

Im Auftrag des Magistrates der Stadt Linz/  
Amt für Umweltschutz

ROMAN TÜRK, HELMUT WITTMANN,  
SUSANNE ROTH u. ISOLDE WÖGERER

## DIE LUFTQUALITÄT IM STADTGEBIET VON LINZ – UNTERSÜCHUNGEN ÜBER DEN EPIPHYTISCHEN FLECHTENBEWUCHS IM BEZUG ZUR SCHADSTOFFBELASTUNG

(23 Abbildungen)

Anschrift der Verfasser:

Univ.-Prof. Dr. Roman TÜRK –  
Dr. Helmut WITTMANN

Institut für Ökologie, Haus der Natur,  
A-5020 Salzburg, Arenbergstraße 10  
Mag. Susanne ROTH

Universität Salzburg, Institut für Pflanzenphysiologie,  
Abt. Ökophysiologie,

A-5020 Salzburg, Hellbrunner Straße 34

Mag. Isolde WÖGERER

A-4020 Linz/Donau, Prechtlerstraße 44

### EPIPHYTIC LICHENS AND AIR QUALITY IN LINZ (UPPER AUSTRIA, AUSTRIA)

#### SUMMARY

To evaluate the biological impact of air pollution mapping studies on lichens were carried out in Linz (Upper Austria, Austria) during 1986 to 1988. 82 epiphytic lichen species were found in the area of Linz.

In comparison to the results of HOISLBAUER (1979, 1982) the area of the very high and high polluted zones (zones 5 and 4) increased significantly. The pattern of the distribution of selected lichen species, the size of thalli and the visible injury indicate direct effects of air pollution from local air pollution sources in the area of Linz. According to the visible damage effects SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> are the main components of the air pollution.

## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einleitung . . . . .	458
2. Material und Methode . . . . .	459
3. Ergebnisse . . . . .	461
3.1 Artenliste . . . . .	461
3.2 Flechtenzonen . . . . .	478
4. Diskussion . . . . .	480
4.1. Diskussion der Zonenkriterien . . . . .	480
4.2. Diskussion der Ergebnisse . . . . .	484
5. Zusammenfassung . . . . .	488
6. Danksagung . . . . .	488
7. Literatur . . . . .	488

## 1. EINLEITUNG

Flechten, Doppelwesen aus Pilz (Mykobiont) und Algen (Photobiont) werden schon seit langer Zeit als Zeigerpflanzen (Indikatoren) für die Belastung der Atmosphäre mit Fremdstoffen herangezogen. Vor allem die epiphytischen Blatt- und Strauchflechten haben sich als äußerst empfindlich gegenüber dem Einfluß von sauer reagierenden Abgasen – hier vor allem  $\text{SO}_2$  und  $\text{NO}_x$  – aber auch dem Einfluß von Stäuben (z. B. WITTMANN & TÜRK 1988 a) erwiesen. Flechten sind zudem gegenüber den natürlichen Streßfaktoren, wie Hitze, Kälte und Trockenheit, im allgemeinen sehr widerstandsfähig, sodaß auf Grund der klimatischen Gegebenheiten für viele Flechtenarten unserer Breiten keine Verbreitungsgrenzen gesetzt sind. Ausgenommen sind hier nur jene Flechtenarten, die besonders hohe Ansprüche an hohe Luftfeuchtigkeit bzw. an ein enges Temperaturregime stellen und/oder eine sehr ausgeprägte Substratspezifität aufweisen. Viele der baumbewohnenden Flechten können als Ubiquisten angesehen werden – fehlen diese, so sind in den meisten Fällen andere Gründe als klimatische Veränderungen für ihr Verschwinden verantwortlich – eben die Luftverunreinigungen. Werden alle Faktoren berücksichtigt, die mit dem Einfluß von Luftverunreinigungen interferieren (vgl. WIRTH & TÜRK 1975 a, b; TÜRK & WIRTH 1975), lassen sich Zonen unterschiedlicher Immissionswirksamkeit ermitteln und Rückschlüsse auf den Belastungsgrad in einem bestimmten Gebiet ziehen.

Das Stadtgebiet von Linz wurde bereits vor mehr als zwanzig Jahren auf seinen epiphytischen Flechtenbewuchs mit Bezug auf den Einfluß von Luftverunreinigungen untersucht (BORTENSCHLAGER & SCHMIDT

1963). Diese Studie wurde nach der Methode von BESCHEL (1958) durchgeführt, bei der für die Zonenabgrenzung charakteristische Flechtenvereine bzw. Einzelarten („Zeigerarten“) herangezogen wurden.

HOISLBAUER (1979, 1982) führte eine immissionsbezogene Flechtenstudie im Großraum Linz durch, die durch weitergehende Untersuchungen über die Staubbelastung, die Leitfähigkeit und den Sulfatgehalt von Borken ergänzt wurden (STARKE 1983).

Im Zuge der immissionsbezogenen Flechtenkartierung in Österreich wurde das Stadtgebiet von Linz in den Jahren 1986 – 1988 erneut untersucht, um eventuelle Änderungen der Immissionsverhältnisse im Laufe der letzten zehn Jahre festzustellen.

Zudem war es von großem Interesse, die Schadbilder an Flechten in einem Gebiet mit durchschnittlich ständig hoher Luftbelastung zu erfassen und mit den Schadbildern, die in anderen Städten Österreichs aufgefunden wurden (z. B. Wien – CHRIST & TÜRK 1984; Klagenfurt – TÜRK & SEGER 1985; Salzburg – TÜRK & ZIEGELBERGER 1982, ROTH 1988), zu vergleichen.

## 2. MATERIAL UND METHODEN

Als Kartengrundlage dienten die Katasterpläne des Stadtvermessungsamtes der Stadt Linz im Maßstab 1:10.000. Das gesamte Stadtgebiet wurde in Quadranten mit 1 km Seitenlänge unterteilt, in welchen jeweils die zwölf mit Blattflechten am besten bewachsenen Laubbäume zur Beurteilung herangezogen wurden. Die Anzahl der kartierten Bäume lag knapp über 1500. Ca. 80 Prozent der untersuchten Phorophyten waren Apfel- und Birnbäume (*Pyrus* und *Malus* sp.). Diese Baumarten wurden ausgewählt, da sie häufig und relativ gleichmäßig über das Stadtgebiet verteilt sind, und da dadurch die Untersuchung mit den Studien von HOISLBAUER (1979, 1982) besser vergleichbar wird.

Für die Beurteilung wurde die halbe Stammabwicklung in einer Höhe von 1,20 m – 1,70 m herangezogen. Der Bewuchs jedes Baumes wurde durch eine flechtensoziologische Aufnahme dokumentiert, in der zusätzlich zu den üblichen Parametern (vgl. z. B. WIRTH 1972) der Deckungsgrad und die Schädigung der einzelnen Arten sowie die Größe und die Länge der Blatt- und Strauchflechten notiert wurden. Diese Aufnahmeblätter sowie die Katasterpläne mit den genau eingezeichneten Aufnahmeorten werden – als exakte Grundlage für Folge-

studien – am Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Salzburg verwahrt. Die Herbarbelege der angeführten Taxa liegen größtenteils im Herbarium des Institutes für Botanik der Universität Salzburg (SZU), einige werden auch in den Privatherbarien der Autoren verwahrt.

Als Grundlage für die Einstufung in eine der fünf Flechtenzonen wurde der von TÜRK & ZIEGELBERGER (1982) ausgearbeitete Bewertungsschlüssel herangezogen:

Zone 1: Keine Belastung feststellbar, Flechtenbewuchs normal entwickelt, Flechten weitgehend ungeschädigt.

Zone 2: Schwach belastete Zone, Blatt- und Strauchflechten vorherrschend, Deckungsgrad der Blatt- und Strauchflechten auf der Aufnahme­fläche über 25 Prozent, Schädigungsgrad der Blatt- und Strauchflechten unter 10 Prozent, Schädigungen vor allem an den Lobenenden.

Zone 3: Mittel belastete Zone, Deckungsgrad der Blatt- und Strauchflechten bis 25 Prozent, Thallusdurchmesser der Blattflechten über 1,5 cm, Schädigungsgrad der Blattflechten bis 25 Prozent.

Zone 4: Stark belastete Zone, Deckungsgrad der Blatt- und Strauchflechten bis 5 Prozent, Thallusdurchmesser der Blattflechten bis 1,5 cm, Schädigungsgrad der Blattflechten 25 – 50 Prozent.

Zone 5: Sehr stark belastete Zone, Deckungsgrad der Blatt- und Strauchflechten unter 1 Prozent (mit Ausnahme von *Phaeophyscia orbicularis*), zumeist vereinzelte, sehr kleine, stark geschädigte Exemplare am Stammgrund oder in Borkenrissen, Thallusdurchmesser der Blattflechten unter 5 mm, Schädigungsgrad über 50 Prozent.

Von 20 ausgewählten Flechtenarten wurden Verbreitungskarten gezeichnet. Diese repräsentieren nicht uneingeschränkt die tatsächliche Verbreitung der Flechten im Stadtgebiet, sondern nur die Verbreitung auf den aufgenommenen Bäumen, d. h. auf den bestbewachsenen Phorophyten eines Kartierungsquadranten. Damit zeigen sie bei empfindlichen Arten zwar das aktuelle Areal im Stadtgebiet auf, resistente Krustenflechten sind jedoch in wenig belasteten Gebieten unterrepräsentiert, da ihre Abundanz mit zunehmender Häufigkeit der Blattflechten abnimmt.

Bezüglich der Geologie und der lokalklimatischen Situation des Untersuchungsgebietes sei auf die sehr ausführlichen Darstellungen bei HOISLBAUER (1979) und STARKE (1983) verwiesen.

### 3. ERGEBNISSE

#### 3.1. Artenliste

In die folgende Artenliste wurden nur Arten aufgenommen, die sicher identifiziert werden konnten. Vor allem in den stark belasteten Gebieten wurden mehrfach sterile Thalli gefunden, die nicht eindeutig zu determinieren waren. Die Tatsache, daß sich unter den aufgeführten Taxa sogar ein Neufund für das Bundesland Oberösterreich befindet, gibt einen Hinweis auf die intensive Durchforschung des Untersuchungsgebietes.

*Arthonia dispersa* (SCHRADER) NYL.:

Unscheinbarer Pionier auf der glattrindigen Borke junger Laubbäume. Neu für Oberösterreich!

*A. radiata* (PERS.) ACH.:

Im oberösterreichischen Zentralraum weit verbreitete Art, im Untersuchungsgebiet nur wenige Male nachgewiesen.

*Bryoria fuscescens* (GYELNIK) BRODO & HAWKSWORTH:

Bei den vier vorliegenden Funden aus dem Linzer Stadtgebiet handelt es sich um einfädige, maximal 1 cm lange Rudimente dieser sonst stattlichen Art. Aus der unmittelbaren Linzer Umgebung liegen aus der Zeit vor dem 2. Weltkrieg bis 25 cm lange Exemplare dieser Art im Herbarium des Linzer Landesmuseums (vgl. Abb. 1).

*Buellia alboatra* (HOFFM.) TH. FR.:

Diese Flechtenart war einst in Oberösterreich verbreitet (vgl. POETSCH & SCHIEDERMAYR 1872). Sie zählt heute zu den großen Raritäten der heimischen Flechtenflora.

*B. punctata* (HOFFM.) MASSAL.:

Die häufigste Flechte im Untersuchungsgebiet. Die Art wurde sicherlich durch den immissionsbedingten Rückgang der Blattflechten gefördert (vgl. Abb. 2).

