

# **Kartierung des epiphytischen Flechtenbewuchses im Raum von Hall in Tirol (Österreich) und Umgebung unter immissionsökologischen Gesichtspunkten**

von

Paul HOFMANN \*)

## **Mapping of epiphytic lichens in the area of Hall in Tyrol (Austria) in relation to air pollution**

**Synopsis:** The epiphytic lichen vegetation on different trees in the area of Hall in Tyrol and surroundings was studied and put in relation to air pollution.

Whereas zone 1 (undisturbed, normal zone) is located only sporadically, zone 4 and 5 (heavy immission load) cover the greatest parts of the densely populated area. Zone 2 and 3 can be found mainly in wooded areas near settlements.

A list of lichen species and some examples of relevés of lichen communities in different zones are added. In comparison with the sulphur value of fir needles (indirect measurement of SO<sub>2</sub>-pollution), the results of lichen mapping show only reduced conformity.

In an appendix some considerations about the dimension of quadrants for mapping works in small areas with relativ intensiv relief are discussed and it seems, that the use of quadrants with a lateral length of 250 m is a suitable method with a good correlation between time and precision of mapping.

### **1. Einleitung:**

Die Stadt Hall und ihre nähere Umgebung wurden im Laufe der letzten 40 Jahre im Zuge von Kartierungen der Landeshauptstadt Innsbruck bereits dreimal hinsichtlich ihrer Flechtenflora untersucht und in Flechtenzonen eingeteilt.

Erstmals war es BESCHEL (1947; veröffentl. 1958) gewesen, der Innsbruck und Umland, darunter auch Hall, auf Grund dieses Gesichtspunktes untersucht hat. Erst 30 bzw. 40 Jahre später wurde in den Jahren 1977 und 1987 von BORTENSCHLAGER und Mitarbeitern das gleiche Gebiet untersucht (veröffentlicht in: "Stadtvegetation Innsbruck" (1981) und "Innsbrucker Stadtnachrichten" (1987), um Vergleiche über die Veränderung des Ausmaßes der einzelnen Zonen anzustellen, wobei die gleiche Methode wie von BESCHEL angewendet werden mußte.

Ausgangspunkt für die vorliegende Kartierung war der Versuch, mit einer anderen Methode zu arbeiten und festzustellen, welche Quadrantengröße in einem derartig gelegenen Untersuchungsgebiet als ideale Grundlage für Kartierungen gewählt werden sollte.

Flechtenkartierungen mit immissionsökologischen Gesichtspunkten sind in erster Linie eine Möglichkeit, Zonen von unterschiedlicher Luftqualität (v.a. SO<sub>2</sub>-Belastung) darzustellen. Sie kön-

---

\*) Anschrift des Verfassers: Mag. Paul Hofmann, Unterer Stadtplatz 8a, A-6060 Hall in Tirol, Österreich.

nen zwar niemals die genaue Schadstoffmessung mit chemisch-physikalischen Analysemethoden ersetzen, aber sie haben den großen Vorteil, ziemlich flächendeckend und zeitsparend durchführbar zu sein. Dabei stehen sich zwei Probleme gegenüber, nämlich einerseits die Frage nach der Genauigkeit der Grenzziehung zwischen den Zonen und andererseits die Schnelligkeit mit der ein Gebiet flächendeckend bearbeitet werden soll.

Die Abgrenzung einzelner Zonen kann umso genauer dargestellt werden, je kleiner man die Größe der Untersuchungsfelder wählt. Deshalb wurde versucht eine Quadrantengröße als Mittelweg zwischen *Genauigkeit der Grenzziehung* und *Schnelligkeit der Durchführung* zu finden. Entscheidende Faktoren dafür sind natürlich auch die flächenmäßige Ausdehnung des gesamten Untersuchungsgebietes und seine Reliefenergie.

Der erste Teil der vorliegenden Arbeit beschäftigt sich mit dem Ergebnis der durchgeführten Kartierung, während im zweiten Teil einige Überlegungen hinsichtlich günstiger Untersuchungsgrößen angestellt werden.

## 2. Untersuchungsgebiet:

Hall in Tirol ist eine Kleinstadt (ca. 10 km östlich von Innsbruck), die sich auf dem Schwemmkegel des Weißenbaches, der sich aus dem Halltal (kleines Seitental des Inntales) ergießt, entwickelt hat. Durch die starken Bauaktivitäten seit dem Ende des 2. Weltkrieges ist die Stadt mit einigen umliegenden Dörfern (Mils, Absam) verschmolzen. Das Siedlungsgebiet nimmt teilweise den gesamten Talboden zwischen dem Norden und Süden ansteigenden Gebirgsketten ein. Die restlichen Flächenanteile des Untersuchungsgebietes werden entweder land- oder forstwirtschaftlich genutzt. Vor allem im Westen und Osten des Siedlungsraumes erstrecken sich ausgedehnte Felder, die über weite Strecken baumlos sind und damit hinsichtlich einer sicheren Flechtenzonenzuordnung ausfallen müssen.

Die Flächenausdehnung des gesamten Gebietes beträgt nur rund 27 km<sup>2</sup>, in einem Höhenbereich von ca. 550 bis 880 msm bzw. in randlichen Bereichen im NW sogar bis ca. 1500 msm.

Klimatisch gesehen können keine einheitlichen Angaben gemacht werden, da durch die Reliefenergie bedingte nord- bzw. südexponierte Hangflächen und die unterschiedlichen Höhenlagen verschiedene Verhältnisse aufweisen, die bei der Ausbildung der Flechtenvegetation (siehe VARE-SCHI 1934) und damit der Bewertung berücksichtigt werden müssen.

Die Schadstoffbelastungen stammen in erster Linie aus den Quellen Hausbrand, Verkehr und Industrie.

## 3. Arbeitsmethode:

Das Untersuchungsgebiet wurde in 1800 Felder mit 125 m Seitenlänge (1,5625 ha) unterteilt. In jedem Rasterfeld wurden, soweit vorhanden, Trägerbäume gesucht, die eine mehr oder weniger gut ausgebildete Flechtenvegetation aufwiesen. Für die Flechtenaufnahmen wurden dabei nur Bäume mit senkrechten Stämmen und einem Stammdurchmesser von mindestens 20 cm verwendet. Das Artenspektrum der Trägerbäume konnte bei einer so kleinen Quadrantengröße nicht auf eine Baumart beschränkt bleiben, sondern mußte auf mehrere Arten ausgeweitet werden. Da sich jedoch die Borkenverhältnisse unterschiedlicher Baumarten z.B. hinsichtlich Wasserkapazität und pH-Wert voneinander unterscheiden und damit Auswirkungen auf den Flechtenbewuchs haben, wurde versucht, pro Untersuchungsfeld die Flechten auf möglichst vielen verschiedenen Baumarten zu Vergleichszwecken aufzunehmen.

In erster Linie wurde der Bewuchs auf Ahorn, Esche und Apfelbaum zur Bewertung herangezogen, da sie am häufigsten und regelmäßigsten vorkommen. Allerdings wurden, wenn nicht an-

ders möglich, auch andere Arten zu Aufnahmезwecken verwendet, in luftreineren Lagen auch Nadelbäume (v.a. Lärche). Von folgenden Baumarten wurde der Flechtenbewuchs untersucht: *Aesculus hippocastanum*, *Acer pseudoplatanus*, *Acer platanoides*, *Fraxinus excelsior*, *Juglans regia*, *Larix decidua*, *Malus spec.*, *Quercus robur*, *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Pirus spec.*, *Prunus domestica*, *Tilia cordata* und *Salix spec.*

Die untersuchten Trägerpflanzen mußten freistehend sein bzw. in dichter bewachsenen Waldgebieten einen Standort am Waldrand oder auf einer Lichtung aufweisen, da in dichten Waldbeständen der Lichtfaktor einen natürlich begrenzenden Wert für das Flechtenwachstum darstellt.

Es wurde im Gegensatz zu anderen Kartierungen (z.B. LASOTA-CHRIST und TÜRK 1984) auch eine Begutachtung von Bäumen an stark befahrenen Straßen durchgeführt, da durch die geringe Quadrantengröße die Gefahr einer Ergebnisverfälschung durch die Aufnahmedaten von immissionsökologisch ungünstigen bzw. staubbelasteten Standorten (wie dies bei großflächigen Quadranten der Fall sein kann) gering war.

Die Grundlage für die Aufnahmen bildete der Flechtenbewuchs in einer Stammhöhe zwischen 1,1 und 1,7 m, unter Berücksichtigung folgender Kriterien: Gesamtdeckung bzw. relative Deckung der einzelnen Flechtenarten (nach WIRTH 1988), Schädigungsgrad, Vitalität und Größe der Thalli, welche die Grundlage für die verwendete und im folgenden angeführte Zoneneinteilung nach den Kriterien von TÜRK & ZIEGELBERGER (1982) darstellen.

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

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

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

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

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

#### 4. Ergebnisse: Artenliste, Vegetationsaufnahmen, Zonierung:

##### Artenliste:

Es konnten 69 epiphytische Flechtenarten aufgefunden werden, von denen 35 zu den Strauch- (inkl. Bart-) und Blattflechten zu zählen sind. Die Arten werden in alphabetischer Reihenfolge angeführt, wobei sich die Nomenklatur nach WIRTH (1980, 1987) richtet. Nur jene Arten sind berücksichtigt, die mindestens einmal in der vorgeschriebenen Stammhöhe (1,1 - 1,7 m) gefunden wurden, womit einige nur an der Stammbasis bzw. nur an Ästen oder Zweigen gesammelte Arten, die somit auch nicht zur Bewertung herangezogen wurden, wegfallen.

