32 und 33).

Die **Zone I** findet man im Umland von Laufen noch recht häufig. Sie erstreckt sich vorwiegend auf die bewaldeten Flächen und auf die Feuchtgebiete abseits von Verkehr und Ortschaften: der Staatsforst Wiedmais, das Lebenaholz, Teile des Lebenauforstgartens, ebenso Teile des Haar- und Wiedmooses und das Waldstück östlich des Abtsdorfer Sees. Kleine Waldareale der **Zone I** dringen bis an den Stadtrand von Laufen vor: die Waldfläche bei Hasenhaus im Norden und der Friedhof bei Wiedmannsfelden im Süden von Laufen sowie kleinere angrenzende Waldgebiete. Auch entlang der Salzach zieht sich eine schmale Normalzone, vom Süden her kommend, in das Stadtgebiet von Laufen hinein (Salzachau).

Die Flechtenvegetation ist in dieser Zone besonders üp-

pig: Als Charakterart kommt hier *Hypogymnia physodes* vor. Gut entwickelt, d. h. mit arttypischem Habitus und starker Deckung ausgezeichnet, treten z. B. auch *Evernia prunastri*, *Pseudevernia furfuracea*, *Parmelia caperata*, *Parmelia flaviventris*, *Parmelia sulcata* oder *Ramalina pollinaria* auf.

Nur vereinzelt und mit kleinen Thalli ausgestattet sind hier auch die seltenen Flechten, z. B. *Cetraria pinastri*, *Cetrelia olivetorum*, *Parmeliopsis aleurites*, *Physcomopsis adglutinata* u. v. a. vertreten.

Im fließenden Übergang schließt sich daran die **Zone II** an: Der Flechtenbewuchs ist in der Artzusammensetzung weitgehend der **Zone I** ähnlich. Der Unterschied besteht gegenüber dieser im wesentlichen in der abnehmenden Stetigkeit, Vitalität und Deckung der betreffenden Flechten. Außerdem machen sich die Mesophyten wie z. B. *Parmelia sulcata* stärker bemerkbar. Die seltene Flechte *Anaptychia ciliaris* wurde hier ebenfalls in mehreren Einzelexemplaren gefunden. Auch *Usnea*- und *Bryoria*-Arten treten an witterungsexponierten Stellen in beachtlichen Exemplaren auf. Ihren arttypischen Habitus, der sie eindeutig bestimmbar machen würde, erreichen sie jedoch nur selten. An verschiedenen großflächigen Blattflechten wie z. B. an *Parmelia caperata* sind bereits häufig umweltbedingte (?) Schädigungen feststellbar.

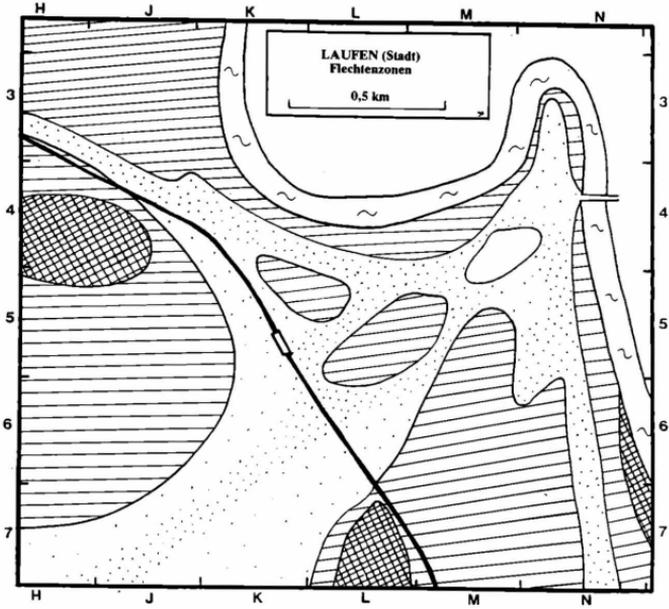
Die **Zone II** umgeben gewissermaßen schützend die oben genannten Gebiete der **Zone I**. Oft ist der Gürtel recht schmal, wie z. B. im Westen das Gebiet um den Staatsforst Wiedmais herum, gelegentlich erfährt er größere Gebiete, z. B. größere Teile des Haarmoses und das Waldrandgebiet südöstlich von Leobendorf, aber auch kleinere Waldgebiete bei Stögen und Biburg. Entlang der Salzach umgibt die **Zone II** von Osten her das gesamte Stadtzentrum von Laufen. Kleinere Teile dieser **Zone** dringen von Westen her ins Innere der bebauten Stadtgebiete vor. Die Stadtteile Abraun, Burgfeld und Arbisbichl gehören z. B. teilweise zu dieser **Zone**. Auch die Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege liegt in **Zone II**!