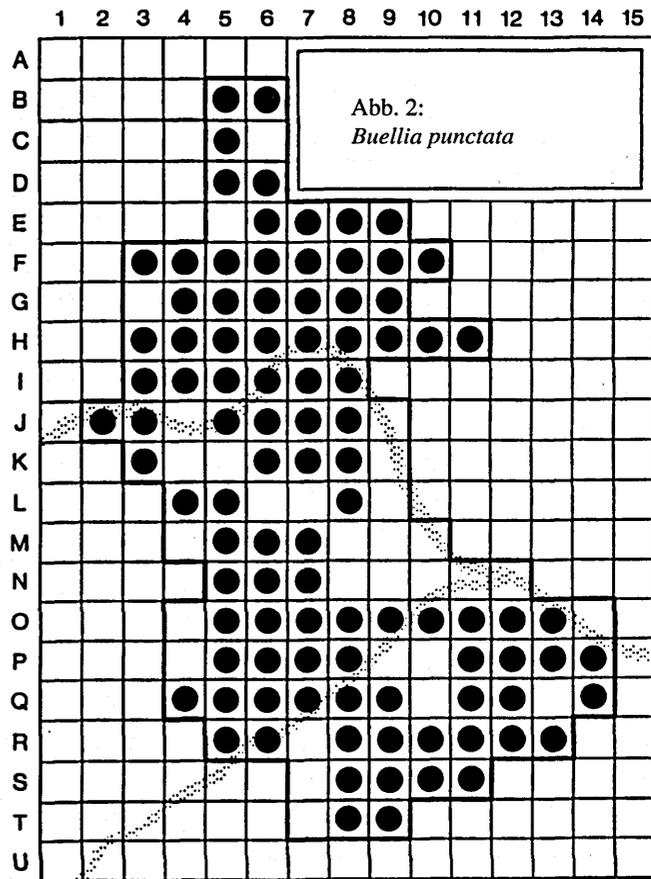
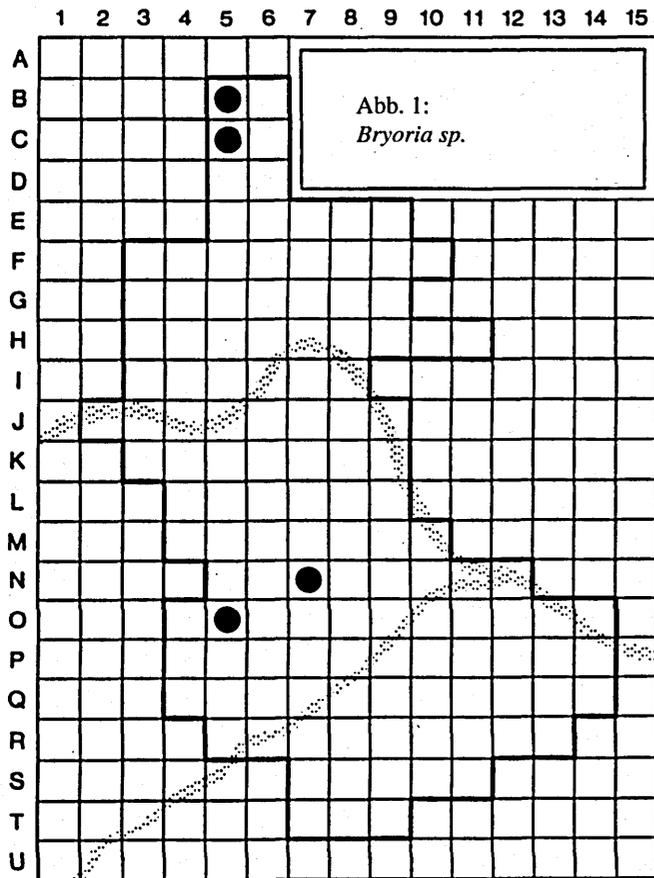
*Caloplaca cerina* (EHRH. ex HEDW.) TH. FR.

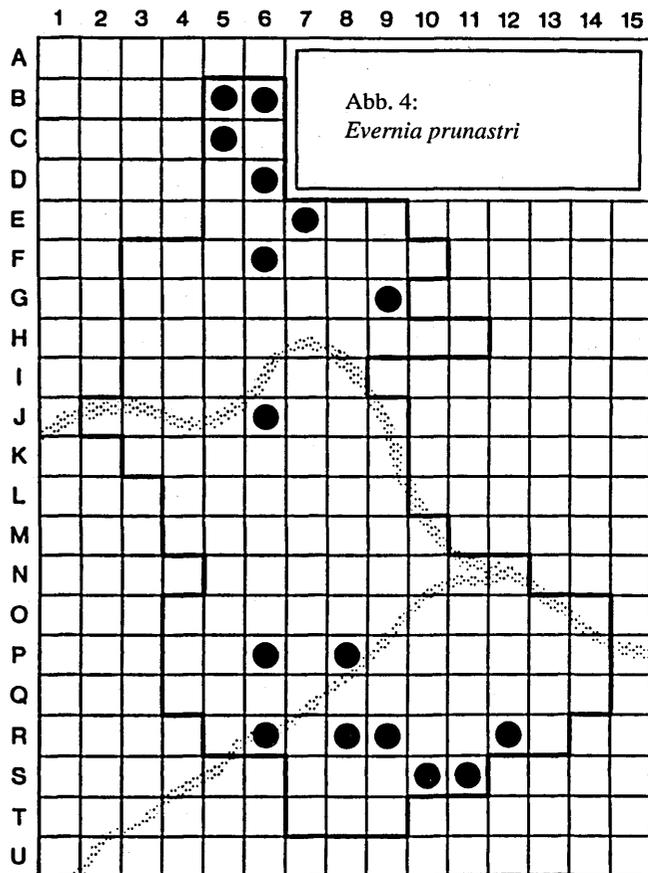
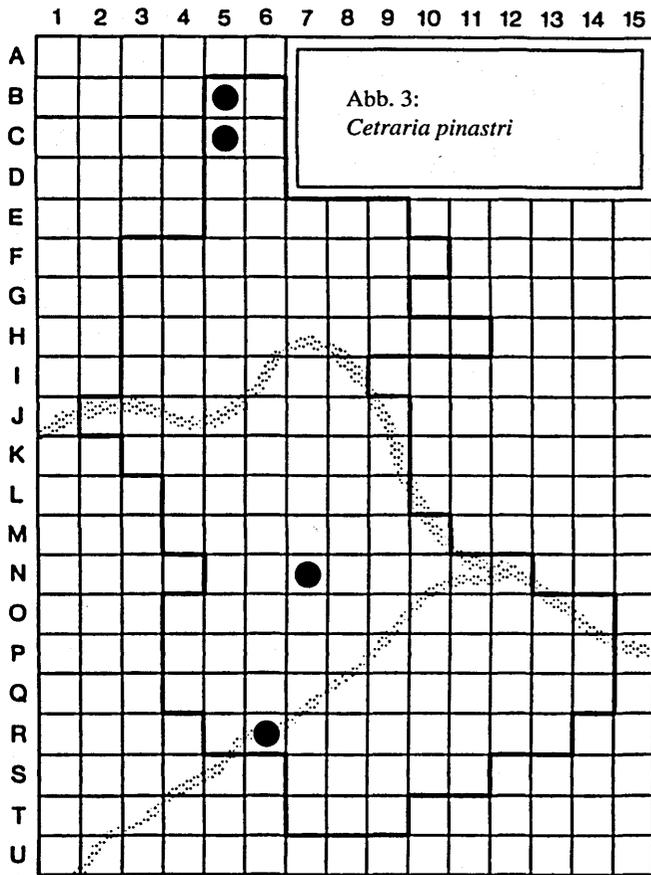
*C. cerinella* (NYL.) FLAGEY

*C. holocarpa* (HOFFM.) WADE

*Candelaria concolor* (DICKSON) STEIN

*Candelariella aurella* (HOFFM.) ZAHLBR.:





Diese normalerweise auf Kalkgestein, Mörtel und ähnlichen Substraten vorkommende Art wurde nur einmal auf stark staubimprägnierter Borke gefunden.

*C. efflorescens* HARRIS & BUCK:

Diese aus Amerika beschriebene und in Europa großteils verkannte Art wurde bisher erst wenige Male aus Österreich gemeldet (z. B. TÜRK & WITTMANN 1987). Sie tritt im Untersuchungsgebiet zerstreut auf.

*C. reflexa* (NYL.) LETTAU:

Diese ebenfalls lange Zeit verkannte Art wurde vor allem auf Obstbäumen in den randlichen Bereichen des Stadtgebietes relativ häufig aufgefunden.

*C. vitellina* (HOFFM.) MÜLL. ARG.:

Einzelfund auf Borke von *Betula pendula*.

*C. xanthostigma* (ACH.) LETTAU:

Auf Laubbäumen im gesamten Gebiet häufig.

*Catillaria nigroclavata* (NYL.) SCHULER:

Eine seltene und unscheinbare Art, die erst wenige Male in Oberösterreich nachgewiesen wurde (vgl. WITTMANN & TÜRK 1987).

*Cetraria pinastris* (SCOP.) S. F. GRAY:

*Cetraria pinastris* ist eine im gesamten Alpenvorland seltene Art, die nur wenige Vorkommen im Stadtgebiet aufweist (vgl. Abb. 3).

*Chaenotheca ferruginea* (TURN. ex SM.) MIGULA:

Funde auf der Borke von *Quercus robur* und *Picea abies*.

*Chrysothrix candelaris* (L.) LAUNDON:

Einzelfund auf der Borke von *Quercus robur*.

*Cladonia coniocraea* auct.:

Wie die beiden folgenden Arten tritt auch diese *Cladonia*-Art vor allem zwischen Moosen und an der Oberseite stark geneigter Trägerbäume sehr zerstreut auf.

*C. fimbriata* (L.) FR.

*C. pyxidata* (L.) HOFFM.

*Evernia prunastri* (L.) ACH.:

Bei sämtlichen Nachweisen dieser Art im Untersuchungsgebiet wiesen die schlecht entwickelten Thalli schwerste Immissionsschäden auf. Die Lager erreichten maximal Längen von 1,5 cm. In den stärker belasteten Stadtbereichen fehlt die Art völlig (vgl. Abb. 4).

*Hyperphyscia adglutinata* (FLOERKE) MAYRH. & POELT:

Einzelfund auf der Borke von *Quercus robur*. Diese Flechte wurde bisher erst einmal in Oberösterreich nachgewiesen (Ennstal bei Weyer – TÜRK & WITTMANN 1984).

*Hypocenomyce scalaris* (ACH.) CHOISY:

Im Stadtgebiet selten (vgl. Abb. 5); die meisten Funde stammen von der Borke von *Betula pendula*, selten von *Pinus sylvestris* und *Prunus avium*.

*Hypogymnia physodes* (L.) NYL.:

Obwohl die Art in einem Großteil der Kartierungsquadranten registriert wurde (vgl. Abb. 6), ist sie durchaus nicht als häufig einzustufen; ihre Abundanz erscheint in der Quadrantendarstellung überrepräsentiert. Die aufgefundenen Thalli wiesen – außer in den als Zone 2 ausgewiesenen Bereichen – durchwegs Immissionsschäden (knorpeliger Wuchs, Rötungen der Thallusoberfläche, unterdurchschnittlich geringe Thallusgrößen) auf.

*Imshaugia aleurites* (ACH.) FRICKE MEYER (syn.: *Parmeliopsis aleurites* (ACH.) NYL.:

Von dieser Art liegen nur zwei Funde im Untersuchungsgebiet vor.

*Lecanora allophana* (ACH.) NYL.

*L. argentata* (ACH.) MALME (syn.: *L. subfuscata* H. MAGN.)

*L. carpinea* (L.) VAINIO

*L. chlarotera* NYL.:

Im Untersuchungsgebiet zerstreut; mehrere sterile, K+ gelb reagierende Thalli dürften allerdings zu dieser Art gehören.

*L. conizaeoides* NYL. ex CROMBIE:

Diese toxitolerante Art ist in Ausbreitung begriffen. Sie wird offensichtlich durch das Absterben anderer, empfindlicherer Blatt- und Krustenflechten gefördert. In den am stärksten belasteten Gebieten fehlt jedoch auch diese Art (vgl. Abb. 7).

*L. dispersa* (PERS.) SOMMERF.

*L. hagenii* (ACH.) ACH.

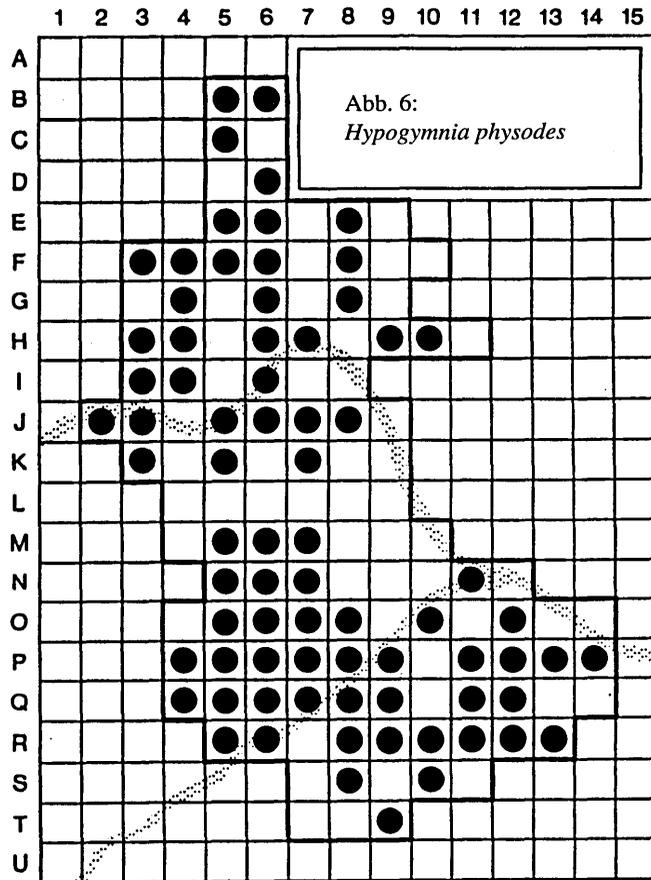
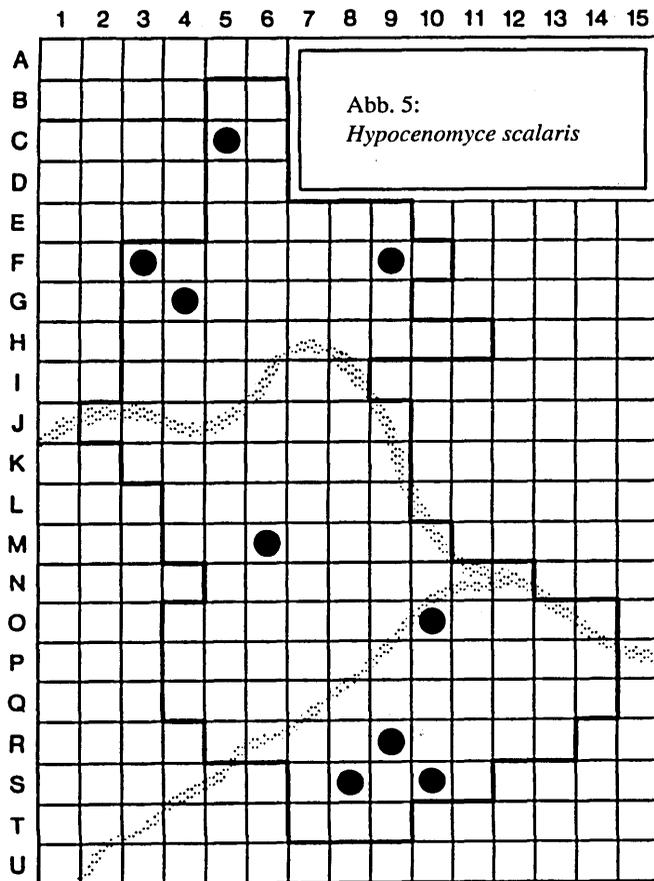
*L. pulicaris* (PERS.) ACH.