*Arthonia radiata* (PERS.) ACH.: auf Laubbäumen; selten gefunden.

*Bryoria fuscescens* (GYELNIK) BRODO & HAWKSWORTH: auf Lärchen; selten.

*Buellia punctata* (HOFFM.) MASSAL.: auf Laub- und Nadelbäumen; häufig.

*Caloplaca cerina* (EHRH. ex HEDW.) TH. FR. var. *cerina*: auf Laubbäumen; selten.

*C. herbidella* (HUE) H. MAGN.: auf Bergahorn und Esche in Zone 1 und 2; sehr selten.

*C. holocarpa* (HOFFM.) WADE: auf Laubbäumen, allerdings bevorzugt auf Ästen; selten.

- Candelaria concolor* (DICKSON) STEIN: auf Laubbäumen in landwirtschaftlich genutzten Gebieten relativ häufig.
- Candelariella reflexa* (NYL.) LETTAU: auf Laubbäumen vereinzelt gefunden.
- C. vitellina* (HOFFM.) MÜLL. ARG.: an Stämmen von stark staubbedeckten Bäumen in Straßennähe.
- C. xanthostigma* (ACH.) LETTAU: eine der häufigsten Flechten, die von Zone 1 - 5 vorkommt; bildet in landwirtschaftlich genutzten Gebieten, die bereits unter starkem Siedlungseinfluß stehen, v.a. an Obstbäumen größere Überzüge.
- Catillaria nigroclavata* (NYL.) SCHULER: Einzelfund auf *Prunus domestica*.
- Cetraria pinastri* (SCOP.) GRAY: v.a. auf Nadel-, selten Laubbäumen gefunden.
- Cetrelia cetrarioides* (DEL. ex DUBY) W. CULB. & C. CULB.: in den luftfeuchteren Randzonen des Untersuchungsgebietes auf Bergahorn und Buche gefunden; selten.
- Chaenotheca chrysocephala* (TURNER ex ACH.) TH. FR.: auf Lärchen; sehr selten.
- C. ferruginea* (TURNER ex SM.) MIGULA: im Bereich der Gnadenwaldterrasse auf Kiefer; selten.
- Cladonia coniocraea* auct.: selten; nur auf der Rinde von Nadelbäumen, v.a. Lärche in Borkenrissen; kommt wie die meisten anderen rindenbewohnenden *Cladonia*-Arten eher am Stammgrund als in der normierten Höhe der Aufnahmeflächen vor.
- C. digitata* (L.) HOFFM.: wie vorige, aber etwas häufiger.
- C. fimbriata* (L.) FR.: selten; bevorzugt eher bemooste Laubbaumstämme.
- C. macilenta* HOFFM.: diese meist auf morschem Holz wachsende Art konnte einmal auf Lärche gefunden werden.
- Evernia prunastri* (L.) ACH.: nur in den luftfeuchteren, randlichen Gebieten, bevorzugt auf Laubbäumen.
- Hypocenomyce scalaris* (ACH.) CHOISY: in erster Linie im Bereich der Stammbasis, konnte aber auf Lärchen und Kiefern auch in höheren Stammbereichen gefunden werden.
- Hypogymnia farinacea* ZOPF: auf Lärchen; selten.
- H. physodes* (L.) NYL.: siehe Abb. 2; auf Laub- und Nadelbäumen häufig zu finden, wobei sie einen Verbreitungsschwerpunkt im Bereich der Gnadenwaldterrasse aufweist; mit zunehmender Zentrumsnähe nimmt auch deutlich ihr Schädigungsgrad zu.
- H. tubulosa* (SCHAERER) HAVAAS: v.a. auf Nadel- aber auch Laubbaumästen in randlichen Gebieten zu finden, selten im Stammbereich.
- Imshaugia aleutrutes* (ACH.) FRICKE MEYER: nur wenige Funde auf Kiefer.
- Lecania fuscella* (SCHAERER) KOERBER: Einzelfund auf Schwarzem Holunder.
- Leconora argentata* (ACH.) MALME: auf Laubbäumen in Randzonen; eher selten.
- L. carpinea* (L.) VAINIO: vereinzelt auf Laubbäumen ab Zone 3 und besser.
- L. chlorotera* NYL.: zum Teil ziemlich häufig auf Laubbäumen.
- L. conizaeoides* NYL. ex CROMBIE: diese Art, welche in manchen Teilen Europas, wie z.B. Großbritannien (siehe HAWKSWORTH/ROSE 1976) oder BDR (siehe JOHN 1986, WIRTH 1987) weit verbreitet und sehr häufig ist, gehört zu den gegen Luftverschmutzung resistentesten Flechten und bildet auch in manchen Großstädten die häufigste Art (siehe z.B. VERHEYEN et al. 1987). Dementgegen konnte sie in diesem Untersuchungsgebiet nur einmal gefunden werden. Aber auch bei anderen Kartierungen in Österreich (z.B. EHRENDORFER et al. 1971, HOISLBAUER 1979, TÜRK 1975, TÜRK & SEGER 1985) tritt die Art nicht oder nur selten auf. TÜRK & WITTMANN (1987) geben für das Bundesland Salzburg noch relativ wenige Fundpunkte an, erwähnen jedoch, daß sich die Art stark in Ausbreitung befindet.
- L. hagenii* (ACH.) ACH.: auf Laubbäumen in Straßennähe; selten.
- L. pulicaris* (PERS.) ACH.: v.a. auf Fichte in luftreinen Gebieten.
- L. saligna* (SCHRADER) ZAHLBR.: auf Laubbäumen bis in Zone 5 vorstoßende Krustenflechte.
- L. symmicta* (ACH.) ACH.: auf Laub- und Nadelbäumen in zentrumsferner Lage.
- L. varia* (HOFFM.) ACH.: diese eher auf Holz siedelnde Art wurde nur zweimal auf Laubbäumen in landwirtschaftlich genutztem Gebiet gefunden.
- Lecidella elaeochroma* (ACH.) CHOISY: in höheren Lagen auf der Rinde von Esche und Bergahorn; selten.
- Lepraria incana* (L.) ACH.: von Zone 1 - 5 sehr häufig zu finden, in den Zonen 4 und 5 großflächige Stammteile bedeckend.

- Loxospora elatina* (ACH.) MASSAL.: auf Nadelbaumrinde in Lagen über ca. 900- 1000 msm; selten.
- Ochrolechia androgyna* (HOFFM.) ARNOLD: auf Nadel- seltener Laubbäumen ab ca. 800 msm zerstreut zu finden.
- Opegrapha lichenoides* PERS.: Einzelfund auf der Rinde von Esche.
- Parmelia caperata* (L.) ACH.: zeigt bei ihrem Vorkommen in Gebieten von Zone 2 bereits auffällige Thallusschädigungen.
- P. exasperatula* NYL.: auf Laub- seltener Nadelbäumen, häufiger auf Ästen und Zweigen als im Stammbereich.
- P. flaventior* STIRTON: diese Art, welche *P. caperata* optisch ähnlich sieht, konnte zwar nur selten gefunden werden, allerdings dringt sie weiter als jene in schlechtere Zonen ein.
- P. glabrata* (LAMY) NYL. var. *fuliginosa* (FR. ex DUBY) GRUMM.: v.a. auf Laubbäumen der Zone 1-3, kommt auch noch in Zone 4 vor, allerdings in geschädigtem Zustand.
- P. saxatilis* (L.) ACH.: auf Laub- und Nadelbäumen; ziemlich selten.
- P. subargentifera* NYL.: bevorzugt auf Eschen in intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebieten und entlang von Überlandstraßen in Zone 1 und 2.
- P. subrudecta* NYL.: bevorzugt auf Bergahorn; eher selten.
- P. sulcata* TAYLOR: siehe Abb. 1; im gesamten Untersuchungsgebiet verbreitet, wobei auch diese Art eine deutliche Zunahme der Schädigung und von Kümmerwuchs in Richtung Stadtzentrum aufweist.
- P. tiliacea* (HOFFM.) ACH.: auf Laubbäumen in ländlich geprägten Teilen des Untersuchungsgebietes; eher selten.
- Parmeliopsis ambigua* (WULFEN) NYL.: in Lagen über ca. 800 msm auf Nadelbäumen häufiger anzutreffen.
- Pertusaria albescens* (HUDSON) CHOISY & WERNER: auf Laubbäumen bis in den Stadtrandbereich, aber bevorzugt in ländlichen Gebieten vorkommend.
- P. amara* (ACH.) NYL.: auf Nadel- und Laubbäumen im Bereich der Gnadenwaldterrasse; selten.
- Phaeophyscia orbicularis* (NECKER) MOBERG: sehr häufige Art, die bis in Zone 5 vordringt und als resistente Flattflechte angesehen werden kann.
- Phlyctis argena* (SPRENGEL) FLOT.: sehr häufig auf Laub- und Nadelbäumen.
- Physcia adscendens* (FR.) OLIV.: auf Laubbäumen mit eutrophierter Borke relativ häufig, meist zusammen mit *Physcia stellaris*.
- P. aipolia* (EHRH. ex HUMB.) FÜRNRÖHR: auf Laubbäumen in stadtfernen Lagen (eher auf Ästen); selten.
- P. stellaris* (L.) NYL.: bevorzugt auf eutrophierten Baumstämmen in landwirtschaftlich genutzten Gebieten.
- P. tenella* (SCOP.) D.C.: auf Laubbäumen in zentrumsferner Lage; selten.
- Physconia distorta* (WITH.) LAUNDON: ziemlich häufig auf Laubbäumen mit eutrophierter Rinde, v.a. in ländlichen Gebieten und entlang von Überlandstraßen.
- P. grisea* (LAM.) POELT: wurde in relativ dicht besiedelten Zonen gefunden, wo die Art an Laubbäumen, v.a. Linden und Roßkastanien wächst.
- Platismaria glauca* (L.) W. CULB. & C. CULB.: auf Nadelbäumen in größeren, geschlossenen Waldgebieten; selten.
- Pseudevernia furfuracea* (L.) ZOPF: siehe Abb. 4; auf Laub- und besonders Nadelbäumen in stadtfernen Lagen, mit zunehmender Nähe zu stärker besiedelten Bereichen nimmt die Vitalität stark ab.
- Usnea filipendula* STIRTON: siehe Abb. 5; in stadtfernen Waldbeständen zum Teil noch ungeschädigt ausgebildet; selten.
- U. hirta* (L.) WEBER em. MOT.: Einzelfund im Bereich der Gnadenwaldterrasse.
- U. subfloridana* STIRTON: auf Lärchen in Lagen über ca. 900 msm; sehr selten.
- Bemerkung zur Gattung *Usnea*: Es konnten sogar in Stadtnähe und einmal auch in einem Garten mitten im Stadtzentrum Funde dieser Gattung gemacht werden. Dabei handelt es sich allerdings um Exemplare, die nur noch in einer Größenordnung von einigen mm vorkommen bzw. schon beim Sammeln zerbröseln, sodaß ihre Artenzugehörigkeit nicht mehr zu bestimmen war.
- Xanthoria candelaria* (L.) TH. FR.: bevorzugt eutrophierte Rindenpartien von Laubbäumen; eher selten.
- X. fallax* (HEPP) ARNOLD: v.a. auf Eschen und einmal auch auf Obstbaum gefunden; selten.
- X. parietina* (L.) TH. FR.: siehe Abb. 3; im Stadtzentrum fehlend, tritt erst in lockerer verbauten und landwirtschaftlich genutzten Gebieten in Erscheinung, wobei ihre Vitalität aber auch mit wachsender Zentrumsferne zunimmt.