Allgemeines Kennzeichen dieser genannten **Zone** ist, daß sie nur mehr teilweise mit Bäumen bewachsen ist. Sie erstreckt sich häufig auf Waldränder, Gärten und Alleen. Meist besteht direkter Kontakt zu benachbarten Viehweiden oder Äckern. Feuchtgebiete (Moos, Bäche, Weiher) sind in diesem Bereich noch häufig (vgl. Abb. 1 und 2).

Die **Zone III** nimmt die Hauptfläche des Stadtgebietes von Laufen ein. Sie erfährt alle Flächen, die intensiv landwirtschaftlich genutzt werden (häufig Viehweiden), die meisten kleineren Ortschaften um Laufen mit viel landwirtschaftlichem Verkehr, die stark frequentierten Ausfallstraßen (die **B** 20 und die beiden Straßen vom Abtsdorfer See und nach Leobendorf) sowie die verkehrsreichen Stadtteile von Laufen selbst (insbesondere die Häuserzeilen um den Schloßplatz und entlang der Tittmoninger und Freilassingener Straße). Auch die Wohngebiete vom Stadtteil Burgfeld sind davon betroffen.

Die Baumbepflanzung ist in diesen Gebieten oft nur mehr spärlich; sie beschränkt sich weitgehend auf die Verschönerung von Straßen und Plätzen; zusammenhängende Baumflächen sind hier nicht mehr zu finden. Auf den Weiden westlich von Leobendorf, die auch zu dieser **Zone III** gehören, findet man jedoch noch eine erstaunlich hohe Anzahl von einzeln stehenden stattlichen Eichen. Große Wiesen- und Ackerflächen östlich von Leobendorf sind dagegen meist völlig baumlos (Löcher in der Stationenkarte). Nur aus einem Vergleich mit an-

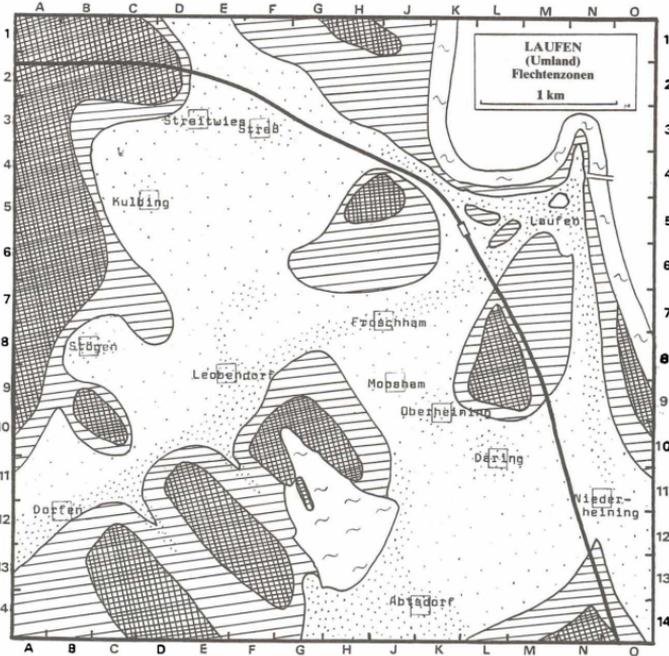
32



Legende Abbildung 32 und 33



33



deren Gebieten ähnlicher Nutzung kann man hier manchmal auf die Zone III rückschließen. Auffälligerweise fehlen hier Feuchtflächen, die einen günstigen Einfluß auf die Luftqualität haben könnten, fast vollständig. Industrielle Staubemittenten kommen nicht vor.

Sowohl in der Stetigkeit als auch in ihrer Vitalität und Deckung übertreffen die Neutrophyten in dieser Zone III alle anderen Flechtengesellschaften bei weitem.

Besonders häufig trifft man hier an: *Candelaria concolor*, *Candelariella xanthostigma*, *Lecanora carpinea*, *Lecanora chlorotera*, *Parmelia caperata*, *Parmelia subrudecta*, *Parmelia sulcata* oder *Parmelia tiliacea*. Am häufigsten sind jedoch in Zone III die Flechten *Physcia tenella*, *Physcia adscendens*, *Physcia orbicularis*, *Physcia stellaris*, *Physconia pulverulacea*, *Lecanora hageni* und *Lecanora umbrina* sowie verschiedene *Xanthoria*-Arten, insbesondere *Xanthoria parietina*.