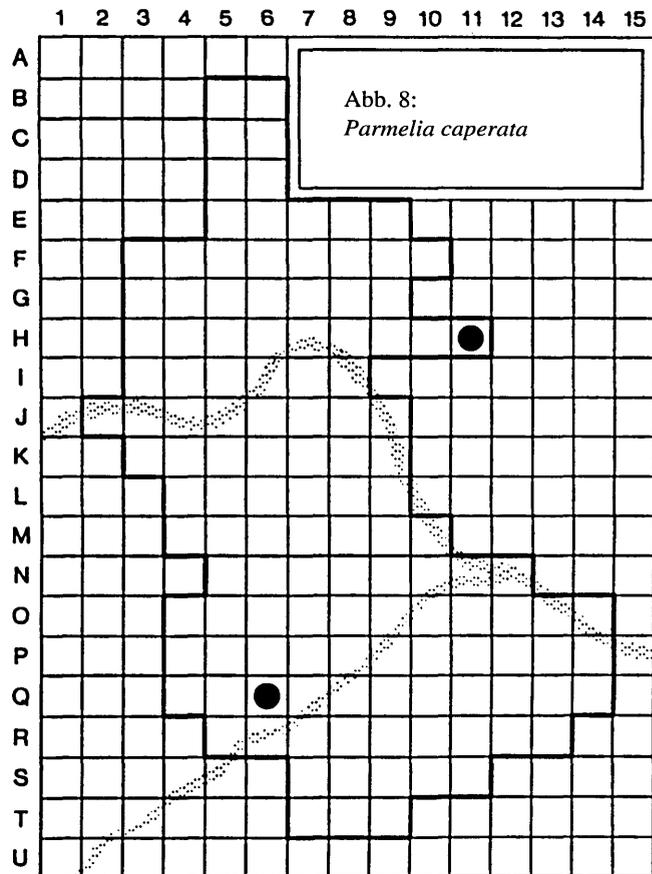
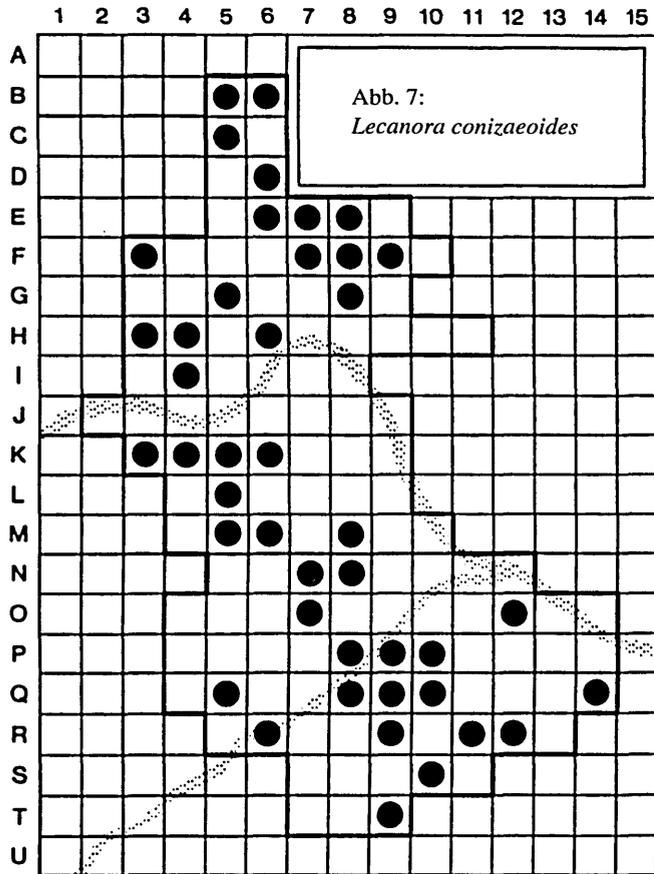
*L. saligna* (SCHRADER) ZAHLBR.

*L. symmicta* (ACH.) ACH.

*L. umbrina* (ACH.) MASSAL.

*L. varia* (HOFFM.) ACH.





Einzelfund auf der Borke von *Prunus avium*.

*Lecidella elaeochroma* (ACH.) HASZL.

*Lepraria incana* (L.) ACH.:

Unter dieser Sammelart werden sämtliche leprösen Krusten mit coccalen Grünalgen ohne ausgeprägte chemische Reaktionen zusammengefaßt; sie ist im gesamten Gebiet häufig.

*Normandina pulchella* (BORRER) NYL.:

Einzelfund auf der Borke von *Malus domestica*. Das Vorkommen dieser gemäßigt ozeanischen Art zeigt auf, daß der oberösterreichische Zentralraum aufgrund seiner klimatischen Bedingungen auch anspruchsvolleren Flechtengesellschaften Lebensraum bieten würde. Das registrierte Vorkommen dieser Art kann als letzter Rest dieser feuchte liebenden Flechtensynusien aufgefaßt werden.

*Opegrapha atra* PERS.

*Parmelia acetabulum* (NECKER) DUBY (syn.: *Melanelia acetabulum* (NECKER) ESSL.):

Diese in ganz Oberösterreich seltene Art wurde im Untersuchungsgebiet nur zweimal auf Borke von *Pyrus sp.* gefunden. BORTENSCHLAGER & SCHMIDT (1963) geben diese Art wesentlich häufiger an.

*P. caperata* (L.) ACH. (syn.: *Flavoparmelia caperata* [L.] HALE):

Obwohl die Art in der Donauniederung von Natur aus optimale Wuchsbedingungen vorfinden würde, ist sie im gesamten Untersuchungsgebiet äußerst selten (vgl. Abb. 8). Sie wurde nur zweimal in stark geschädigten Exemplaren aufgefunden.

*P. elegantula* (Z AHLBR.) SZAT. (syn.: *Melanelia elegantula* [Z AHLBR.] ESSL.):

Auf der Borke von Birn- und Apfelbäumen zerstreut.

*P. exasperatula* NYL. (syn.: *Melanelia exasperatula* [NYL.] ESSL.):

*Parmelia exasperatula* kommt – außer in den sehr stark belasteten Bereichen – im Gebiet zerstreut vor (vgl. Abb. 9).

*P. flaventior* STIRTON (syn.: *Flavopunctelia flaventior* [KROG] HALE):

Wie bereits HOISLBAUER (1979) erwähnt, tritt *Parmelia flaventior* im oberösterreichischen Zentralraum gegenüber ihrer Schwesternart *P. caperata* gänzlich in den Vordergrund (vgl. Abb. 10). Dieses Phänomen dürfte für Ballungsräume typisch sein (vgl. ROTH 1988).

*P. glabratula* (LAMY) NYL. syn.: *Melanelia glabratula* [LAMY] ESSL.):

*Parmelia glabratula* ist im gesamten Stadtgebiet zerstreut, sie meidet

jedoch auffällig die stark belasteten Zonen (vgl. Abb. 11).

*P. saxatilis* (L.) ACH.:

Selten auf der Borke von *Salix* sp., *Robinia pseudacacia* und *Fraxinus excelsior*.

*P. subargentifera* NYL. (syn.: *Melanelia subargentifera* [NYL.] ESSL.):

Zerstreut auf der staubimprägnierten Borke von Laubbäumen, v. a. im südlichen Stadtgebiet (vgl. Abb. 12).

*P. subrudecta* NYL. (syn.: *Punctelia subrudecta* [NYL.] KROG):

Mit Ausnahme der stark belasteten Zonen zerstreut (vgl. Abb. 13).

*P. sulcata* TAYLOR:

*Parmelia sulcata* ist die häufigste *Parmelia*-Art im Untersuchungsgebiet. Sie dringt tief in die stark belasteten Zonen ein, ist dort jedoch nur mehr in kümmerlichen Fragmenten vorhanden. Ihre überdurchschnittlich große Häufigkeit vor allem im Vergleich mit Krustenflechten, wie *Buellia punctata* und *Candelariella xanthostigma*, ist auf die Methodik der Kartierung zurückzuführen: Durch die Auswahl der am besten mit Blattflechten bewachsenen Phorophyten wurde die häufigste Blattflechte – eben *Parmelia sulcata* – nahezu überall erfaßt (vgl. Abb. 14).

*P. tiliacea* (HOFFM.) ACH. (syn.: *Parmelina tiliacea* [HOFFM.] HALE):

Sie fehlt in den stark belasteten Zonen (vgl. Abb. 15), erreicht jedoch in den Randbereichen des Untersuchungsgebietes lokal hohe Deckungswerte.

*Parmeliopsis ambigua* (WULFEN) NYL.:

Die Art ist – wie in der gesamten Donauniederung – auch im Stadtgebiet von Linz sehr selten (vgl. TÜRK & WITTMANN 1984).

*Pertusaria albescens* (HUDSON) CHOISY & WERNER var. *albescens*:

Vor allem auf der Borke von Birn- und Apfelbäumen verbreitet.

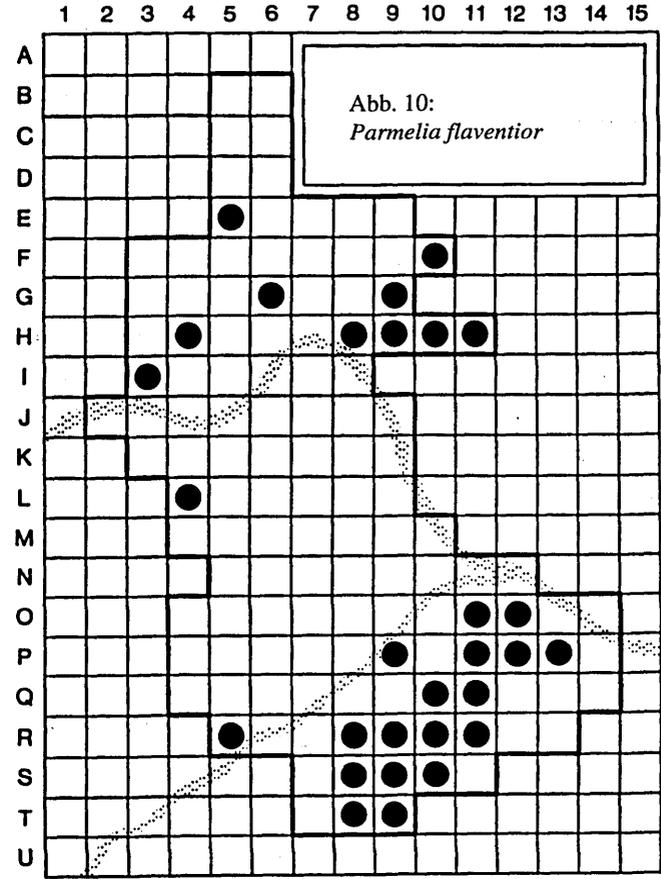
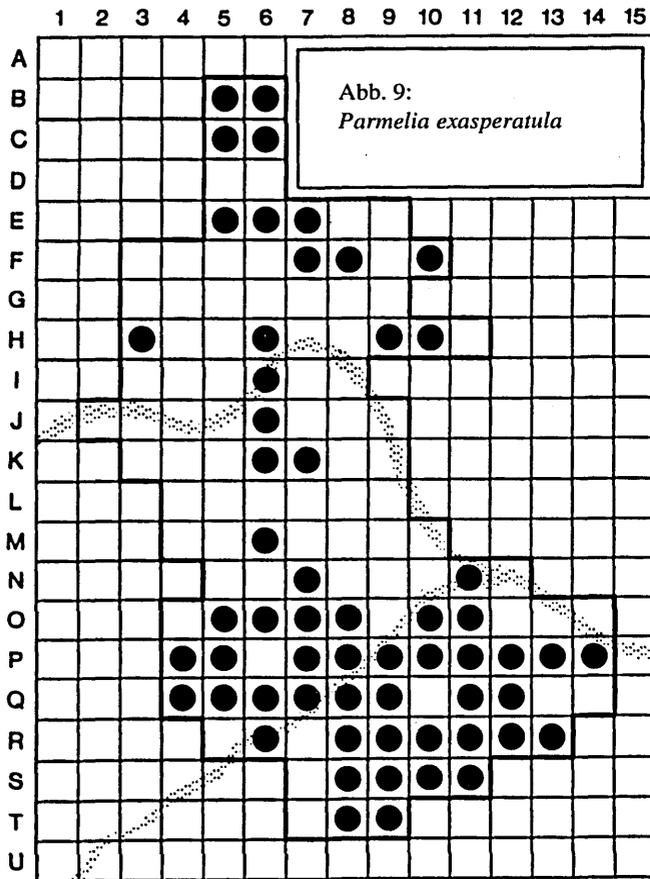
*P. amara* (Ach.) NYL.:

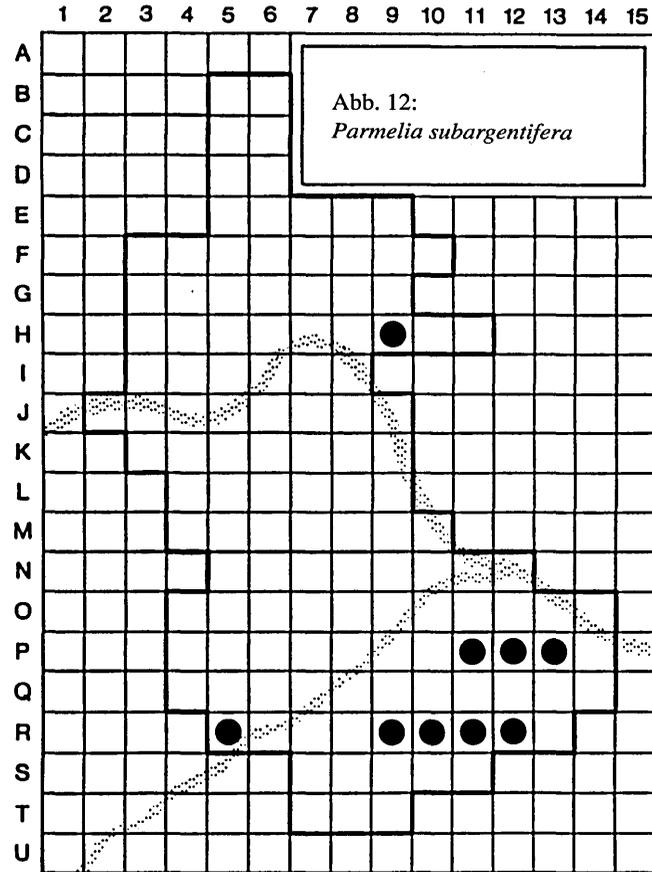
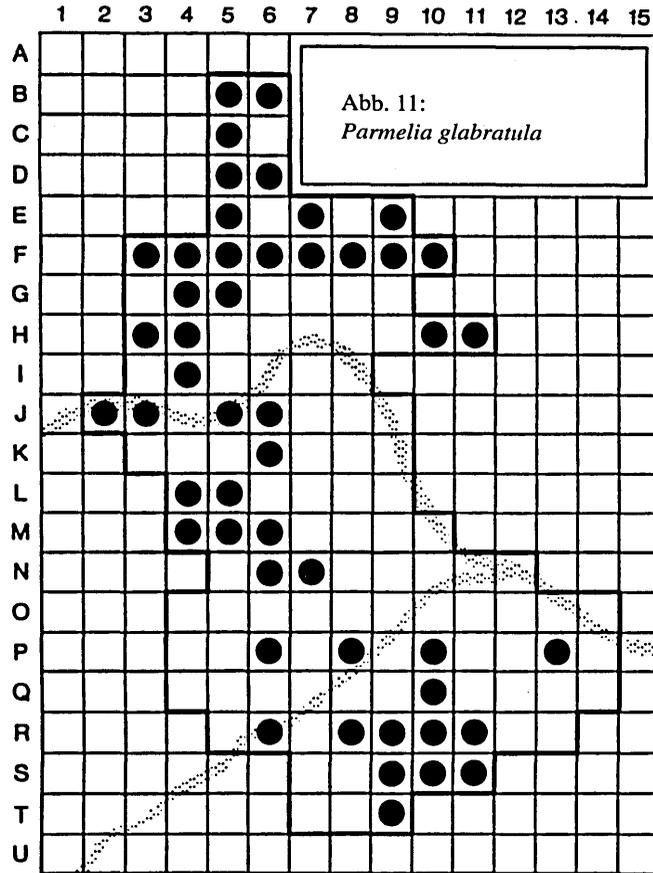
Auf der glatten Borke von Laubbäumen in den Randbereichen des Untersuchungsgebietes selten.

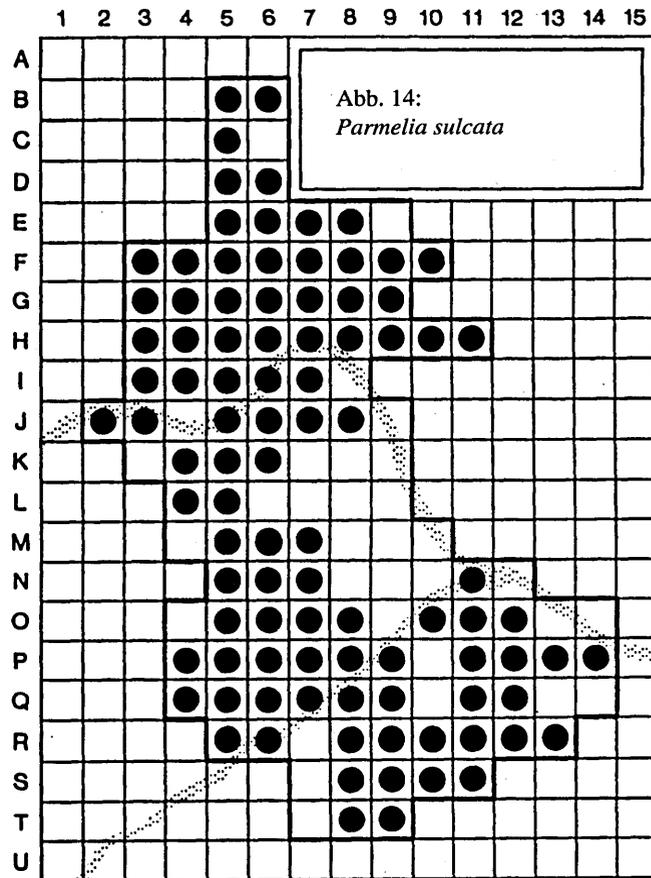
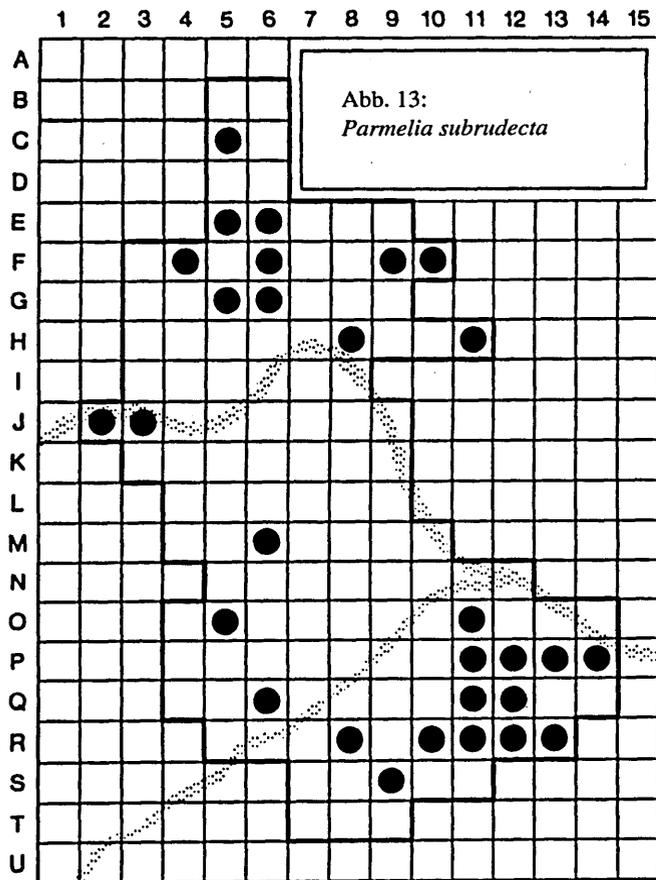
*Phaeophyscia chloantha* (ACH.) MOBERG (syn.: *Physcia luganensis* MERESCHK.):

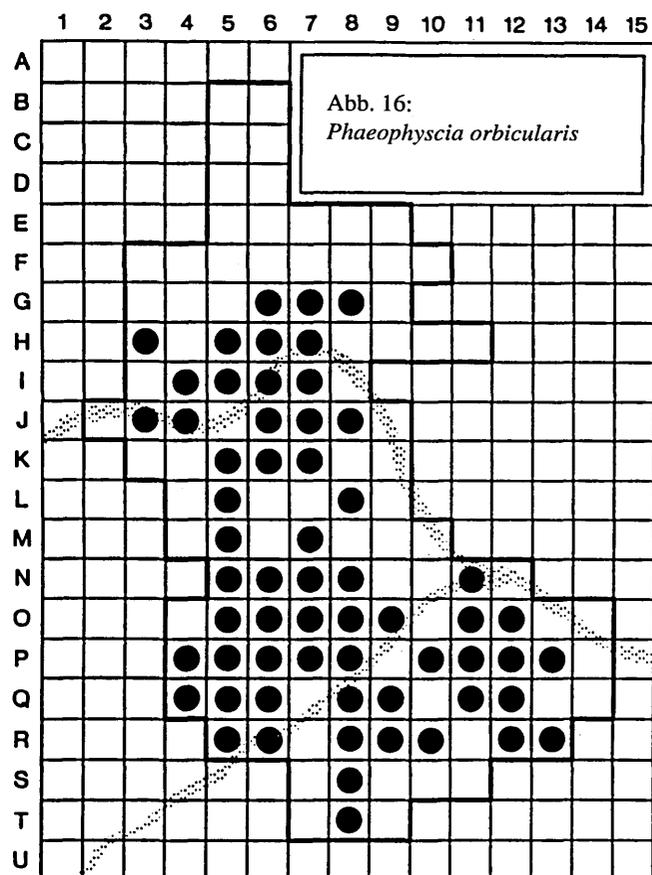
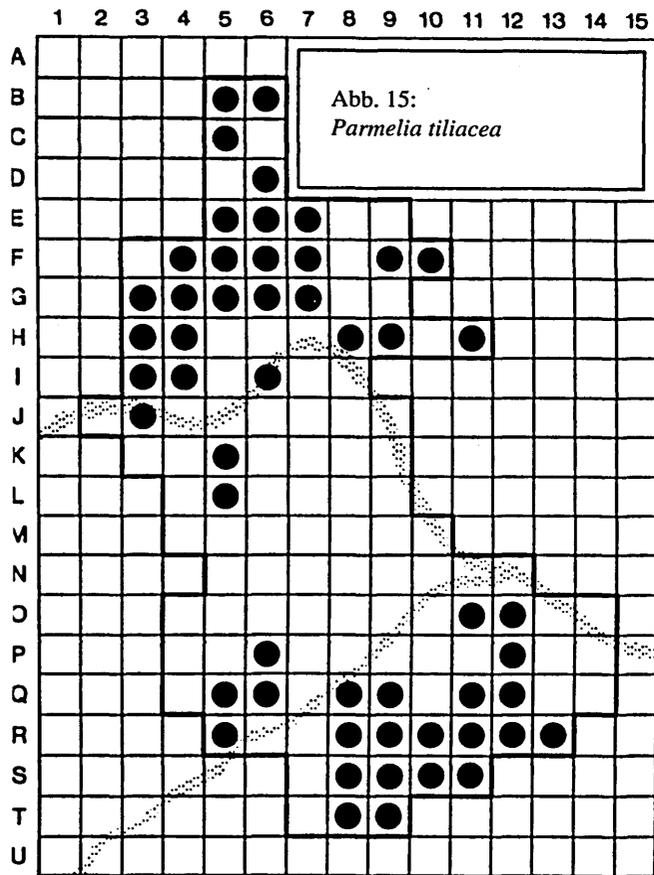
Einzelfund auf der bemoosten Borke von *Populus nigra*. Diese Art ist hygrysch anspruchsvoll und ist – wie *Normandina pulchella* – ein Hinweis auf die von Natur aus günstigen Lebensbedingungen für Flechten im Untersuchungsgebiet.