In 5 Verbreitungskarten (Abb. 1-5) werden von den Arten *Parmelia sulcata*, *Hypogymnia physodes*, *Xanthoria parietina*, *Pseudevernia furfuracea* und *Usnea* spec. (bei ungeschädigten Exemplaren handelt es sich um *U. filipendula*, in geschädigtem Zustand nicht mehr sicher zu bestimmen) Fundorte angegeben, wobei auch der Entwicklungszustand bzw. der Schädigungsgrad der Thalli berücksichtigt wurde und dies in 3 verschiedenen Symbolen zum Ausdruck kommt.

- x Thalli normal entwickelt, keine Schädigung oder Verkümmern feststellbar.
- Thalli weisen Schadbild (Ausbleichungen bzw. Rotverfärbungen) auf.
- stark geschädigte Thalli, Größe meist nur noch unter 0,5 cm.

Zur Orientierung und Einordnung der Verbreitungskarten dient Grundkarte in Abb. 6.

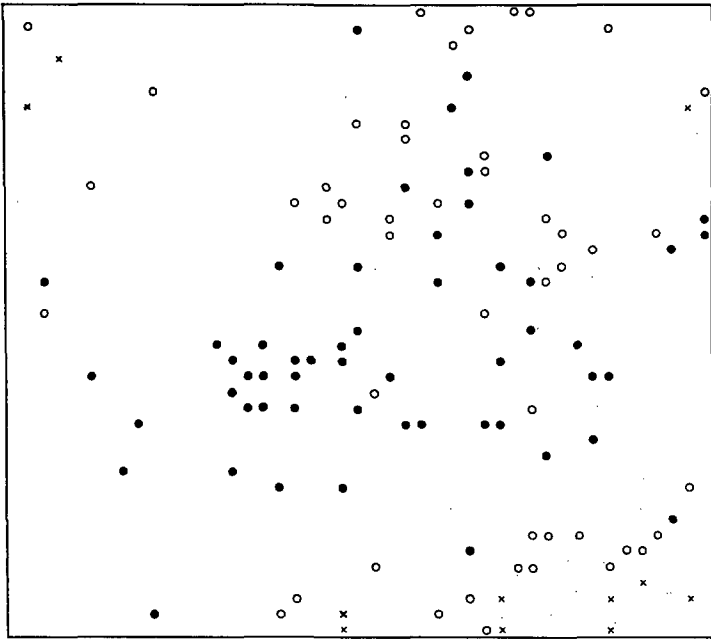


Abb. 1: Verbreitung von *Parmelia sulcata* TAYLOR

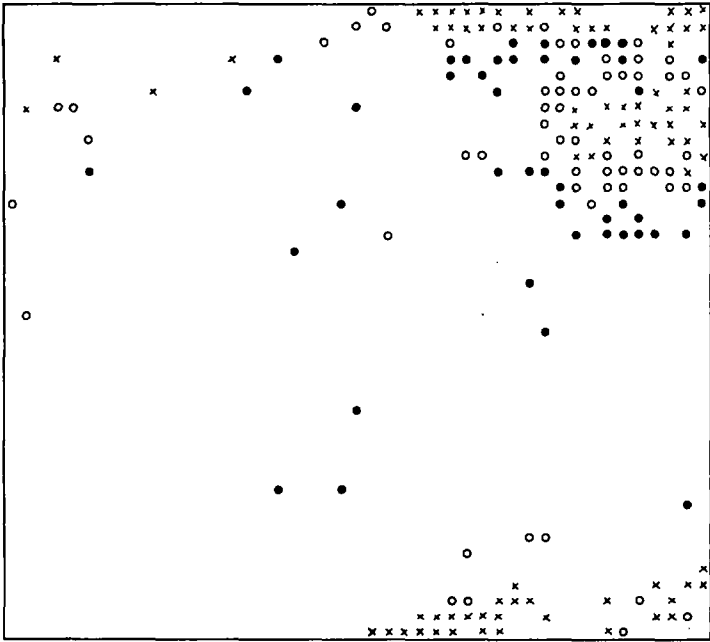


Abb. 2: Verbreitung von *Hypogymnia physodes* (L.) NYL.

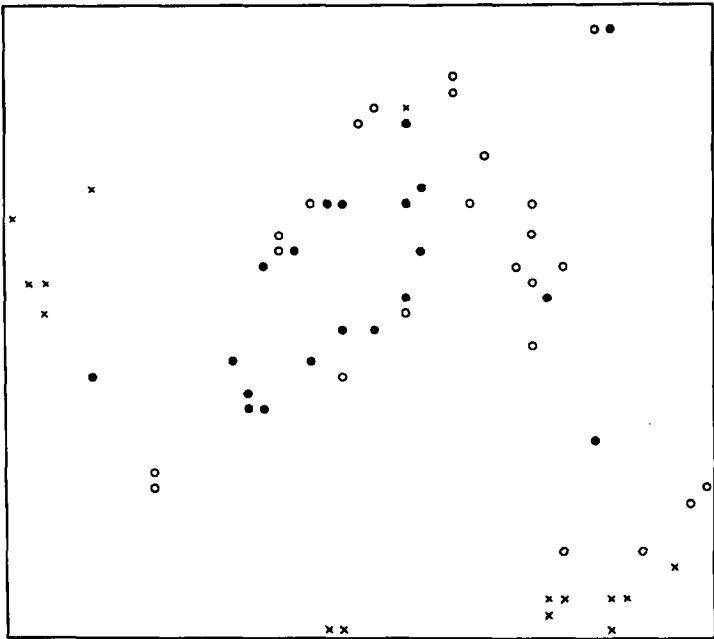


Abb. 3: Verbreitung von *Xanthoria parietina* (L.) TH. FR.

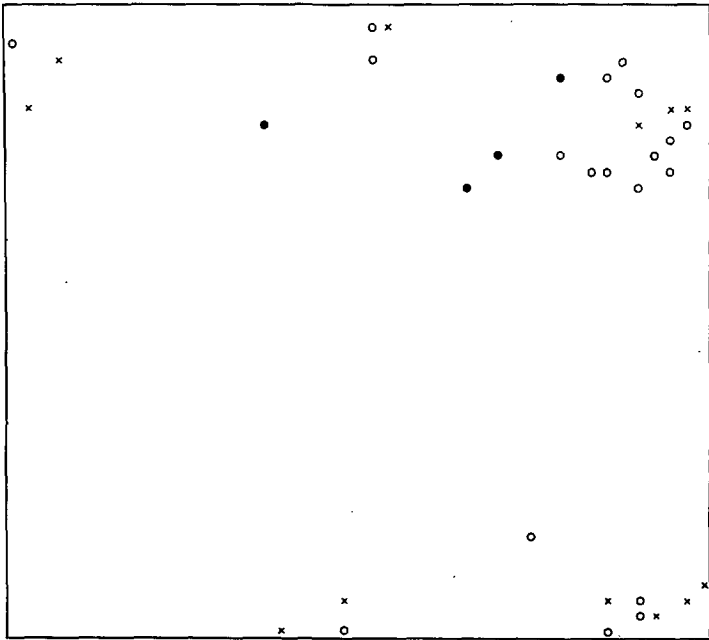


Abb. 4: Verbreitung von *Pseudevernia furfuracea* (L.) ZOPF

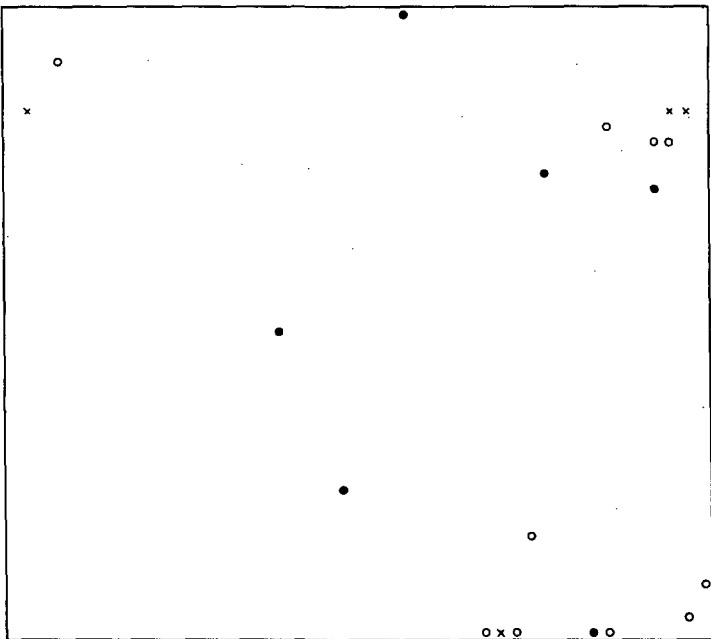


Abb. 5: Verbreitung von *Usnea* spec.