Eine Spezialform der Zone III findet man an Straßen mit starkem landwirtschaftlichen Verkehr: Dort sind die zuletzt genannten Neutrophyten in »Reinkultur« anzutreffen. Azidophyten und auch viele Mesophyten fehlen dort völlig. Diese besondere Ausprägung der Zone III bezeichne ich deshalb im folgenden Text als »Neutrophytenzone«. In der Zonenkarte ist sie durch eine dichtere Punktierung des Gebietes als dies im übrigen Bereich der Zone III der Fall ist ausgewiesen. Auch seltener Neutrophyten wie z. B. *Xanthoria candelaria*, *Xanthoria lobulata* und *Xanthoria polycarpa*, *Physcia aipolia*, *Physcia tribacia* oder *Physconia muscigena* u. ä. wurden nur in dieser Neutrophytenzone gefunden.

In ihrer Zusammensetzung erinnert diese Zone stark an die Flechtenvegetation in der Nähe von Kalkwerken (vgl. JÜRGING, 1975; »Kalkwerkzone«; GOPPEL, 1976).

Nur an einer kleinen Stelle des Stadtkerns scheint sich nach Ansicht des Verfassers eine Zone IV ausgebildet zu haben (allerdings ist diese Zone nur durch sehr wenige Stationen abgesichert). Sie umfaßt das Gebiet, in dem sich die Post, Stadtparkasse und Landpolizeistation der Stadt Laufen befinden.

Kennzeichnend für diese Zone ist, daß sie an der tiefsten Stelle der Stadt auftritt. Die Westwitterung wird durch eng zusammengebaute Häuserreihen abgehalten. Die wenigen Bäume, die sich in diesem Stadtteil befinden, können die Luftfeuchtigkeit dieses Gebietes kaum erhöhen, da ihr Wurzelwerk häufig von einer Teerdecke weitgehend abgedeckt ist (z. B. an der Post). Die Luftfeuchtigkeitswerte sind in diesem Gebiet also vermutlich vergleichsweise niedrig.

Gleichzeitig ist in dieser Zone aber ein hohes Verkehrs- und Staubaufkommen zu verzeichnen. Als Emissionsquelle für SO₂ ist dort in erster Linie der Hausbrand zu nennen. Aufgrund der dichteren Bebauung dürften die Immissionswerte hier höher liegen als in den locker bebauten Stadtrandgebieten. Industrielle SO₂-Emittenten kommen in Laufen nicht vor.

Die Flechten besitzen in dieser Zone IV deutlich niedrigere Deckungs-, Vitalitäts- und Stetigkeitswerte als in Zone III oder II. Die Azidophyten wie z. B. *Hypogymnia physodes* kümmern in diesem Gebiet ebenso dahin wie die Mesophyten *Parmelia tiliacea* oder *Parmelia sulcata*. Viele der empfindlicheren Flechten kommen überhaupt nicht mehr vor. Nur die relativ toxtoleranten Neutrophyten (hohe Pufferkapazität) genießen noch ein besseres Dasein. So findet man z. B. noch recht gut entwickelt *Physcia orbicularis*; *Xanthoria parietina* und *Physcia adscendens* zeigen dagegen auch schon deutliche

Wachstumseinbußen durch ungünstigere Umweltbedingungen.

Eine flechtenfreie Zone V, wie sie in Salzburg vorkommt, gibt es in Laufen offensichtlich nicht.

4.2.4 Interpretation der Flechtenzonierung Diskussion der Ergebnisse

Das Flechtenvorkommen in einem Stadtgebiet ist von zahlreichen Standortfaktoren biotischer und abiotischer Natur abhängig (vgl. BARKMANN, 1958). Um eine möglichst eindeutige Aussage über die Bedeutung der Flechtenzonen in Laufen machen zu können, wurden nur solche Stationen für eine Flechtenuntersuchung zugelassen, die bestimmte, vorher festgelegte Standortbedingungen erfüllen konnten. Auf diese Weise wurden viele Ökofaktoren, die eine Interpretation nur zusätzlich erschwert hätten, von vornherein weitgehend ausgeschlossen. Andere Ökofaktoren wiederum, die nur eine lokale Veränderung des Flechtenwachstums hervorrufen konnten, fielen bei einer großflächigen Betrachtungsweise des Flechtenvorkommens heraus.

Bei der Bewertung der Flechtenzonen werden nur folgende Faktoren zu berücksichtigen sein:

1. die Flächennutzung und das damit verbundene Stadtklima (Mikroklima);
2. das Großraumklima (Makro- und Mesoklima);
3. die geographische Lage und edaphischen Verhältnisse;
4. die Immissionsverhältnisse aus Hausbrand, Verkehr und Industrie.