*Ph. endophoenicea* (HARM.) MOBERG (syn.: *Physcia endophoenicea*









[HARM.] SANTHA):

Die Art ist mit *Phaeophyscia chloantha* nahe verwandt, auch ihre ökologischen Ansprüche sind sehr ähnlich. Die oben erläuterte Interpretation ist daher auch für diese Art in gleicher Weise gültig.

*Ph. nigricans* (FLOERKE) MOBERG (syn.: *Physcia nigricans* [FLOERKE] STIZENB):

Auf staubimprägnierter Laubbaumborke selten.

*Ph. orbicularis* (NECKER) MOBERG (syn.: *Physcia orbicularis* [Necker] POETSCH):

*Phaeophyscia orbicularis* ist eine äußerst toxitolerante Art, die bis in stark belastete Gebiete vordringt (vgl. Abb. 16).

*Phlyctis argena* (SPRENGEL) FLOTOW:

Auf der Borke von Laubbäumen zerstreut.

*Physcia adscendens* (FR.) H. OLIVIER:

Relativ toxitolerante, vor allem eutrophierungsresistente Art, im gesamten Gebiet häufig.

*Ph. aipolia* (EHRH. ex HUMB.) FÜRNR.:

In den Randzonen des Untersuchungsgebietes selten.

*Ph. dubia* (HOFFM.) LETTAU:

Auf eutrophierten Borken – vor allem von *Populus sp.* – zerstreut. Die systematische Stellung der borkenbewohnenden Sippe innerhalb des Artenkomplexes von *Ph. dubia* ist noch nicht völlig geklärt.

*Ph. stellaris* (L.) NYL.:

Auf der Borke von Laubbäumen sehr selten.

*Ph. tenella* (SCOP.) DC.:

Im Gebiet hinsichtlich Ökologie und Verbreitung wie *Phaeophyscia orbicularis*.

*Physconia distorta* (WITH.) LAUNDON (syn.: *Ph. pulverulenta* [SCHREBER] POELT):

Wie auch die drei folgenden *Physconia*-Arten ist *Ph. distorta* auf der staubimprägnierten Borke von Laubbäumen im Stadtgebiet selten.

*Ph. enteroxantha* (NYL.) POELT

*Ph. farrea* (ACH.) POELT (syn.: *Ph. perisidiosa* [ERICHSEN] MOBERG)

*Ph. grisea* (LAM.) POELT

*Pseudevernia furfuracea* (L.) ZOPF var. *furfuracea*:

Mit Ausnahme der sehr stark belasteten Gebiete im Stadtgebiet von

Linz zerstreut (vgl. Abb. 17). Ihre Thalli wiesen jedoch im gesamten Gebiet schwerste Immissionschäden auf und erreichten kaum Längen von 1 cm.

*P. furfuracea* (L.) ZOPF var. *ceratea* (ACH.) HAWKSW.:

Einzelfund auf der Borke von *Betula pendula*.

*Ramalina pollinaria* (WESTR.) ACH.:

*R. pollinaria* meidet weitgehend die stärker belasteten Gebiete (vgl. Abb. 18); bei sämtlichen kartierten Vorkommen handelt es sich um schlecht entwickelte oder subletale Exemplare.

*Rinodina pyrina* (ACH.) ARNOLD:

Einzelfund auf der Borke von *Populus* sp.

*Scoliciosporum chlorococcum* (STENHAM.) VEZDA:

Toxitolerante Art mit ähnlichen Ansprüchen und Verbreitungstendenzen wie *Lecanora conizaeoides*.

*Strangospora pinicola* (MASSAL.) KOERBER:

Funde auf der Borke eines Trompetenbaums und von zwei Pappeln. Von dieser Art liegen aus Oberösterreich bisher erst wenige Fundmeldungen vor (vgl. TÜRK & WITTMANN 1984, TÜRK et al. 1987). Wie bereits bei ROTH (1988) ausgeführt wurde, dürfte die große habituelle Ähnlichkeit dieser Flechte mit der sehr häufigen Art *Scoliciosporum chlorococcum*, von der sie nur mit Hilfe mikroskopischer Analyse getrennt werden kann, der Grund für ihre „Seltenheit“ sein.

*Trapelia flexuosa* (FR.):

Einzelfund auf der Borke von *Betula pendula* (Stammgrund).

*Usnea subfloridana* STIRTON.

Die Art kommt nur in den relativ wenig durch Schadstoffe beeinflussten Randbereichen des Untersuchungsgebietes und dort nur in kümmerlichen Exemplaren vor. Die in Abb. 19 dargestellte Verbreitung beinhaltet auch Funde von stark immissionsgeschädigten, nicht näher determinierbaren Thallusfragmenten.

*Xanthoria candelaria* (L.) TH. FR.:

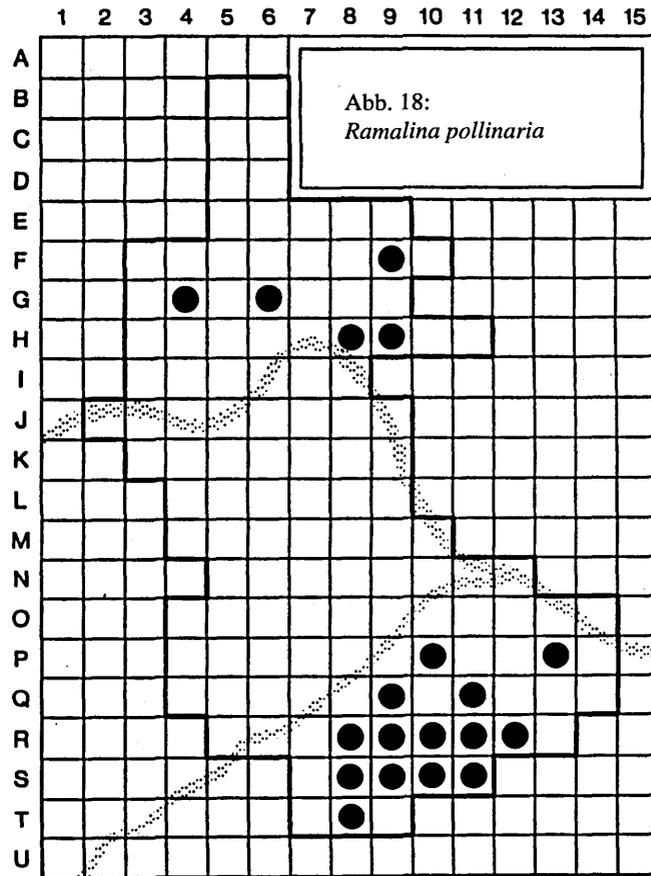
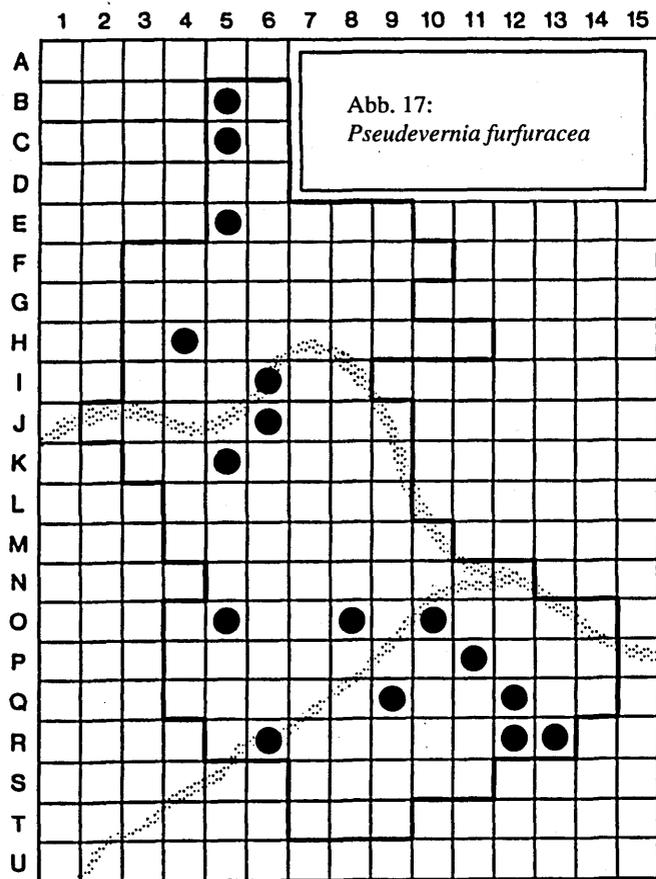
An stark eutrophierter Borke von Laubbäumen zerstreut.

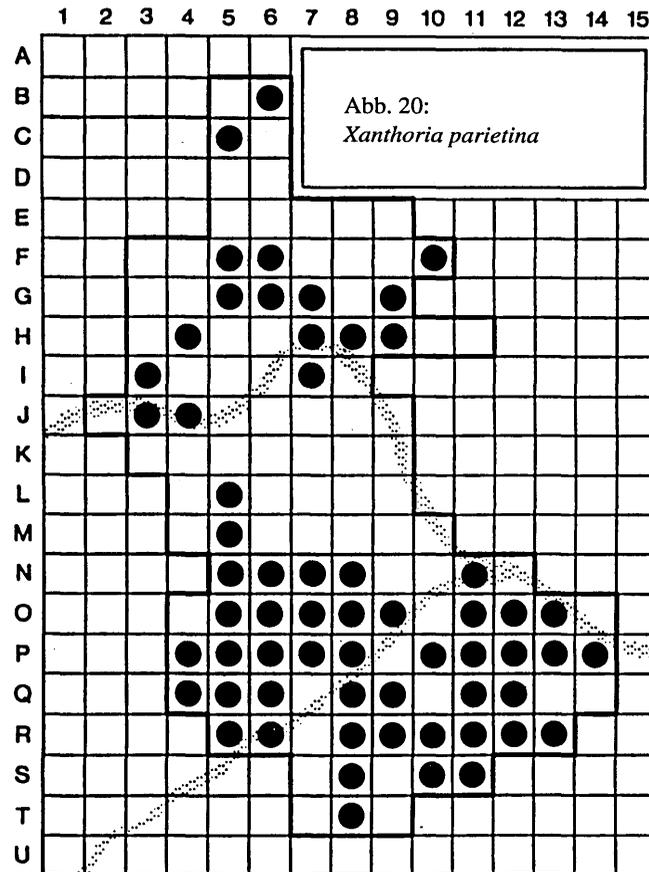
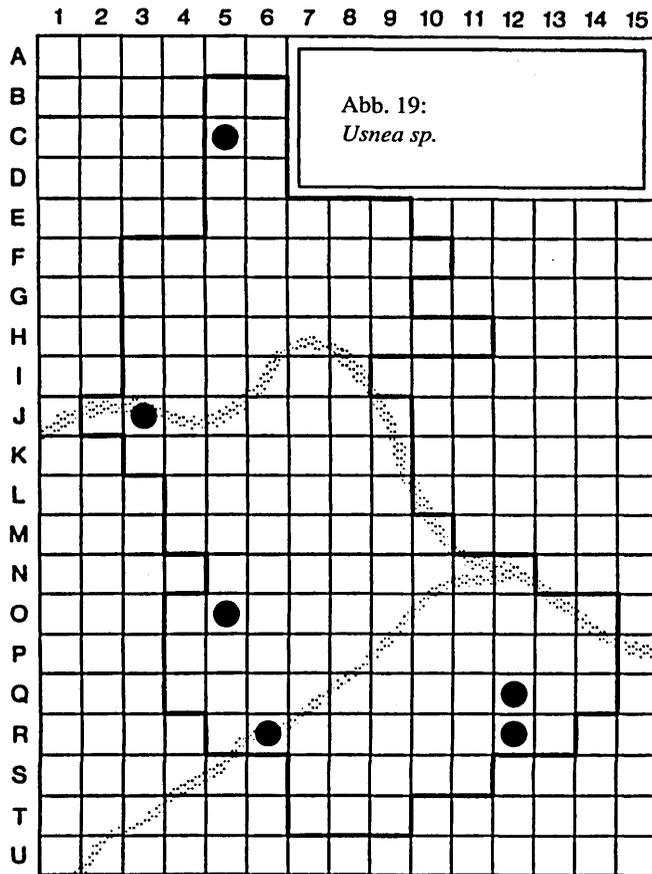
*X. fallax* (HEPP) ARNOLD:

Im Untersuchungsgebiet ähnlich *Xanthoria candelaria*.

*X. parietina* (L.) TH. FR.:

Mit Ausnahme der am stärksten belasteten Bereiche auf der meist eutrophierten Borke von Laubbäumen im Untersuchungsgebiet verbreitet (vgl. Abb. 20).





*X. polycarpa* (HOFFM.) RIEBER:

Auf der eutrophierten Borke von Laubbäumen, v. a. *Populus sp.*, zerstreut.