## Ausgewählte Vegetationsaufnahmen der einzelnen Zonen:

Aufnahme:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Baumart:	Ld	Ps	Ap	Fe	Ap	Qr	Pa	Fe	Pd	Ah	Ap
Deckungsgrad: %	70	80	90	60	25	35	40	15	10	10	50
Zone:	(70)	(70)	(70)	(55)	(20)	(15)	(35)	(13)	(5)	(5)	(1)
Zone:	1	1	2	2	3	3	3	4	4	5	5
Hypogymnia physodes	4(x)	1(x)	1(x)	—	—	—	26(o)	—	r(●)	—	—
Usnea filipendula	2a(x)	3(x)	—	—	—	—	2a(●)	—	—	—	—
Parmeliopsis ambigua	1	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Hypocenomyce scalaris	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pseudevernia furfuracea	2a(x)	1(x)	—	—	+(o)	—	1(o)	—	—	—	—
Hypogymnia tubulosa	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cetraria pinastri	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Platismaria glauca	—	2b(x)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bryoria fuscescens	—	2b(x)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Parmelia saxatilis	—	r(x)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Chaenotheca ferruginea	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cetrelia cetrarioides	—	—	2a(o)	—	—	—	—	—	—	—	—
Parmelia caperata	—	—	2a(o)	—	—	—	—	—	—	—	—
Parmelia subrudecta	—	—	1(x)	—	—	—	—	—	—	—	—
Moos spec.	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Phlyctis argena	—	+	2a	—	1	1	1	+	—	—	—
Parmelia fuliginosa	—	—	2a(x)	—	—	1(o)	—	—	+(●)	—	—
Evernia prunastri	—	—	+(o)	—	r(●)	—	+(o)	—	—	—	—
Pertusaria albescens	—	—	+	—	2a	—	—	+	—	—	—
Lecanora argentata	—	—	+	1	+	—	—	—	—	—	—
Parmelia sulcata	—	—	3(o)	—	—	2a(o)	—	—	1(o)	—	r(●)
Candelariella xanthostigma	—	+	1	—	1	1	—	+	+	+	1
Xanthoria parietina	—	—	—	2a(x)	2a(o)	+(o)	—	1(●)	—	—	—
Physconia distorta	—	—	—	+	2a(x)	—	—	1(o)	—	—	—
Candelaria concolor	—	—	—	+	+	—	—	+	—	—	—
Parmelia subargentifera	—	—	—	—	1(x)	—	—	+	—	—	—
Physcia adscendens	—	—	—	+	1	—	—	+	—	—	—
Physcia stellaris	—	—	—	3(x)	+	—	—	r(o)	—	—	—
Lecanora saligna	—	—	—	—	+	—	—	+	1	—	1
Buellia punctata	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	+
Lepraria incana	—	—	—	—	—	+	1	1	—	1	+
Physcia orbicularis	—	—	—	3(x)	+(x)	+(x)	—	—	+(x)	1(o)	—
Grünalgenkruste	—	—	—	—	—	2a	—	—	+	+	3

## Legende zu den Vegetationsaufnahmen:

- Aufnahmelokalitäten: 1) Gnadenwaldterrasse, südl. Baumkirchner Tal in ca. 800 msm.  
 2) Wie Standort 1.  
 3) Gnadenwaldterrasse, Nähe Wiesenhof in ca. 850 msm.  
 4) Volderwald, Gasteig in ca. 790 msm.  
 5) Volderwald, zwischen Karlskirche und Gasthaus Kreuzhäusl, in ca. 590 msm.  
 6) Mils, Nähe Grüneck in ca. 680 msm.  
 7) Kienberg südlich Hall in ca. 790 msm.

- 8) Thaur, in ca. 620 msm.
- 9) Hall Zentrum, Gartenanlage in ca. 570 msm.
- 10) Hall Zentrum, Innsbrucker Straße, in ca. 570 msm.
- 11) Hall, Nähe Häusern in ca. 620 msm.

Baumarten: Ld = *Larix decidua*, Ps = *Pinus sylvestris*, Ap = *Acer pseudoplatanus*, Fe = *Fraxinus excelsior*, Qr = *Quercus robur*, Pa = *Picea abies*, Ah = *Aesculus hippocastanum*, Pd = *Prunus domestica*.

Die Deckungsgradangaben werden in der oberen Zeile als Werte des Gesamtdeckungsgrades angegeben, während sich die Klammerangaben in der Zeile darunter auf die Werte für den Deckungsgrad von Blatt- und Strauchflechten beziehen.

Die Symbole (x ○ ●) entsprechen in ihrer Bedeutung jenen der Flechtenverbreitungskarten (Abb. 1 - 5).

### **Flechtenzonierung:**

Im Untersuchungsgebiet treten alle 5 Flechtenzonen auf, die nach den unter Abschnitt 3 angeführten Kriterien unterschieden werden. In Abb. 6 werden die Zonen mit unterschiedlicher Symbolgebung\*) voneinander unterschieden (siehe Legende bei Abb. 6). Grundfelder ohne Symbol sind jene, die nicht zugeordnet werden konnten, weil entweder keine geeigneten Trägerpflanzen vorhanden waren (offene Felder ohne Baumbewuchs, dichter Waldbestand mit zu starker Beschattung) oder es sich um militärisches Sperrgebiet handelt (allerdings nur wenige Quadranten davon betroffen).

#### **ZONE 1:**

bleibt auf geringe Flächen beschränkt und tritt nur sporadisch im Bereich der Gnadenwaldterrasse im N sowie des Volderwaldes im S auf. Überraschenderweise konnte im NW des Untersuchungsgebietes, wo das Gelände bis ca. 1500 msm untersucht wurde, auch keine eindeutige Zone 1 nachgewiesen werden. Dort wurde im Gegenteil die Beobachtung gemacht, daß sich bis ca. 1200 msm die Gütestufe der Zonen bis auf 2 (lokal eventuell auch als 1 auszuweisen) verbessert und sich dann bis ca. 1500 msm plötzlich wieder um eine Stufe verschlechtert. Erst darüber wird es wieder besser. In diesem Bereich wurde die Bewertung allerdings ziemlich erschwert, weil nur wenige geeignete Aufnahmeplätze vorhanden sind, da es sich zum Teil um dichtes Waldgebiet handelt.

#### **ZONE 2:**

tritt im Bereich des Talbodens auch noch nicht auf, sondern kommt als größeres, zusammenhängendes Gebiet im N erst auf der Gnadenwaldterrasse sowie am Abhang des Haller Zunterkopfes bzw. Lippenkopfes zwischen ca. 900 und 1200 msm und im S im Bereich des Zimmertales und des Volderwaldes größtenteils bereits ab ca. 700 msm (teilweise schon ab ca. 650 msm) vor.

Im S ist auch keine derartige Höhenzonierung wie im N feststellbar, sondern es nimmt dort mit der Höhe die Zonengüte zu und wird nur kleinflächig dort wieder etwas schlechter, wo auf der Mittelgebirgsterrasse größere Siedlungskonzentrationen wie z. B. Tulfes oder Rinn auftreten (in Abb. 6 nicht mehr ersichtlich).

#### **ZONE 3:**

breitet sich vor allem in den Übergangsbereichen zwischen besiedeltem Gebiet und größeren Waldbereichen aus, wobei sie sich im N relativ breit und ausgedehnt bis in eine Höhe von ca. 900 msm am Abhang des Haller Zunterkopfes und des Lippenkopfes hinaufzieht, während sie im S nur in Form eines dünnen Bandes ausgebildet ist, das einen ziemlich schnellen Übergang zwischen Zone 2 und Zone 4 darstellt.

---

\*) Symbole in Abb. 6 stimmen in ihrer Bedeutung nicht mit jenen der Verbreitungskarten bzw. der Vegetationsaufnahmen überein.

#### ZONE 4:

nimmt den größten Teil des Talbodenbereiches ein, wobei in erster Linie stadtzentrumserne Siedlungsräume und die Kerngebiete der ländlichen Siedlungen davon betroffen sind. Auffällig ist, daß auch ein Großteil der voll landwirtschaftlich genutzten Fläche (wo eine Bewertung möglich war) in den Bereich dieser Zone fallen, wie z. B. im Westen von Mils. Das dicht bebaute Siedlungsgebiet von Absam/Eichat bedeckend, zieht sie sich nach N und durchbricht keilförmig Zone 3. Innerhalb von Zone 5 tritt Zone 4 noch restförmig in kleineren Bereichen (v. a. mit größeren Grünflächen) auf.