Eine einigermaßen befriedigende Aussage über die Ursachen des Flechtenvorkommens gelang natürlich nur dort, wo auch genügend geeignete Bäume für eine Untersuchung zur Verfügung standen (bes. Zone I und II). Betrachtet man die Stationenkarte (Abb. 3/4), so läßt sich leicht feststellen, daß dies nicht immer der Fall war. War schon die Abgrenzung der einzelnen Zonen deshalb sehr schwierig, (z. B. bei der Zone IV oder an vielen Stellen der baumarmen Zone III), so kann sich erst recht eine Aussage über die Luftqualität in diesem Raum oft nur auf Spekulationen stützen, die einer physikalischen Nachmessung oder Überprüfung durch Flechtenexplantate bedürften (vgl. SCHÖNBECK, 1969).

In der vorliegenden Arbeit wurde eine geographische Karte ausgearbeitet, die die vorwiegende Flächennutzung des Untersuchungsgebietes ausweist (vgl. Abb. 1+2). Vergleicht man damit die Zonenkarte (Abb. 32+33), so läßt sich feststellen, daß die Zonen I und II weitgehend durch das Meso- und Makroklima, diese wiederum durch die geographische Lage und Flächennutzung beeinflusst werden. Wie schon ausführlich dargestellt, liegen alle Zonen I deckungsgleich mit zusammenhängenden Wald- oder Moorflächen. Die hohe Luftfeuchtigkeit in Verbindung mit den hohen Niederschlägen des Salzburger und Berchtesgadener Landes mögen also wohl die Ursache der starken Zonenausprägung sein. Eventuell auch hier auftretende Luftverunreinigungen, z. B. aus Richtung Burghausen, könnten dadurch in ihrer Wirkung auf das Flechtenwachstum aufgehoben worden sein, so daß sie mit dieser Untersuchungsmethode nicht meßbar sind. Auch die Zone II entlang der Salzach ist wohl eindeutig auf den Feuchtigkeitseinfluß des Flusses und den freien Witterungszug von Westen zurückzuführen. Ohne die sich daraus ergebende hohe Luftfeuchtigkeit wäre dieses Gebiet sicherlich mancherorts der Zone III zuzurechnen. Es ist also durchaus möglich, daß die Zonen I und II bessere Luftverhältnisse vortäuschen als dies tatsächlich der Fall ist. Ähnliche Feststellungen macht auch TÜRK in Salz-

burg. Allerdings würde es sich in diesem Fall in aller Regel nur um eine tatsächliche Verschlechterung von einer Zonenstufe handeln.

Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Emissionslage und Flechtenvorkommen besteht dagegen bei Zone III. Die Ausprägung dieser Zone läßt z. B. klare Aussagen über den Grad der landwirtschaftlichen Nutzung und die Verkehrsdichte in einem Gebiet zu: So erkennt man z. B. deutlich, daß das Haarmoos trotz seiner Schutzwürdigkeit häufig von landwirtschaftlichen Fahrzeugen durchfahren wird (häufiger vielleicht, als es dieses Gebiet verkraften kann). Andernfalls wäre sonst seine ausgeprägte Neutrophytenflora an verschiedenen Stellen nicht erklärlich.

Weiter wird durch die Zonenkarte erkennbar, daß Abtsdorf, Leobendorf und andere Ortschaften Oberzentren landwirtschaftlicher Tätigkeit darstellen.

Außerdem läßt sich ableiten, daß sich die Verkehrsdichte im Zentrum von Laufen auf die drei Ausfallstraßen, die Bahnhofstraße und den Schloßplatz konzentriert.

Flechtenuntersuchungen in der Nähe des Sportplatzes an der Freilassinger Straße lassen außerdem den Schluß zu, daß sich der Verkehrsstaub in einer baumarmen Gegend noch 30 m von der Straße entfernt am veränderten Flechtenwachstum feststellen läßt. Der Sportplatz liegt also zu 2/3 in der Neutrophytenzone; die gasförmigen Autoabgase dürften sich noch weiter ausbreiten.

Die Ausprägung der Zone IV dagegen ist wohl, sofern sie überhaupt als statistisch abgesichert betrachtet werden kann, weitgehend kleinklimatisch bedingt. Das Areal ist zu klein, als daß hier andere Luftverhältnisse vorliegen könnten als in Zone III. Die geringe Luftfeuchtigkeit, bedingt durch die oben dargestellte Bebauungssituation, dürfte vorwiegend die Ursache des verminderten Flechtenwachstums sein.