### 3.2. Flechtenzonen (vgl. Abb. 21)

#### Zone 1:

Eine unbelastete Zone 1 kann im Untersuchungsgebiet nirgends mehr ausgewiesen werden. Selbst an den Abhängen des Mühlviertels, wo die Flechtensynusien in bezug auf Artengarnitur und Deckungsgrad den günstigen Klimabedingungen entsprechend gut entwickelt sind, weisen empfindliche Arten wie *Pseudevernia furfuracea* und *Evernia prunastri* stets deutliche Spitzennekrosen auf. Es ist auffällig, daß Fichten – selbst in klimatisch und immissionsökologisch begünstigten Lagen – stets ohne Blatt- und Strauchflechtenbewuchs sind.

Auch in weiterer Entfernung vom Stadtgebiet, wie z. B. im Mühlviertel und im Alpenvorland, konnten schon in den letzten Jahren empfindliche Blatt- und Strauchflechten nicht mehr ungeschädigt nachgewiesen werden (vgl. KRIEGER & TÜRK 1986; WITTMANN & TÜRK 1988 b, c).

#### Zone 2:

Diese Zone wird überall dort ausgewiesen, wo die Blattflechten und z. T. die geschädigten Strauchflechten *Ramalina pollinaria* und *Evernia prunastri* relativ hohe Deckungswerte erreichen. Die dominierenden Blattflechten auf Obstbäumen sind *Parmelia sulcata* und *P. tiliacea*. Die beiden Arten erreichen hier Thallusdurchmesser bis 5 cm und stellenweise darüber, sind jedoch in vielen Fällen deutlich geschädigt (Rotverfärbung und Ausbleichen der Lobenenden, Algenüberzüge). Die Zone 2 erstreckt sich an den Abhängen der Böhmisches Masse (Pöstlingberg, Talflanken des Haselgrabens) oberhalb der Inversionsobergrenze.

#### Zone 3:

Diese Zone ist nur mehr als schmaler Ring in den weniger dicht besiedelten und orographisch begünstigten randlichen Bereichen des Stadtgebietes ausgebildet. Die Thallusgrößen nehmen drastisch ab, ungeschädigte Blattflechten kommen hier nicht mehr vor. Vereinzelt finden sich in Borkenrissen rudimentär ausgebildete, schwierig erkennbare

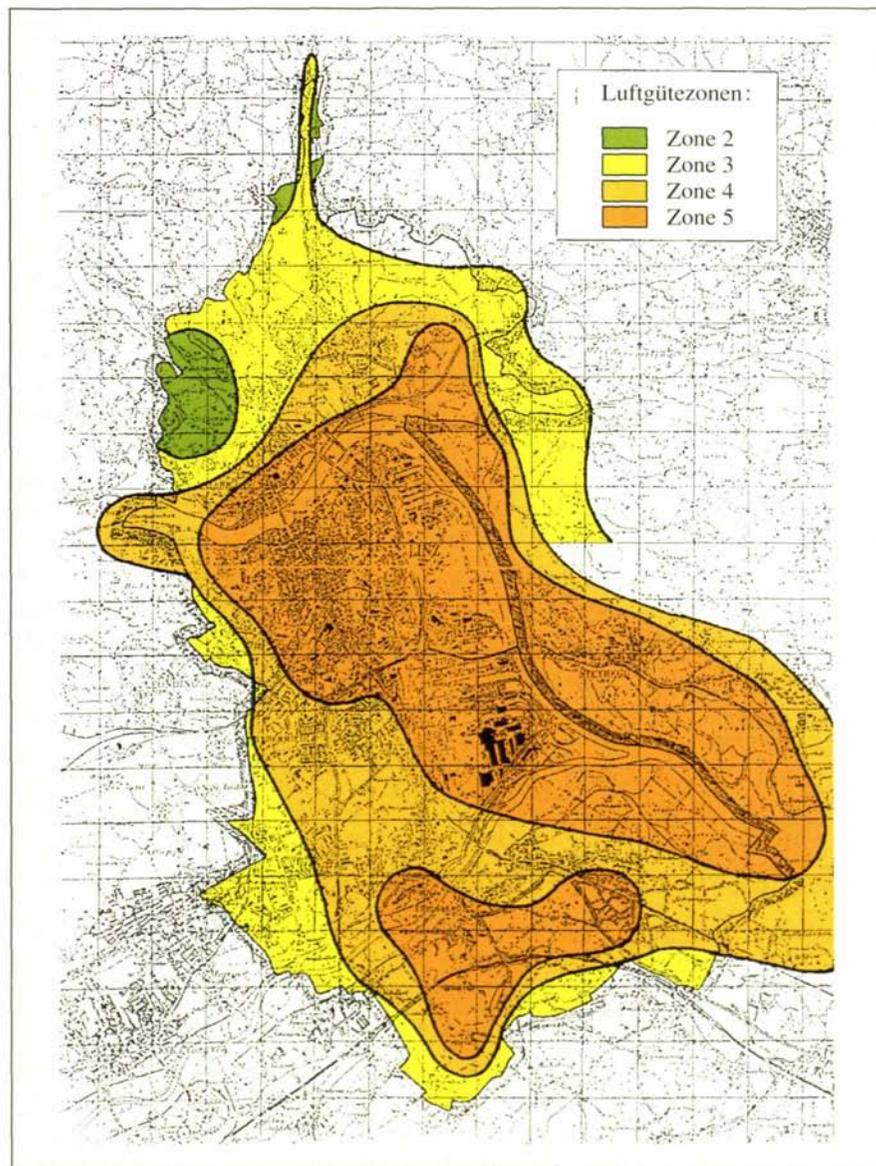


Abb. 21: Die Verteilung der Flechtenzonen (Luftgütezone) in Linz im Jahre 1988.

Thalli von *Evernia prunastri* und *Ramalina pollinaria*. Der Deckungsgrad toxischer Arten, wie *Phaeophyscia orbicularis*, *Scoliosporium chlorococcum*, *Buellia punctata* und *Lecanora conizaeoides* nimmt deutlich zu.

#### Zone 4:

Auch diese Zone erstreckt sich ringförmig um die „Flechtenwüste“ und umfaßt große Teile Urfahrs, Kleinmünchens und des Bindermichls. In dieser Zone treten Blattflechten nur mehr sporadisch und in extrem geschädigten Exemplaren auf, ihre Thallusgröße beträgt durchwegs nur mehr wenige Millimeter. Diese Exemplare wachsen fast ausschließlich in Borkenrissen und sind nur bei gezielter, intensiver Suche zu entdecken. Bei der Interpretation der Verbreitungskarten (z. B. Abb. 6 *Hypogymnia physodes*, Abb. 14 *Parmelia sulcata*) sind diese Sachverhalte zu berücksichtigen.

#### Zone 5 – „Epiphytische Flechtenwüste“:

Die Zone 5 umfaßt etwa 48 Prozent des Linzer Stadtgebietes. Sie erstreckt sich großflächig über das Stadtzentrum sowie die Industriegebiete im Osten und Süden der Stadt. Es treten vor allem Krustenflechten auf, Blattflechten – mit Ausnahme von *Phaeophyscia orbicularis* – kommen nur mehr als äußerst rudimentäre Thallusfragmente vor. Völlig flechtenfrei sind die Bäume in der Umgebung von Steyregg (östlich außerhalb des eigentlichen Untersuchungsgebietes), was auf einen besonders hohen Schadstoffeintrag schließen läßt.

## 4. DISKUSSION

### 4.1. Diskussion der Zonenkriterien

Wie in zahlreichen immissionsbezogenen Flechtenkartierungen aufgezeigt wurde, ist die Verbreitung einer Art allein – außer in extrem belasteten Gebieten – noch kein Kriterium für eine sichere Einstufung in eine Belastungszone. Es ist nur in äußerst beschränktem Maße möglich, sogenannte „Indikatorarten“ für die Abgrenzung von Zonen unterschiedlicher Belastung zu verwenden (vgl. die zusammenfassende Darstellung bei WIRTH 1988). Denn wie Verbreitungskarten von als relativ

empfindlich eingestuften Arten (z. B. *Hypogymnia physodes* oder *Pseudevernia furfuracea*) zeigen, sind sie sogar noch in den dicht verbauten Zentren der Großstädte aufzufinden. Allerdings deutet der äußerlich sichtbare Entwicklungszustand der Thalli in stark belasteten Gebieten darauf hin, daß die Wuchsbedingungen für Flechten hier wesentlich schlechter sind als in gering belasteten. Dies äußert sich vor allem im Thallusdurchmesser, im Grad der Schädigung der Flechtenthalli und im Deckungsgrad der Blatt- und Strauchflechten auf der Aufnahme­fläche. So sind also nur unter Zuhilfenahme von quantifizierbaren Faktoren – wie eben Thallusgröße, Schädigungsgrad und Deckungswert der Blatt- und Strauchflechten – Kriterien für einzelne Belastungszonen definierbar, die auch von Bearbeitern mit unterschiedlichem Erfahrungsschatz beurteilt werden können.

Die Flechtenzonen bei BORTENSCHLAGER & SCHMIDT (1963 – Abb. 22) und HOISLBAUER (1982 – Abb. 23) spiegeln die Gesamtbelastung der baumbewohnenden Flechten sowohl mit sauren gasförmigen Komponenten als auch mit z. T. basischen staubförmigen Komponenten der Luftverunreinigungen wider. Obwohl bei sämtlichen bisher erfolgten Untersuchungen etwas unterschiedliche Bewertungskriterien verwendet wurden, stimmen zumindest die Belastungsgrade in den Zonen 4 und 5 überein. Schon aus der Ausweitung dieser beiden Zonen geht hervor, daß die Belastung der Linzer Luft – zumindest jener Komponenten, die auf Flechten wirken – seit den ersten immissionsökologischen Flechtenkartierungen ständig zugenommen hat. Der Schwerpunkt der vorliegenden Untersuchung liegt – von der Methode her – auf dem Aufzeigen der Auswirkungen saurer Luftschadstoffe.

Dies zeigt sich besonders deutlich an einem Vergleich der Verbreitungskarte von *Hypogymnia physodes* bei BORTENSCHLAGER & SCHMIDT (1963) mit jener der vorliegenden Untersuchung: in ersterem Fall ist *Hypogymnia physodes* lediglich auf die außerstädtischen Bereiche beschränkt, während sie – wie Abb. 6 zeigt – heute fast im gesamten Stadtgebiet auftritt. Eine plausible Erklärung dafür kann die in der Zwischenzeit erfolgte Verminderung der Staubimmissionen im Linzer Stadtgebiet sein. *Hypogymnia physodes* kann als sehr acidotolerante Art Ansäuerungen des Substrates relativ gut ertragen, während sie gegen Staubbelastung sehr empfindlich ist (vgl. z. B. WITTMANN & TÜRK 1988 a; WIRTH 1988). Daher zeigt diese Art – im Gegensatz zu fast sämtlichen anderen Arten – eine Arealerweiterung in Richtung Stadtzentrum.

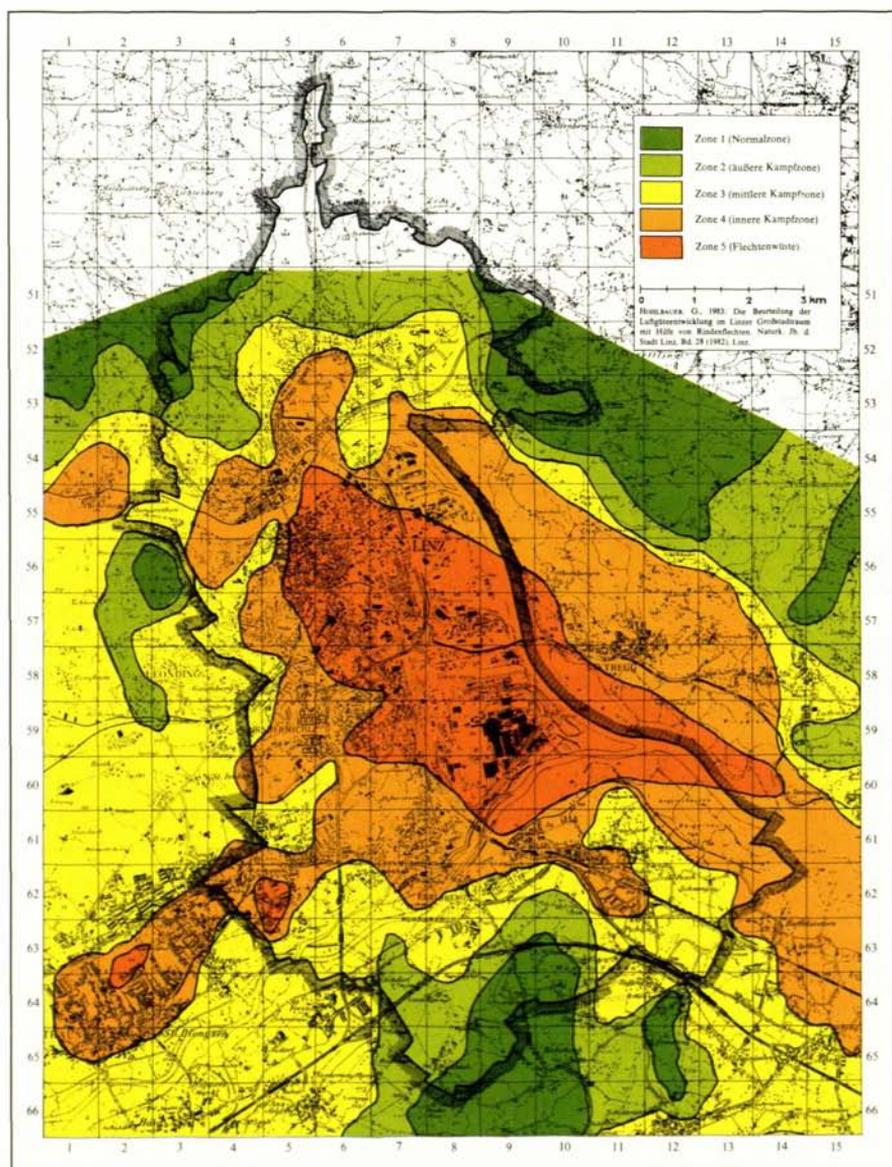


Abb. 22: Die Verteilung der Flechtenzonen von Linz im Jahre 1962 nach BORTENSCHLAGER und SCHMIDT (aus HOISLBAUER 1982).