#### ZONE 5:

in langgestreckter Form überzieht sie das Industriegebiet von Hall sowie den zentralen, städtischen Siedlungsraum, außerdem begleitet sie noch den Verlauf der Inntalautobahn und den Inn. In auffälliger Weise erstreckt sie sich auch noch in einem Ausläufer bis ins Ortsgebiet von Mils und weitet sich im SW des Untersuchungsgebietes ungewöhnlich weit in zum Teil landwirtschaftlich genutztes Gelände.

Allgemein fällt auf, daß sich die schlechteren Zonen nach N zu flächenmäßig stark ausgedehnt präsentieren, während sich im S eine bergwärts wesentlich schnellere und höhenmäßig in tiefere bereiche versetzte Abfolge der einzelnen Zonen beobachten läßt.

### 5. Diskussion:

Die vorliegende Kartierung (Abb. 6) läßt in ihrer Zonenverteilung ein sehr unerfreuliches Ergebnis erkennen. Allein die Tatsache, daß eine ungeschädigte Flechtenzone und damit eine Zone hoher Luftqualität nur mehr in kleinsten Resten ausgebildet ist, gibt schon Aufschluß über die schlechte Situation, die im gesamten Untersuchungsgebiet vorherrscht. Betrachtet man aber die Ausdehnung der Zonen 4 und 5, wird die ungünstige Lage besonders verdeutlicht. Der Großteil des besiedelten Gebietes wird von diesen beiden Zonen eingenommen, wobei die dichtest besiedelten Flächen, wo das Stadtklima mit geringerem Luftaustausch die Lage noch verschärft, überwiegend in Zone 5 fällt. Einige Autoren, wie z. B. STEINER und SCHULZE-HORN (1955), STEINER (1957) und besonders RADZAK (1953) messen überhaupt dem städtischen Mikroklima eine gleichbedeutende bzw. sogar zum Teil größere Bedeutung im Hinblick auf das Absterben und Fehlen von Flechten in städtischen Ballungsräumen bei.

Die großflächige Ausbildung von Zone 5 außerhalb des städtischen Bereiches (besonders im SW) hängt mit einer hohen  $\text{SO}_2$ -Belastung dieses Abschnittes zusammen, die auch in Nadelanalysen zum Ausdruck kommt. Im Raum Hall wurden von der Tiroler Forstbehörde in den letzten Jahren Nadelanalysen an verschiedenen Punkten durchgeführt. In Abb. 7 werden diese Sammelpunkte innerhalb (und einige auch außerhalb) des Untersuchungsgebietes dargestellt. Die Daten, welche für den Schwefelgehalt der Nadeln erhältlich waren, sind in Abb. 8 als Säulendiagramm dargestellt und den jeweiligen Flechtenzonen, in welchen sich die Sammelpunkte befinden zugeordnet. In der nachfolgenden Tab. 1 werden die Schwefelwerte der einzelnen Sammelpunkte aufgelistet und jeweils ein Mittelwert berechnet. In Abb. 9 soll graphisch das Verhältnis zwischen der Spannweite der Schwefelwerte der Nadeln und Flechtenzonenzuordnung verdeutlicht werden.\*)

Auch wenn eine gewisse abnehmende Tendenz im Schwefelgehalt der Nadeln parallel zur Verbesserung im Grad der Flechtenzone zu erkennen ist, so kann man doch nicht von einer linearen Abnahme sprechen. Die Werte bei Punkt H16 sind z. B. geringer als bei H7, wobei ersterer in Zo-

---

\*) An dieser Stelle möchte ich mich bei der Tiroler Forstbehörde und einigen ihrer Mitarbeiter für informative Gespräche und die Bereitstellung der Daten der Nadelanalysen bedanken.

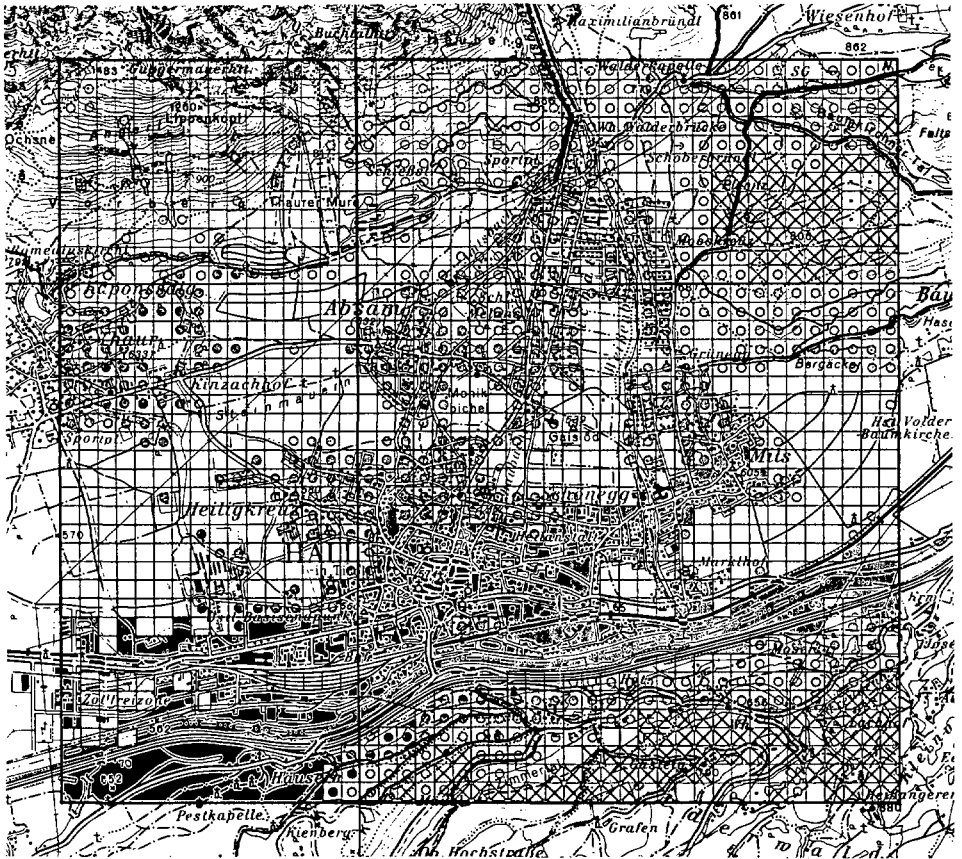


Abb. 6: Flechtenzonierung der Stadt Hall in Tirol und Umgebung 1988  
 Kartengrundlage: ÖK-Karte 1:25.000 (Vergr. d. ÖK 1:50.000) Bl. 118

ne 5 liegt und letzterer im Übergangsbereich zwischen Zone 3 und 4. Ebenso weist H39, der in Zone 2 liegt, vergleichbare Daten wie H28 (Zone 3/4) auf. Noch deutlicher wird dies, wenn man auf Abb. 9 die z.T. große Streuung der Schwefelgehaltswerte pro Flechtenzone betrachtet. Dabei zeigt sich, daß zwar die Gesamtdurchschnittswerte mit zunehmender Zonengüte abnehmen, daß aber im Untersuchungsgebiet kein fixiertes Verhältnis Flechtenzone/Schwefelgehalt der Nadeln erstellt werden kann (wie dies z.B. von SIGL 1976 für den Raum Kufstein – Wörgl durchgeführt wurde), da es zu starke Streuungen der Werte pro Zone gibt. Dies ist ein Hinweis, daß nicht nur  $\text{SO}_2$  für die Schäden an der Flechtenflora verantwortlich zu machen ist. Dazu paßt auch, daß in den letzten Jahren die Schwefelbelastung der Luft kontinuierlich vermindert wurde (z.B. durch Reduktionsmaßnahmen im Hausbrandbereich).

Weitere Schadstoffe, welche auf Flechten einen schädigenden Einfluß ausüben, sind unter anderem  $\text{NO}_x$  und Ozon (siehe: JÜRGING 1975, HAWKSWORTH & ROSE 1976).

Für Punkt H16 (Zone 5) werden deutlich geringere Werte im Schwefelgehalt der Nadeln als etwa für H7 (Zone 3/4) angegeben. Die stationäre Meßstation bei H16 (Station Hall in Tirol, Münzergasse) verzeichnet hingegen häufiger Grenzwertüberschreitungen der  $\text{NO}_x$ - und Ozonbelastung (siehe: Monatsübersichten der Immissionsüberwachung). Eine alleinige Verantwortlichkeit eines Schadstoffes für den schlechten Zustand der Flechtenflora im Raum Hall kann nicht postuliert werden, da die verschiedenen Schadstoffe wahrscheinlich in komplizierter Weise synergistisch zusammenwirken.

An manchen Straßenzügen, welche im Winter mittels Salzstreuung schneefrei gehalten bzw. vor Vereisung geschützt werden sollen, wird durch Schneeräumfahrzeuge und fahrende Autos das Salz/Wasser-Gemisch manchmal hoch auf die Stämme der entlang der Straße stehenden Bäume gespritzt und bringt dadurch ebenfalls eine negative Beeinflussung für die Flechten mit sich. Allerdings ist dieser Effekt sicherlich nur sehr lokal von Bedeutung, da in den letzten Jahren die Salzstreuungen zu Gunsten von Kiesstreuungen eher zurückgegangen sind.