Welche Luftverhältnisse im Altstadt kern vorliegen, kann nicht festgestellt werden, da sich dort nur sehr wenige Bäume befinden.

Schlußfolgerung

1. Erfreulicherweise liegen noch weite Teile des Umlandes und die höher gelegenen Wohngebiete (Abtain, Burgfeld, Steinbach, Arbsbichl) in Zonen mit relativ geringer Luftbelastung. Auch die Wanderwege in der Salzach-Au zählen dazu.

2. Die Luft im Stadtgebiet von Laufen wird hauptsächlich durch Feld- und Verkehrsstäube belastet. Als Ursache ist die Lage an der B 20 und die intensive landwirtschaftliche Nutzung des Umlandes anzusehen. Ein oft nur mäßiger Baumbestand in diesen betroffenen Gebieten kann die Situation nicht verbessern. Es ist vielmehr zu befürchten, daß durch Straßenbau und intensive Feldnutzung weitere Bäume weichen müssen.

Nach Messungen des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz in Regensburg und einem Vergleich der Zonierungen mit denen in Laufen zu schließen, dürfte die Staubbelastung an verkehrsreichen Straßen in Laufen ebenfalls zwischen 0,1 – 0,2 mg Staub/m³ liegen (vgl. DITTMANN, 1982; GOPPEL, 1976).

3. Aufgrund einer fehlenden Zone V und der Existenz einer sehr wenig aussagefähigen Zone IV kann man den Schluß ziehen, daß das Stadtgebiet von Laufen nur eine geringe Schadstoffbelastung durch SO₂ und andere saure Abgase besitzen muß, denn selbst an ungünstigsten Standorten findet man noch Flechten. Die Luftsituation sieht sicherlich etwas schlechter aus als die Flechtenzonierung es vortäuscht (begünstigender Ein-

fluß der Salzach auf das Flechtenwachstum). Luftverhältnisse wie sie in Zone V einer Großstadt wie Salzburg vorkommen, liegen jedoch sicherlich nicht vor.

Aufgrund physikalisch-chemischer Messungen in einer Großstadt konnten HAWKSWORTH und ROSE, 1970 den einzelnen Flechtenzonen verschiedene SO₂-Werte zuordnen (aus MUDD und KOZLOWSKI, 1975):

Zone I	<0,01 ppm SO ₂
Zone II	0,01 – 0,02 ppm SO ₂
Zone III	0,02 – 0,03 ppm SO ₂
Zone IV	0,03 – 0,06 ppm SO ₂
Zone V	>0,06 ppm SO ₂

Dementsprechend dürfte die SO₂-Belastung im Jahresmittel in Laufen zwischen 0,01 und 0,03 ppm maximal 2 liegen.

4. Die Salzachnähe und die reichliche Bewaldung des Umlandes wirken sich günstig auf das Stadtklima aus (höhere Luftfeuchtigkeit, Staubbinding, »Staubsaugereffekt«). Überall dort, wo es an Bäumen und Feuchtigkeit mangelt, verschlechtert sich dagegen das Stadtklima offensichtlich. Dies hat sicherlich auch Folgen für die Gesundheit der Menschen, die dort leben.

5. Ein Einfluß der Chemiewerke in Burghausen auf die Luftqualität in Laufen ist mittels einer Flechtenkartierung nicht feststellbar.

4.2.5 Flechtenzonierung und Waldsterben im Stadtgebiet von Laufen

Im Lebenau-Forstgarten und in dem Waldstück nordöstlich des Abtsdorfer Sees wurde auch stichprobenartig der Gesundheitszustand der Fichten und Tannen untersucht. Es wurden Stellen ausgesucht, an denen die Nadelbäume idealen Flechtenbewuchs von Hypogymnia physodes zeigten, mit bis zu 60 % Deckung und Vitalität 1; dies entspricht der Zone I. Die untersuchten Tannen in diesen Gebieten waren durchschnittlich bis zu 80 % geschädigt (Schädigungsstufe 2); die Fichten durchschnittlich zu 50 % erkrankt (Schädigungsstufe 1-2).

Geht man davon aus, daß die Flechtenzonen ein Spiegel der Luftqualität sind, dann ist die Normalzone ein Gebiet mit vergleichsweise guter Luft. Selbst wenn man annimmt, daß die Feuchtigkeit das Wachstum der Flechten in der Zone stärker fördert als man anhand der Luftqualität erwarten könnte, kann die Luftsituation in der Regel nicht schlechter sein als in Zone II.