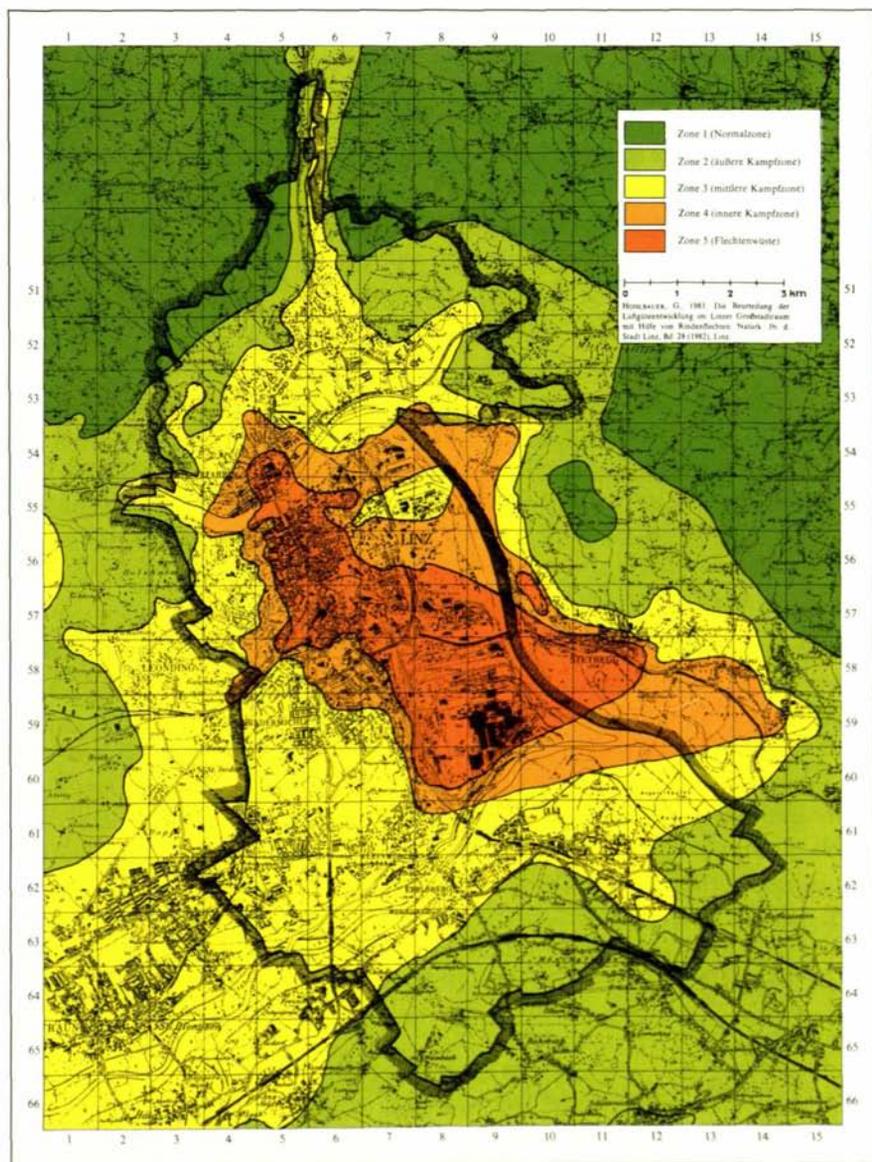


Abb. 23: Die Verteilung der Flechtenzonen in Linz im Jahre 1977 nach HOISLBAUER (1982).

Das völlige Fehlen der Zone 1 in der vorliegenden Untersuchung hat seinen Grund – neben einer eventuellen Verschlechterung der Immissionssituation – sicherlich in dem Kriterienkatalog der Zone 1. Eine artenreiche, acidophytische Flechtenvegetation mit hohem Deckungsgrad, in der die Blatt- und Strauchflechten jedoch deutliche Immissionsschäden zeigen, wird von uns als Zone 2 ausgewiesen, während sie nach den Kriterien der anderen Autoren schon als Zone 1 eingestuft werden müßte. Eine Einstufung in Zone 1 soll Reinluftgebieten vorbehalten bleiben, in denen Flechten absolut keine äußerlich sichtbaren Schädigungen aufweisen.

Die Ausweisung der Flechtenzonen 2 und 3 der vorliegenden Untersuchung beruhen auf anderen Kriterien als bei BORTENSCHLAGER & SCHMIDT (1963) bzw. HOISLBAUER (1982). Während diese rein qualitative Merkmale zur Zonenabgrenzung heranziehen (Vorkommen bestimmter Zeigerarten, Verteilung acidophytischer bzw. neutrophytischer Flechtenvereine), werden von uns zusätzlich quantifizierbare Parameter (Thalluslänge bzw. -durchmesser, Schädigungsgrad etc.) verwendet, die vor allem für die Zone 3 von Bedeutung sind.

Demnach ist eine Vergleichsbasis der Zonenabgrenzung zwischen den Zonen 2 und 3 und zwischen den Zonen 2 und 1 nicht gegeben.

## 4.2. Diskussion der Ergebnisse

Der Linzer Zentralraum würde von Natur aus einer Fülle von Flechtenarten Lebensmöglichkeiten bieten. Wie vergleichende Studien in anderen Abschnitten des Donautals (Grein, Schlägener Schlinge) gezeigt haben, ist in den ufernahen Bereichen eine gemäßigt ozeanische Flechtenvegetation vorhanden. Dies zeigt sich im relativ häufigen Auftreten von *Cetrelia cetrarioides*, *Platismatia glauca*, *Parmelia caperata*, *Collema flaccidum*, *C. furfuraceum* und ehemals *Lobaria pulmonaria*. Auch Belege im Herbarium des OÖ. Landesmuseums aus der unmittelbaren Umgebung der Stadt Linz dokumentieren dies in eindeutiger Weise. So werden dort Proben von *Bryoria fuscescens* aus dem Kürnberger Wald mit einer Thalluslänge von 25 cm aufbewahrt, die in der Zeit vor dem 2. Weltkrieg gesammelt wurden.

Die stattliche Zahl von 82 aufgefundenen Flechtenarten ist ein deutlicher Hinweis auf die von Natur aus günstigen Wuchsbedingungen für

Flechten im Stadtgebiet. Daraus kann der sichere Schluß gezogen werden, daß die Verarmung der Flechtenvegetation bzw. das völlige Verschwinden von Arten im Untersuchungsgebiet andere Ursachen als mesoklimatische Veränderungen haben muß.

Wie jüngere Untersuchungen über den epiphytischen Flechtenbewuchs in München gezeigt haben (KANDLER & POELT 1984; KANDLER 1987), hat das Stadtklima für den Rückgang der Lichenen eine nur untergeordnete Bedeutung: obwohl die Bebauungsdichte der Stadt München in unserem Jahrhundert sehr stark zugenommen hat, hat sich der Zustand der Flechtenvegetation mit einer drastischen Verringerung der Schadstoffbelastung deutlich verbessert.

Der große Anteil (ca. 75 Prozent) der sehr stark und stark belasteten Zonen an der Gesamtfläche von Linz ist ein deutlicher Hinweis auf den hohen Belastungsgrad der Linzer Luft. Betrachtet man die enorme Erstreckung der Zone 5 in östlicher Richtung über Steyregg hinaus, so gehören das Stadtgebiet von Linz und dessen Umfeld zu den stärksten belasteten Gebieten Österreichs. Im Bereich zwischen der Linzer Industriezone und Steyregg ist selbst den toxtolerantesten Krustenflechten (*Lecanora conizaeoides*, *Buellia punctata*) jede Lebensgrundlage entzogen.

Eine derartige Intensität von Immissionswirkungen bei gleichzeitig großer flächenhafter Ausdehnung ist aus keinen anderen Gebieten Österreichs bekannt. Im Vergleich dazu treten nur im Stadtgebiet von Wien ähnlich großflächige und tiefgreifende Beeinträchtigungen der Flechtenvegetation auf, während in anderen österreichischen Großstädten (Graz – GRILL et al. 1988; Salzburg – ROTH 1988; Klagenfurt – TÜRK & SEGER 1986) die Wirksamkeit flechtentoxischer Immissionen wesentlich geringer ist.

Seit der letzten Untersuchung der Luftqualität im Linzer Zentralraum mit Hilfe des Bioindikators Flechte (HOISLBAUER 1979) sind zehn Jahre vergangen. Ein Vergleich der hier präsentierten Luftgütekarte (Abb. 21) mit der bei HOISLBAUER (1979) dargestellten Flechtenzonierung zeigt weitgehende Übereinstimmung in der Lage der Zonen 4 und 5. Beide Zonen zeigen jedoch deutliche Flächenzunahmen. So reicht die Zone 5 heute im Westen des Untersuchungsgebietes bis nahe an die Stadtgrenze heran, während sie bei HOISLBAUER (1979) in diesem Bereich auf die dichtbesiedelten Stadtteile beschränkt war. Der Raum Ebelsberg, der bei HOISLBAUER (1979) noch als Zone 3 und 4 eingestuft war, muß 1988 ebenfalls als „Flechtenwüste“ ausgewiesen werden. Auch die

Umgebung von Steyregg, bei HOISLBAUER (1979) als „stark belastet“ eingestuft, ist heute großflächig Zone 5.

Ein weiterer auffälliger Unterschied der beiden Studien ist das völlige Fehlen der Zone 1 in der vorliegenden Untersuchung. Der Grund hierfür dürfte – neben einer erhöhten Immissionsbelastung – auch in der unterschiedlichen Aufnahmemethodik liegen: Ohne Berücksichtigung der bei HOISLBAUER (1979) nicht zur Beurteilung herangezogenen Schadbilder könnten auch heute noch die nördlichen und westlichen Anhöhen des Stadtgebietes lokal als „Normalzone“ ausgewiesen werden. Diese Gebiete befinden sich offensichtlich über der Hauptinversionsgrenze und liegen im Einzugsbereich schadstoffarmer Westwinde, weshalb ihre Immissionssituation wesentlich günstiger ist als die des übrigen Stadtgebietes.

Die zunehmende Verschlechterung der Luftqualität im Linzer Raum wird bei einem Vergleich mit der Zoneneinteilung bei BORTENSCHLAGER & SCHMIDT (1963) besonders deutlich: die Autoren wiesen nur etwa ein Drittel des Stadtgebietes als Zonen 4 und 5 aus.

Laut den Berichten des Amtes der öö. Landesregierung, Landesbaudirektion, Abt. für Immissionsschutz (1987) zeigen die Jahresmittelwerte für SO<sub>2</sub> im Linzer Stadtgebiet in den letzten Jahren einen uneinheitlichen Verlauf. So waren die Jahre 1979 und 1985 ziemlich SO<sub>2</sub>-reich, zwischen 1985 und 1987 ist die Tendenz leicht sinkend. Unter bestimmten Umständen kommt es jedoch fallweise nach wie vor zum Überschreiten der amtlich festgelegten Grenzwerte. Die in den Wintermonaten gemessenen Halbstunden- und Tagesmittelwerte von über 100 µg/m<sup>3</sup> Luft sind jedoch ausreichend, um die beobachteten Schadbilder dem Einfluß von SO<sub>2</sub> zuzuordnen. Denn bei experimentellen Begasungsversuchen mit SO<sub>2</sub> (TÜRK et al. 1974) wurden schon bei kurzfristigen Begasungen mit ähnlichen Konzentrationen deutliche Beeinflussungen der Nettophotosynthese – verbunden mit Ausbleichen der lobenenden empfindlicher Lichenen – festgestellt. Auch HAWKSWORTH & ROSE (1970) stellten fest, daß bei jährlichen Durchschnittsbelastungen über 70 µg/m<sup>3</sup> relativ resistente Flechten wie *Hypogymnia physodes* von den Baumstämmen verschwinden. Da Werte in dieser Größenordnung in Linz häufig erreicht werden und die baumbewohnenden Flechten somit einem Dauerstreß an luftverunreinigenden Stoffen unterliegen, ist die großflächige Ausdehnung der Zonen 4 und 5 schon allein vom Faktor SO<sub>2</sub> her erklärbar. Einen nicht zu vernachlässigenden Stressor stellt auch das NO<sub>2</sub> dar, das im Raum Linz beträchtliche Konzentra-

tionen erreichen kann. Vor allem die Spitzenwerte dieses Schadgases (vgl. RADUNSKY 1988) sind für Österreich – und für den Großteil Europas – einmalig hoch.