Vor allem an Bäumen neben stark befahrenen Straßen kann auch die Staubbelastung so stark werden, daß viele Flechten durch verringerte Photosyntheseaktivität infolge Lichtintensitätsverminderung (siehe u. a. BORTENSCHLAGER & SCHMIDT 1963) zum Absterben verurteilt sind. Außerdem bedingt der Staub eine zum Teil extreme Änderung des pH-Wertes der Rinden, wodurch die meisten Flechtenarten darauf nicht mehr existieren können. Solche stark staubverkrusteten Exemplare von Flechten konnten auch öfters gefunden werden.

Die Ausbildung der Zonen läßt einen Zusammenhang mit Inversionslagen vermuten. Inversionen, die als Sperrschicht in der Atmosphäre wirken, bremsen die Vertikalbewegungen der Luft ab und bewirken eine Anreicherung von Staub, Dunst und auch Schadstoffen. Im Bereich von Innsbruck und Umgebung treten Inversionen nach VERGEINER et al. (1978) vor allem im Zeitraum von November – Dezember häufig auf.

Der stark unterbundene vertikale Luftaustausch während Inversionslagen würde die großflächige Verbreitung der schlechten Zonen im Talbodenbereich erklären. Auch die Zonenverschlechterung zwischen ca. 1200 und 1500 msm am Abhang des Zunterkopfes bzw. des Lippenkopfes könnte eventuell damit erklärt werden, da vor allem an geeigneten Geländeformen im Inversionsgrenzbereich die Schadstoffe durch Anreicherung verstärkt einwirken. Im Bereich der Gnadenwaldterrasse kann man auch beobachten, daß die Hanglagen in Zone 3 und 4 fallen, während sofort nach dem Hangknick und dem Übergang zur Terrassenebene die Zonen 2 und sogar 1 auftreten.

Dieser Zusammenhang Inversionen/Verbreitung der Flechtenzonen stellt allerdings eine Vermutung dar und bedarf zur Beweissicherung einer weiteren genaueren und großflächigeren Untersuchung.

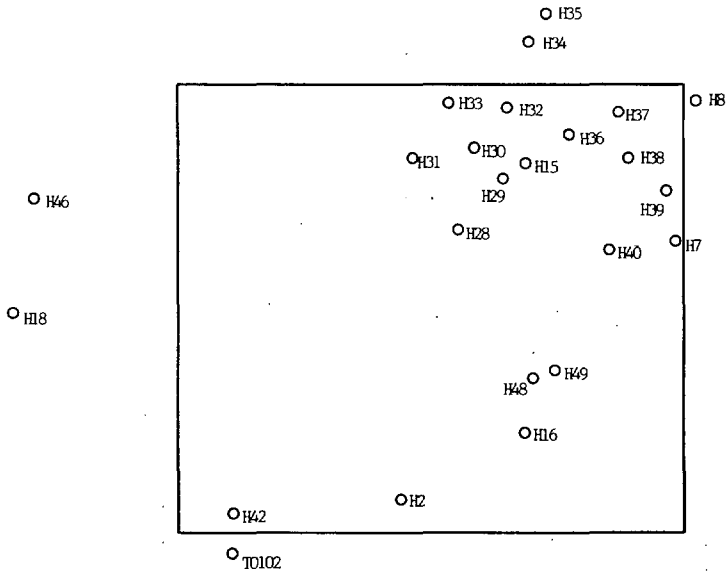


Abb. 7: Verbreitung der Nadelsammelpunkte (für die Nadelanalysen) in- und außerhalb des Untersuchungsgebietes

Tab. 1: Durchschnittlich gemessener Schwefelgehalt in Fichtennadeln in % der Nadelnassmasse (Messwerte von der Landesforstinspektion für Tirol), Nr. = Nadelsammelpunkte, Nj. = Nadeljahrgang, D = Durchschnittswert für die Jahre 1984/85/86/87, Z = Flechtzone der Sammelpunkte.

Nr.	1984		1985		1986		1987		D	Z
	1. Nj.	2. Nj.	1. Nj.	2. Nj.	1. Nj.	2. Nj.	1. Nj.	2. Nj.		
T0102	0,103	0,145	0,113	0,135	0,098	0,139	0,116	0,122	0,121	5
H2	0,096	0,102	0,130	0,140	0,100	0,090	—	—	0,110	4/5
H7	0,085	0,126	0,110	0,130	0,100	0,120	0,110	0,130	0,114	3/4
H8	0,076	0,091	0,110	0,110	0,080	0,090	0,100	0,100	0,095	3
H15	0,078	0,071	0,100	0,100	—	0,080	—	—	0,086	3/4
H16	0,085	0,090	0,120	0,120	0,110	0,100	0,100	0,100	0,103	5
H18	—	—	0,140	—	0,100	0,100	—	—	0,113	4
H28	—	—	0,100	0,090	0,100	0,110	0,110	0,090	0,100	3/4
H29	—	—	0,090	0,090	0,080	0,080	—	—	0,085	4
H30	—	—	0,090	0,090	0,100	0,100	—	—	0,095	3
H31	—	—	0,090	0,100	—	—	—	—	0,095	3
H32	—	—	0,080	0,110	—	0,100	—	—	0,097	3
H33	—	—	0,080	0,090	0,080	0,080	—	—	0,083	2/3
H34	—	—	0,090	0,100	—	—	—	—	0,095	3
H35	—	—	0,080	0,070	0,070	0,070	0,080	0,090	0,077	2
H36	—	—	0,090	0,100	0,080	0,090	—	—	0,090	3
H37	—	—	0,090	0,060	—	—	—	—	0,075	3
H38	—	—	0,070	0,070	—	—	—	—	0,070	2
H39	—	—	0,100	0,080	0,100	0,110	0,090	0,110	0,098	2
H40	—	—	0,100	0,100	0,090	0,110	0,110	0,100	0,102	3
H42	—	—	—	—	0,110	0,090	—	—	0,100	5
H46	—	—	—	—	—	—	0,090	0,090	0,090	3
H48	—	—	—	—	—	—	0,110	—	0,110	5
H49	—	—	—	—	—	—	0,110	0,100	0,105	4

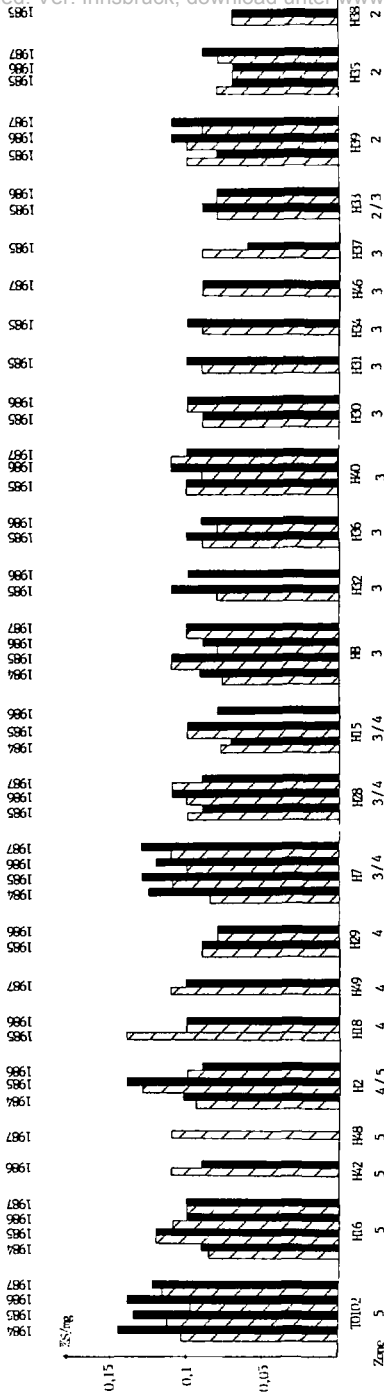


Abb. 8: Säulendiagrammdarstellung des durchschnittlichen Schwefelgehaltes in Fichtennadeln in % der Nadel-trockenmasse. 1. Nadeljahrgang = schraffiert, 2. Nadeljahrgang = schwarz

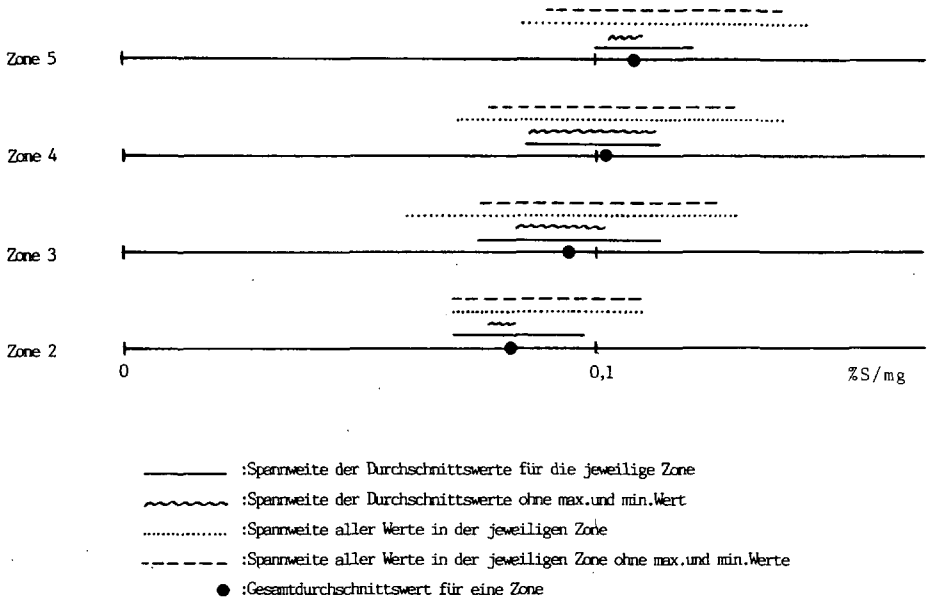


Abb. 9: Spanneiten der Schwefelgehaltswerte von Fichtennadeln in den einzelnen Flechtenzonen