Nach HAWKSWORTH und ROSE, 1970, entspricht dies einer SO₂-Konzentration im Jahresmittel von höchstens 0,01 – 0,02 ppm.

Unter obiger Annahme liegt die Vermutung nahe, daß das Waldsterben in erster Linie **nicht** auf eine überstarke SO₂-Belastung (»saurer Regen«) zurückzuführen sei. Zumindest wäre demnach eine monokausale Wirkbeziehung von SO₂ auszuschließen. Andernfalls wären auch die Flechten deutlich geschädigt, was aber nicht der Fall ist.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen mittlerweile auch viele andere Biologen, die bereits entsprechende Beobachtungen gemacht haben (pers. Gespräche mit O. LANGE, Würzburg, im Jan. 1984 sowie Kurzmittteilung der LANDESANSTALT f. IMMISSIONSSCHUTZ d. Landes Nordrhein-Westfalen; Info 20; 1983).

Genauere Untersuchungen müßten jedoch diesem Zusammenhang noch weiter auf den Grund gehen.

4.2.6 Zonenvergleich Laufen – Salzburg

Die Zonierung in beiden Städten ist durchaus miteinander vergleichbar, da den dortigen Arbeiten m. E. ähnliche Methoden zugrunde liegen. Man kann deshalb folgendes feststellen:

Im Gegensatz zu Laufen findet man in Salzburg eine deutliche Zone IV und V. Dies liegt nahe, da es sich bei Salzburg bekanntlich um eine erheblich größere Stadt handelt (mit mehr Industrie, Hausbrand und Verkehr und häufigeren Inversionslagen als in Laufen (?)).

Laufen ist eine Stadt, die noch stark von der Landwirtschaft geprägt ist. Dementsprechend stark vertreten ist auch die »Neutrophytenzone«. In Salzburg wurde zwar auch eine deutliche Zone III ausgewiesen, doch der Artenreichtum in diesem Gebiet ist nicht so hoch, die Deckung der Flechten häufig niedriger als in Laufen (sieht man einmal von den Bäumen ab, die von Natur aus eine Neutrophytenflora begünstigen: *Salix* (Weide), *Populus* (Pappel) und *Aesculus* (Kastanie)).

Zur Frage der Staubbelastung im Stadtgebiet von Salzburg nimmt die Arbeit von TÜRK nicht Stellung, so daß damit in diesem Punkt ein Vergleich mit Laufen nur schwer möglich ist.

Der positive Einfluß der Salzach und der Bäume auf das Stadtklima macht sich offensichtlich in beiden Städten deutlich bemerkbar. Auch in Salzburg dringt eine Zone II, von Süden her kommend entlang der Salzach, weit in das Stadtgebiet vor.

Eine Zone I findet man in der Umgebung von Salzburg im Gegensatz zu Laufen nicht. Dies mag wohl damit zusammenhängen, daß die Umgebung von Salzburg stärker bebaut und waldärmer ist als das Umland von Laufen. Auch eine stärkere Industrialisierung kann die Ursache für das Ausbleiben sein.

Insgesamt gesehen dürfte wohl die Stadt Laufen im Vergleich mit Salzburg die günstigere Luftsituation aufweisen.

5. Zusammenfassung

1. In der vorliegenden Arbeit wird das Vorkommen von 67 Flechtenarten auf Rinde im Stadtgebiet von Laufen beschrieben, in Verbreitungskarten dargestellt und mit den Ergebnissen aus einer ähnlichen Arbeit in Salzburg (TÜRK et al. 1982) verglichen: Aufgrund des stärkeren Einflusses der Landwirtschaft überwiegen in Laufen etwas die Neutrophyten in Anzahl und Deckung, während die Großstadt Salzburg eher das Wachstum der Azidophyten begünstigt. Im allgemeinen entsprechen sich aber die Artenlisten weitgehend. Dies legt den Schluß nahe, daß die Artencharakteristik in einem Gebiet vorwiegend klimatisch-geographisch bestimmt ist, während Stadtklima und Luftverschmutzung eher die Vitalität, Stetigkeit und Deckung der Flechten beeinflussen dürfte.

2. Im zweiten Teil der Arbeit wird das gesamte Flechtenvorkommen von Laufen in einer Flechtenzonenkarte zusammengefaßt:

Insgesamt findet man im Stadtgebiet von Laufen vier verschiedene Zonen:

Zone I und II sind im Umland von Laufen noch weit verbreitet; ihre Ausprägung ist wahrscheinlich in erster Linie auf das Klima, die zahlreichen Wälder und Feuchtgebiete in einer industriearmen Gegend zurückzuführen.