Das Aussehen der beobachteten Flechtenrudimente und das lokal völlige Fehlen jeglicher baumbewohnenden Flechten können nur dadurch erklärt werden, daß diese einem permanenten Streß durch die Einwirkung von Luftschadstoffen ausgesetzt sind.

Episodisch auftretende, fernverfrachtete Schadgaswolken (KRIEGER & TÜRK 1986; WITTMANN & TÜRK 1988 b, c) zeigen ihre Immissionswirkung mit völlig anderen Schadbildern. So wurden z. B. nach der Winterperiode 1985/86/87 in weiten Gebieten Österreichs (Mühlviertel, Alpenvorland, Nördliche Kalkalpen) plötzlich auftretende Schadbilder an sonst normal entwickelten Blatt- und Strauchflechten festgestellt. Charakteristisch für Gebiete mit episodischen Luftbelastungen ist die relativ rasche Erholung auch stark geschädigter Flechten während immissionsärmerer Perioden. Derartige Effekte sind im Stadtgebiet von Linz nicht feststellbar, woraus zusätzlich geschlossen werden kann, daß das Flechtenwachstum in überwiegendem Maße durch Lokalimmissionen beeinträchtigt wird, und Fernimmissionen – sofern überhaupt – hier nur eine untergeordnete Wirksamkeit zukommt.

Diese Tatsache wird auch in den Verbreitungskarten deutlich. So zeigt sich bei sämtlichen Arten eine mehr oder weniger ringförmige Zonierung um die Linzer Hauptemittengruppe. Die massive Wirkung von Fernimmissionen würde eine derartig deutliche Zonierung nicht zutage treten lassen.

Ein Vergleich der Verbreitung ausgewählter Flechtenarten mit den Ergebnissen von HOISLBAUER (1979) zeigt weitgehend idente Arealbilder. Hingegen sind die Verbreitungsmuster von *Hypogymnia physodes* nach den vorliegenden Untersuchungen sehr unterschiedlich von den Ergebnissen, die BORTENSLAGER & SCHMIDT (1963) publizierten. Sie weisen *Hypogymnia physodes* als eine sehr anspruchsvolle Flechte aus, die nur in reiner Luft in der weiteren Umgebung von Linz vorkommt. Nach der vorliegenden Studie dringt *Hypogymnia physodes* – wenn auch teilweise bis zur Unkenntlichkeit deformiert – bis in die stark belasteten Zonen vor. Möglicherweise ist die vermehrte Berücksichtigung auch stark geschädigter Lichenen bei der Geländearbeit der Grund für das dichtere Arealbild dieser Art in der vorliegenden Studie. Zudem gilt *H. physodes* im allgemeinen als eine relativ toxisitolerante Blatflechte (vgl. z. B. WIRTH 1980; HAWKSWORTH & ROSE 1970).

## 5. ZUSAMMENFASSUNG

In den Jahren 1986 – 1988 wurde eine immissionsökologische Studie mit Hilfe des Bioindikators Flechte im Stadtgebiet von Linz durchgeführt. Im Zuge dieser Arbeit wurden 82 Arten, darunter ein Neufund für Oberösterreich (*Arthonia dispersa*) im Untersuchungsgebiet festgestellt.

Im Vergleich zu den Ergebnissen von HOISLBAUER (1979, 1982) erbrachte die vorliegende Studie eine weitere Flächenzunahme vor allem der sehr stark und der stark belasteten Zonen (Zone 4 und 5). Die flächenhafte Ausbreitung der Flechtenzonen, das Verbreitungsmuster einzelner Flechtenarten sowie die beobachteten Thallusgrößen und Schadbilder lassen auf die überwiegende Wirkung von Nahimmissionen schließen. Fernimmissionen dürften – zumindest für das Flechtenwachstum – im Großraum Linz nur eine untergeordnete Bedeutung haben. Entsprechend den vorliegenden Schadbildern kommen als wirksame Stressoren vor allem Schwefeldioxyde und Stickoxide mit ihren Folgeprodukten in Betracht. Stäube sind nur lokal wirksam.

## 6. DANKSAGUNG

Wir danken Frau Christine Schwarz (Salzburg) für wertvolle Unterstützung der Kartierungsarbeit. Unser weiterer Dank gilt dem Amt der öö. Landesregierung, Abt. für Raumplanung, für die Bereitstellung von Arbeitsunterlagen.

## 7. LITERATUR

- AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG, LANDESBAUDIREKTION, 1987: Luftgüteüberwachung, Jahresbericht 1987, 81 pp.
- BESCHEL R., 1958: Flechtenvereine der Städte, Stadtflechten und ihr Wachstum. – Ber. naturwiss.-med. Ver. Innsbruck 52: 1 – 158.
- BORTENSCHLAGER S. & H. SCHMIDT, 1963: Untersuchung über die epixyle Flechtenvegetation im Großraum Linz. – Naturk. Jahrb. Stadt Linz 1963: 19 – 35 + Karten.
- CHRIST R. & R. TÜRK, 1984: Der epiphytische Flechtenbewuchs als Indikator für die Luftverunreinigung im Stadtgebiet von Wien. – Forum Städte-Hygiene 35: 122 – 131.
- GRILL D., HAFELLNER J., KASCHNITZ A. & E. PONGRATZ, 1988: Die Luftsituation in Graz: Verwendung der Flechten als Bioindikatoren – ein Vergleich 1968 – 1986. – In: Ökophysiologische Probleme durch Luftverunreinigungen, Karl-Franzens-Universität Graz, Herausg. D. GRILL & H. GUTTENBERGER: 111 – 114.
- HAWKSWORTH D. L. & F. ROSE, 1970: Qualitative Scale for estimating Sulphur Dioxide

- Air Pollution in England and Wales using Epiphytic Lichens. – *Nature* 227: 145 – 148.
- HOISLBAUER G., 1979: Rindenflechten im oberösterreichischen Zentralraum und ihre Abhängigkeit von Umwelteinflüssen. *Stapfia* 5: 1 – 69 + Karten.
- HOISLBAUER G., 1982: Die Beurteilung der Luftgüteeentwicklung im Linzer Großstadt-raum mit Hilfe von Rindenflechten. – *Naturk. Jahrb. Stadt Linz* 28: 237 – 260.
- KANDLER O., 1987: Lichen and Conifer Recolonization in Munich's cleaner Air. – Symposium of the Commission of the European Communities on „Effects of Air Pollution on terrestrial and aquatic Ecosystems“, Grenoble (France): 7 pp.
- KANDLER O. & J. POELT, 1984: Wiederbesiedlung der Innenstadt von München durch Flechten. – *Naturw. Rundschau* 37: 90 – 95.
- KRIEGER H. & R. TÜRK, 1986: Floristische und immissionsökologische Untersuchungen an Rindenflechten im unteren Mühlviertel, Oberösterreich. – *Linzer biol. Beitr.* 18: 241 – 337.
- POETSCH J. S. & K. B. SCHIEDERMAYR, 1872: Systematische Aufzählung der im Erzherzogthume Österreich ob der Enns bisher beobachteten samenlosen Pflanzen (Kryptogamen). – *KK. zool.-bot. Ges. Wien. (Lichenes)* pp. 172 – 277.
- RADUNSKY K., 1988: Übersicht über die in- und ausländische Immissionssituation von Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid sowie ausgewählter Folgeprodukte. – Stickstoffoxide in der Atmosphäre, Luftqualitätskriterien NO<sub>2</sub> Herausg. Bundesmin. Umwelt, Jugend und Familie: 212 – 257.
- ROTH S., 1988: Die Luftqualität im Stadtgebiet von Salzburg, dargestellt anhand der Verbreitung epiphytischer Flechten II. – Unveröff. Diplomarbeit der Universität Salzburg: 1 – 179.
- STARKE P., 1983: Stadtklima, Immissionsverhältnisse und Flechtenverbreitung in Linz. – *Naturk. Jahrb. Stadt Linz* 29: 157 – 284 + Karten.
- TÜRK R. & M. SEGER, 1985: Immissionsökologische Studie über den epiphytischen Flechtenbewuchs im Raum Klagenfurt. *Klagenf. geogr. Schriften* 5, wiss. Veröff. Landeshauptst. Klagenfurt 6: 25 – 41.
- TÜRK R. & V. WIRTH, 1975: The pH-dependence of SO<sub>2</sub>-damage to lichens. – *Oecologia (Berl.)* 19: 285 – 291.
- TÜRK R. & H. WITTMANN, 1984: Atlas der aktuellen Verbreitung von Flechten in Oberösterreich. – *Stapfia* 11: 1 – 98.
- TÜRK R. & H. WITTMANN, 1987: Flechten im Bundesland Salzburg (Österreich) und im Berchtesgadener Land (Bayern, Deutschland) – die bisher beobachteten Arten und deren Verbreitung. – *Sauteria* 3: 1 – 313.
- TÜRK R. & G. ZIEGELBERGER, 1982: Die Luftqualität im Stadtgebiet von Salzburg – dargestellt anhand der Verbreitung epiphytischer Flechten. – In: *Luftgüteeuntersuchungen mit Bioindikatoren im Lande Salzburg. Amt Salz. Landesreg. Schriftenr. Luftgüteeuntersuchung* 7: 78 – 141.
- TÜRK R., WIRTH V. & O. L. LANGE, 1974: CO<sub>2</sub>-Gaswechseluntersuchungen zur SO<sub>2</sub>-Resistenz von Flechten. – *Oecologia (Berl.)* 15: 33 – 64.
- TÜRK R., WITTMANN H. & E. KUPFER-WESELY, 1987: Neue und bemerkenswerte Flechtenfunde aus Oberösterreich II. – *Herzogia* 7: 543 – 559.
- WIRTH V., 1972: Die Silikatflechtengemeinschaften im außeralpinen Zentraleuropa. – *Diss. Bot.* 17: 1 – 304.
- WIRTH V., 1980: Flechtenflora: ökologische Kennzeichnung und Bestimmung der Flechten Südwestdeutschlands und angrenzender Gebiete. – *Verl. Ulmer, Stuttgart*. 552 pp.

- WIRTH V., 1988: Phytosociological Approaches to Air Pollution Monitoring with Lichens. – Lichens, Bryophytes and Air Quality. *Bibl. Lichenol.* 30: 91 – 107.
- WIRTH V. & R. TÜRK, 1975a: Über die SO<sub>2</sub>-Resistenz von Flechten und die mit ihr interferierenden Faktoren. – *Verh. Ges. f. Ökol. Erlangen* 1974: 173 – 179.
- WIRTH V. & R. TÜRK, 1975b: Zur SO<sub>2</sub>-Resistenz von Flechten verschiedener Wuchsform. – *Flora* 164: 133 – 143.
- WITTMANN H. & R. TÜRK, 1987: Zur Flechtenflora Oberösterreichs – neue und bemerkenswerte Flechten und Flechtenparasiten. *Linzer biol. Beitr.* 19: 389 – 399.
- WITTMANN H. & R. TÜRK, 1988a: Immissionsökologische Untersuchungen über den epiphytischen Flechtenbewuchs in der Umgebung des Magnesitwerkes Hochfilzen (Tirol/Österreich). – *Zentralbl. Ges. Forstw.* 105: 35 – 45.
- WITTMANN H. & R. TÜRK, 1988b: Immissionsbedingte Flechtenzonen im Bundesland Salzburg (Österreich) und ihre Beziehungen zum Problemkreis „Waldsterben“. – *Ber. ANL* 12.
- WITTMANN H. & R. TÜRK, 1988c: Flechten im Mühlviertel und ihre Gefährdung. – *Katal. oberöst. Landesausst.* 1988: 89 – 96.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Naturkundliches Jahrbuch der Stadt Linz \(Linz\)](#)

Jahr/Year: 1991/93

Band/Volume: [37\\_39](#)

Autor(en)/Author(s): Türk Roman, Wittmann Helmut, Wögerer Isolde, Roth Susanne

Artikel/Article: [Die Luftqualität im Stadtgebiet von Linz - Untersuchungen über den epiphytischen Flechtenbewuchs in bezug zur Schadstoffbelastung. 457-490](#)