## 6. Anhang A: Überlegungen zur Verwendung geeigneter Grundfeldgrößen bei der Kartierung kleinerer Untersuchungsgebiete:

Einige Erklärungen zu im folgenden verwendeten Begriffen und Abkürzungen:

GF: Grundfeld = Quadrant = Untersuchungseinheit

Grundfeldkarte: Rasternetzdarstellung der Flechtenzonen (siehe Abb. 10, 12, 14, 16)

Zonenkarte: Karte auf der die Flechtenzonen flächendeckend aus der Grundfeldkarte hervorgehend bzw. interpretiert mit der üblichen Linienabgrenzung dargestellt werden (siehe Abb. 11, 13, 15, 17)

UG: Untersuchungsgebiet

Zu Beginn einer Kartierung ist es zweckmäßig sich zu überlegen, ob man die Flechtenaufnahmen bzw. -begutachtungen an beliebigen, zufällig oder nach bestimmten Gesichtspunkten ausgesuchten Standorten durchführen will oder ob es günstiger wäre, durch ein Rasternetz das Untersuchungsgebiet in mehr oder weniger vorgegebene Aufnahmepunkte einzuteilen.

Ein Rasternetz hat gegenüber einer zufälligen Auswahl sicherlich den Vorteil (je nach Weit- oder Engmaschigkeit) einer höheren Genauigkeit hinsichtlich der Grenzziehung zwischen den einzelnen Zonen. Allerdings ist ein größerer Zeitaufwand nötig, wenn man im Hinblick auf die Genauigkeit eine geringe Untersuchungsfeldgröße wählt.

In ausgedehnten Untersuchungsgebieten, welche noch dazu relativ arm an Reliefenergie sind, hat sich die Größe von Grundfeldern mit 1 km Seitenlänge schon bei verschiedenen Kartierungen (siehe z.B. LASOTA-CHRIST und TÜRK 1984, VERHEYEN et al. 1987) als günstig erwiesen. Hingegen muß in kleinflächigen Untersuchungsgebieten, die dazu noch eine starke Reliefenergie aufweisen, eine Quadrantengröße mit geringerer Seitenlänge in Anwendung gebracht werden. Es bedarf also einer vernünftigen Abwägung zwischen Ausdehnung und Reliefenergie des zu untersuchenden Gebietes, der Größe der Quadranteneinheit und dem damit verbundenen, voraussichtlichen Zeitaufwand für die Kartierungsarbeit.



Um herauszufinden welche Feldgröße für ein derartiges Gelände (geringe Ausdehnung, reliefstark) am besten geeignet ist, wurde die vorliegende Kartierung mit vier verschiedenen Grundfeldgrößen in den Reihenfolge abnehmender Größe von 1000 m über 500 m, 250 m und 125 m Seitenlänge durchgeführt. Es wurde bei Verwendung der größeren Quadranten bald ersichtlich, daß nur schwierig bzw. unmöglich eine einzige Zonenbewertung pro Grundfeld gegeben werden konnte, sodaß z.T. bereits diese GröÙeinheiten mit 2 unterschiedlichen Wertungen versehen wurden. Ansonsten wurde jedes GF nach den vorgeschriebenen Kriterien beurteilt (wenn dies möglich war) und der jeweils vorherrschenden Zone zugeteilt.

Im folgenden werden die Ergebnisse in Kartenform dargestellt, wobei jeder Grundfeldkarte eine Zonenkarte beigelegt ist (Abb. 10 - 17).

Legende zu den folgenden Abbildungen:

schwarz: Zone 5, schwarz großpunktiert: Zone 4, Kreise: Zone 3, kreuzschraffiert: Zone 2, schwarz feinpunktiert: Zone 1, weiß: un beurteilt.

Die vorliegenden Ergebnisse lassen erkennen, daß die Genauigkeit der Zonierung selbstverständlich mit Abnahme der GF-GröÙe zunimmt. Grobumrisse der Zonenverteilung ergeben sich bereits bei einer QuadrantengröÙe von 1 km<sup>2</sup>, allerdings erfolgt bei der Rasternetzdarstellung eine nicht mögliche Nachbarschaft von Quadranten der Zone 5 und Zone 2 (siehe Abb. 10). Dies kann zwar in der interpretierten Zonenkarte (Abb. 11) durch Einzeichnung des ungefähren Verlaufes der fehlenden Zonen 3 und 4 als Übergang abgeschwächt werden, aber eine detaillierte Darstellung ist nicht möglich. Zone 2 kann mit dieser GF-GröÙe im NW überhaupt nicht ausgewiesen werden.

Bereits ein wesentlich genaueres Bild ergibt sich bei Verwendung einer GF-GröÙe mit 500 m Seitenlänge (Abb. 12 und 13). Vergleicht man dieses Ergebnis mit dem genauen Kartierungsergebnis (Abb. 16), so lassen sich bereits viele wesentliche Merkmale erkennen, wie z.B. die Aufspaltung der Zone 5 im Osten, der keilförmige Vorstoß von Zone 4 nach Norden und auch das Vorkommen von Zone 2 im NW. Die größten Schwierigkeiten ergeben sich aber immer noch, wie schon bei den 1 km-Quadranten, in Bereichen mit großen Höhenunterschieden innerhalb eines Quadranten. So ist auch vor allem im südlichen Teil des Gebietes bei dieser GF-GröÙe noch keine exakte Darstellung möglich. In einem 1 km<sup>2</sup>-GF sind in diesem Bereich alle 5 Flechtzonen anzutreffen und bei Verwendung von GF mit 500 m Seitenlänge kommt eines mit 4 und mehrere mit 3 Zonenbereichen vor (siehe Tab. 2).

Erst die Anwendung von GF mit 250 m Seitenlänge bringt auch in solchen Abschnitten eine relativ exakte Zonenauflöderung und -abgrenzung (siehe Abb. 14 und 15). Der Grenzverlauf der einzelnen Zonen erfährt eine verstärkte Detailgenauigkeit. Es scheint erstmals auch Zone 1 zwin-gend auf, die mit ihren kleinen Restgebieten unter Anwendung größerer Quadranten nur dann aus-kartiert wird, wenn man zufällig dort einen Aufnahme-punkt wählt. Gleiches gilt für das inselhafte Auftreten von Zone 4 innerhalb von Zone 5.

Eine sehr genaue Darstellung ergibt sich natürlich bei Verwendung von noch kleineren GF mit der Seitenlänge von 125 m (siehe Abb. 16 und 17). Der Grenzlinienverlauf wird diffiziler und sporadisches Auftreten von kleinflächigen Bereichen mit unterschiedlicher Zonenbeurteilung wird besser sichtbar. Ein stärkerer Unterschied zur nächsthöheren GröÙenordnung (250 m-GF) ergab sich bei der Umsetzung der Grundfeldkarte in eine Zonenkarte im Bereich des Grenzverlaufes der Zonen 3 und 4 im Westen des Untersuchungsgebietes. Es treten nämlich erstmals im Süden von Thaur (zur Orientierung siehe Abb. 6) zwei Quadranten mit der Zonenbewertung 3 auf, die eine derartige Interpretation des Zonenverlaufes erlauben. Da allerdings in diesem Bereich tatsächlich nur wenige Bewertungsmöglichkeiten in Form von geeigneten Bäumen zur Verfügung stehen und folglich viele unbewertbare Quadranten vorhanden sind (siehe Abb. 16), wären hier auch andere Interpretationen des Grenzverlaufes zwischen Zone 3 und 4 möglich.