Das allgemeine Verkehrsaufkommen und die Landwirtschaft sind als Verursacher der *Zone III* anzusehen.

Nicht nur weite Teile des Grünlandes gehören dazu, sondern auch die Kerngebiete der Stadt Laufen selbst (z. B. Altstadt, Schloßplatz usw.). Die besonders starke Neutrophytenvegetation entlang der stark befahrenen Ausfallstraßen und in größeren Ortschaften veranlaßt den Verfasser, diese Gebiete als »Neutrophytenzone« zu bezeichnen. Sie stellt eine Spezialzone der Zone III dar. Als Ursache für das massierte Auftreten dieser speziellen Flechtenarten wird der dort häufig auftretende Straßenaufstaub angesehen.

Eine kleine *Zone IV* im Stadtkern ist weniger auf schlechte Luftverhältnisse sondern eher auf ein ungünstiges Mikroklima zurückzuführen.

Im Gegensatz zu Salzburg tritt eine *Zone V* in Laufen nicht auf.

3. Aus physikalischen Messungen in Flechtenzonen anderer Städte kann geschlossen werden, daß die SO₂-Belastung in Laufen im Jahresmittel vermutlich zwischen 0,01 und 0,03 ppm maximal liegen muß. Die Staubbelastung in der »Neutrophytenzone« dürfte sich nach groben Schätzungen auf 0,1–0,2 mg/m³ belaufen.

4. Ein Einfluß der Chemiewerke/Burghausen auf die Luftqualität in Laufen ist mit dem beschriebenen Verfahren nicht feststellbar.

5. Bei der Auswertung der Flechtenzonen wird auch die besondere Rolle der Bäume als Luftfilter und Feuchtigkeitsspender in einem Stadtgebiet erkennbar.

Ebenso wird in der besonderen Ausprägung der Zonen auch der positive Einfluß der Salzach auf das Stadtklima deutlich.

6. Bei einer stichprobenartigen Untersuchung des Waldsterbens in der Umgebung von Laufen wird festgestellt, daß sich diese kranken Bäume in Zone I (= Normalzone, Zone mit relativ unbelasteter Luft) befinden. Vermutungen, daß SO₂ nicht der Hauptverursacher des Waldsterbens sein könnte, werden angestellt.

7. Aus einem Vergleich der Flechtenzonen in Laufen mit jenen in Salzburg ergibt sich, daß die Stadt Laufen erfreulicherweise die günstigere Luftsituation aufzuweisen hat.

Summary

1. This paper sets out to describe the presence of 67 lichen species that exist on tree bark in the urban area of Laufen. This is illustrated on distribution maps and compared with the results of a similar study conducted in Salzburg (TÜRK et al. 1982): owing to the greater influence exercised by agriculture in Laufen, the neutrophyte species predominate as regards numbers and spread, whereas the city character of Salzburg tends more to favour the growth of acidophytes. By and large, however, the records kept of the species in both environments reveal general conformity. This would appear to suggest that the characteristics of the species in a rural area are chiefly determined by local climate, where as urban climate and air pollution tend to affect aspects of vitality, consistency and spread of lichen.

2. The second part of the study summarizes the overall presence of lichen recorded on a zonal map. In all, the urban area of Laufen may be divided up into four different zones as follows: *Zones I and II* are still widespread in the area surrounding Laufen; their predominance is probably attributed in the main to the climate, the numerous woodland and water stretches and the nigh absence of industry.

The general rise in traffic density combined with the effects of agriculture may be looked upon as being the determinants of *Zone III*. This not only comprises expansive areas of pasture ground, but also the town centre of Laufen itself (e. g. old part of the town, the castle square etc.). The predominance of neutrophyt vegetation along the much-frequented arterial roads and more sizable localities has led to the writer referring to these areas as forming a »neutrophyte zone«, this representing a special segment of *Zone III*. The reason for the overwhelming abundance of this specific lichen species may be ascribed to the road dust that frequently accumulates in that zone. The existence of a small *Zone IV* in the town centre may be attributed more to the unfavourable micro climate than to the effects of air pollution.

Unlike Salzburg, no *Zone V* is present in Laufen.

3. From physical measurements conducted in lichen zones of other towns it may be concluded that the SO₂ pollution in Laufen amounts to somewhere in the region of .01 to a maximum of .03 ppm. Dust pollution within the »neutrophyte zone« may be roughly estimated at .1 – .2 mg/cbm.

4. Applying the method described it cannot be ascertained as to whether the chemical plant situated in Burghausen exercises an influence on the quality of the air in Laufen.

5. Evaluation of the lichen zones also focuses on the special function of trees as air filters and moisturizers in an urban area.

The positive influence of the Salzach River on the urban climate likewise becomes apparent in the characteristic make-up of the zones.

6. Random investigation of decaying forest and woodland stretches in the area surrounding Laufen has shown that the trees thus effected are to be found located in *Zone I* (= normal zone in which the air reveals a relatively low degree of air pollution). There are assumptions of SO₂ not possibly being the principal cause of forest decay.

7. A comparison involving the lichen zones in Laufen with those in Salzburg indicates that Laufen is able to lay claim to possessing the more favourable air status.

6. Literatur

AKADEMIE f. NATURSCHUTZ u. LANDESPFLEGE (1983):

Informationen 1; Laufen

BARKMANN, J. J. (1958):

Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. 628 S.; Assen

BESCHEL, R. V. (1958):

Flechtenvereine der Städte; Stadtflechten und ihr Wachstum. Ber. nat. med. Ver. Innsbruck. 52: 1 – 158; Innsbruck

DITTMANN, Ch. (1982):

Regensburg, Stadtklima und Luftverschmutzung. Acta Albert. Ratisbon. 41: 1 – 336; Regensburg

DJALALI, B. et. al. (1974):

Flechtenkartierung und Transplantatuntersuchungen im Stadtgebiet von Stuttgart. Verh. Ges. Ökologie: 41 3 – 41 9; Saarbrücken

GOPPEL, Ch. (1976):

Verbreitung und Ökologie von Rindenflechten im Stadtgebiet von Regensburg – Ihr Zeigerwert für Stadtklima und Luftverschmutzung. Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges. 35: 5 – 102; Regensburg

HAWKSWORTH, D. L. and ROSE, F. (1970):

Qualitative scale for estimating sulfur dioxide pollution in England and Wales using epiphytic lichens. Nature London. 227: 148 S., London

JÜRGING, P. (1975):

Epiphytische Flechten als Bioindikatoren der Luftverunreinigung. Bibliotheca Lichenologica. 4: 1 – 174; Lehre

KILIAS, H. (1974):

Die epiphytische Flechtenvegetation im Stadtgebiet von Erlangen. Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges. 33: 99 – 170; Regensburg

LANDESAMT f. UMWELTSCHUTZ, Bayer. (1975):

Lufthygienischer Jahresberichte. Schriftenreihe Luftreinhaltung; München

LANDESANSTALT f. IMMISSIONSSCHUTZ d. L.

NORDRHEIN-WESTFALEN (1982):

Waldschäden durch Ozon? Kurzinfor Nr. 20; Essen

LANDESVERMESSUNGSAMT, Bayer. (1979):

Topographische Karte von Laufen. L 8142. München

MUDD, J. B. and KOLZLOWSKI (1975):

Responses of Plants to Airpollution. Academic Press; New York – San Francisco – London

RITSCHEL, G. (1977):

Verbreitung und Soziologie epiphytischer Flechten in Nordwestbayern. Bibliotheca Lichenologica. 7: 1 – 191; Vaduz

RUDOLF, E. (1982):

Erfassung der Immissionsbelastung ländlicher Ökosysteme, Laufener Seminarbeiträge 2/82: 54 – 61, Laufen

SCHÖNBECK, H. (1969):

Eine Methode zur Erfassung der biolog. Wirkung von Luftverunreinigungen durch transplantierte Flechten. Staub- und Reinhaltung der Luft. 29: 14 – 18

TÜRK, R. und ZIEGELBERGER, G. (1982):

Die Luftqualität im Stadtgebiet von Salzburg – dargestellt anhand der Verbreitung epiphytischer Flechten. Amt der Salzburger Landesr. Schriftenreihe Luftgüteuntersuchung: 78 – 141; Salzburg

WETTERAMT MÜNCHEN (o. J.):

Niederschlagswerte Bayern. Darin ehemaliger Lkr. Laufen, München

WIRTH, V. (1980):

Flechtenflora. Ökolog. Kennz. u. Best. d. Flechten Südwestdeutschlands und angrenzender Gebiete. UTB 1062: 1 – 552; Stuttgart

Anschrift des Verfassers:

Christoph Goppel, Akad. Rat
Institut für Didaktik d. Biologie
Universität Regensburg
Universitätsstraße 31
8400 Regensburg

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege \(ANL\)](#)

Jahr/Year: 1984

Band/Volume: [8_1984](#)

Autor(en)/Author(s): Goppel Christoph

Artikel/Article: [Emittentenbezogene Flechtenkartierung im Stadtgebiet von Laufen 4-21](#)