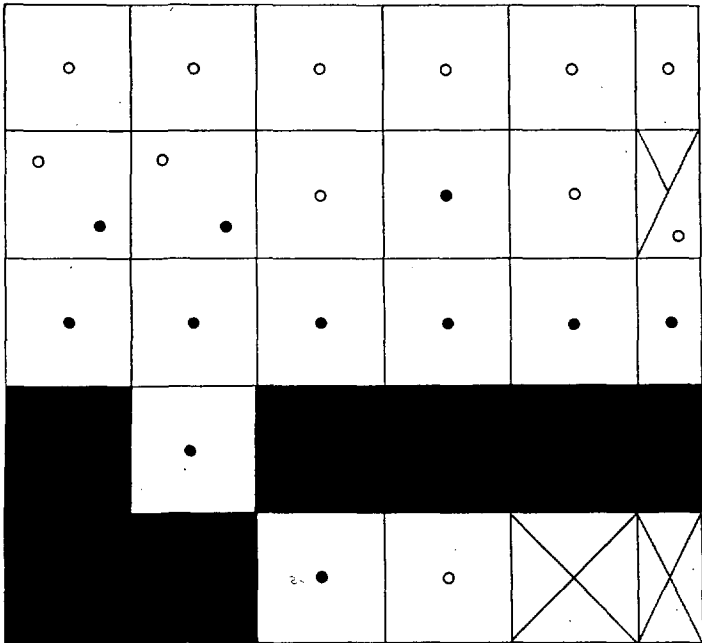


Abb. 10: Grundfeldbewertung des UG mit 1 km-GF

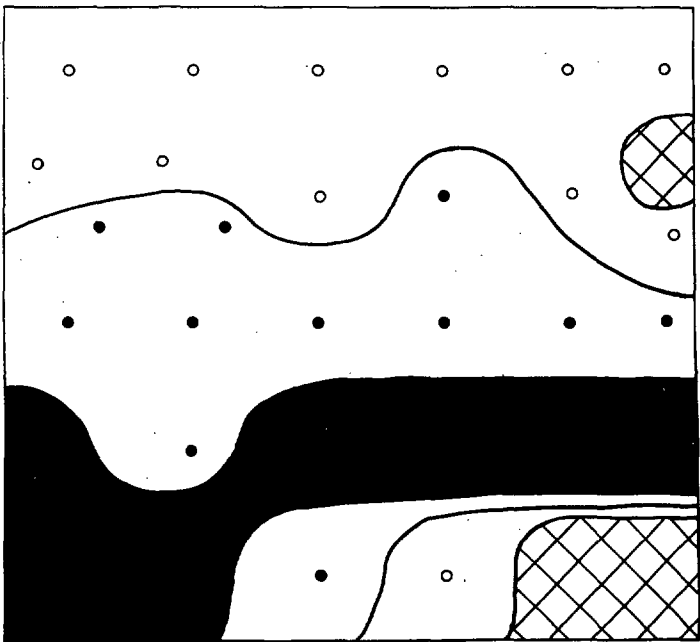


Abb. 11: Aus Abb. 10 hervorgehende bzw. interpretierte Zonererstreckung im UG

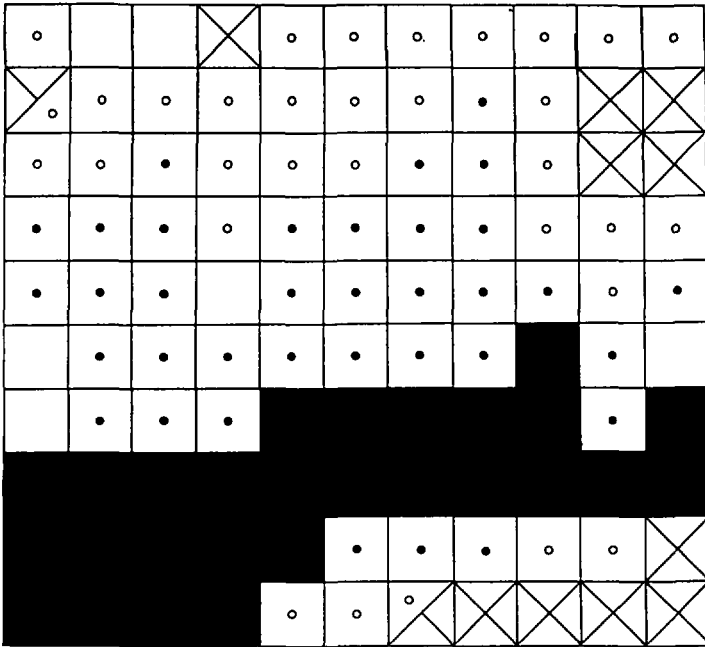


Abb. 12: Grundfeldbewertung des UG mit 500 m-GF

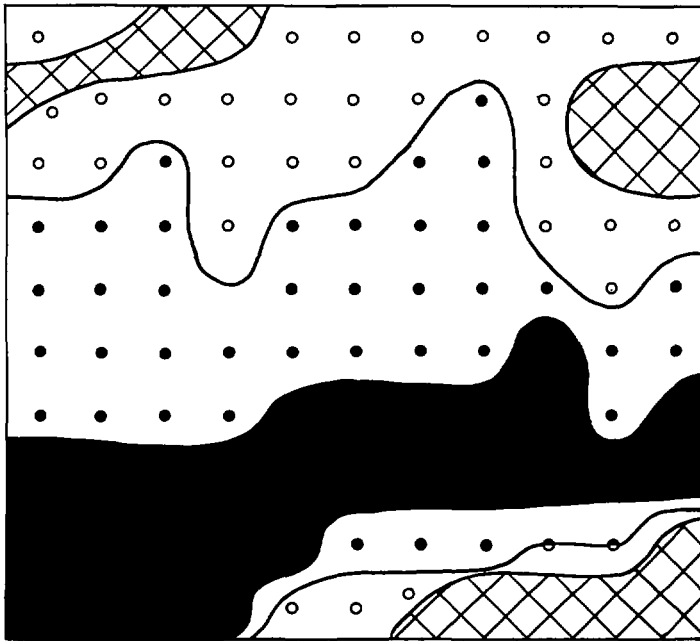


Abb. 13: Aus Abb. 12 hervorgehende bzw. interpretierte Zonenerstreckung im UG

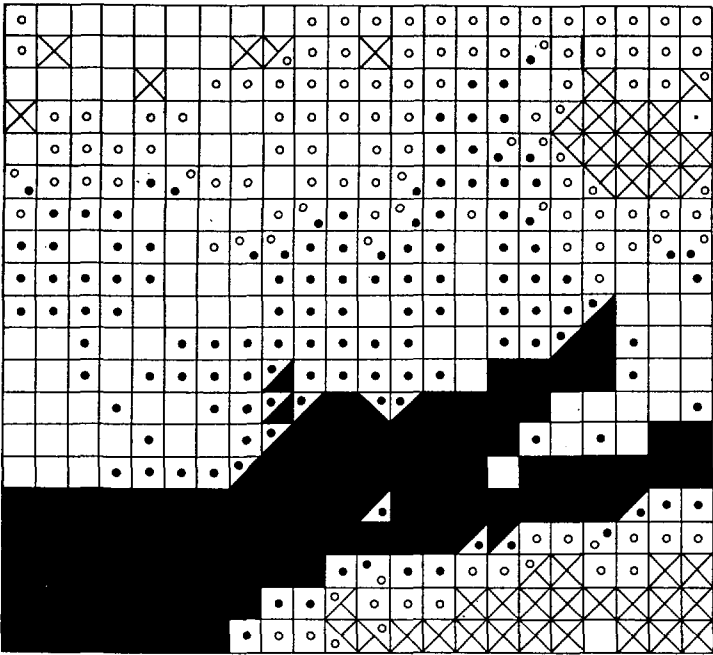


Abb. 14: Grundfeldbewertung des UG mit 250 m-GF

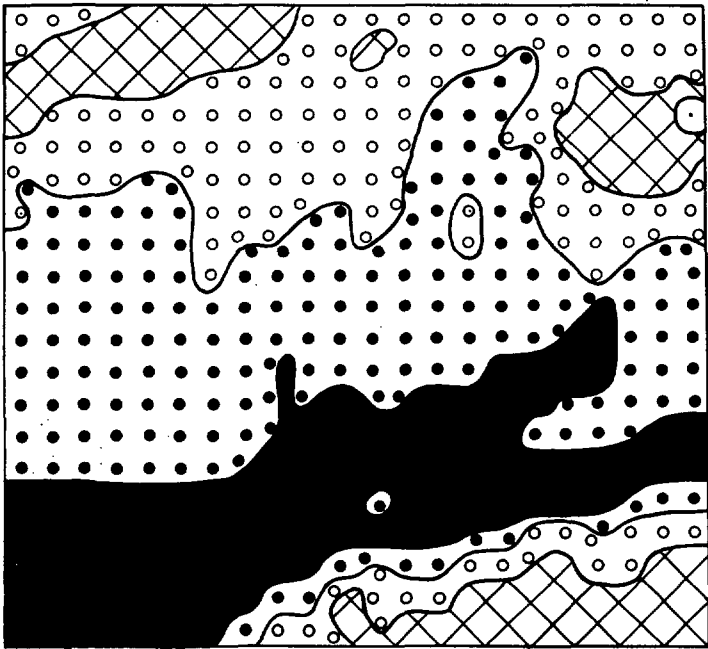


Abb. 15: Aus Abb. 14 hervorgehende bzw. interpretierte Zonenerstreckung im UG

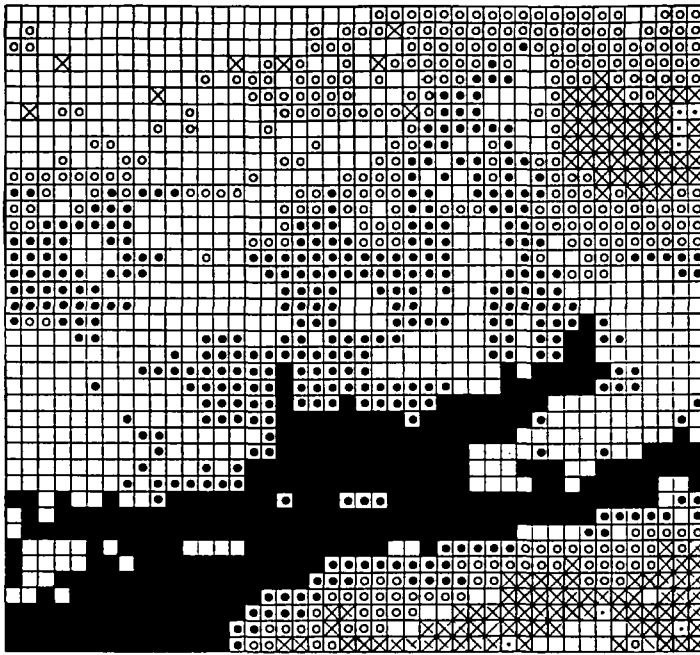


Abb. 16: Grundfeldbewertung des UG mit 125 m-GF



Abb. 17: Aus Abb. 16 hervorgehende bzw. interpretierte Zonenerstreckung im UG

Tab. 2: Anzahl der unterschiedlichen Zonen (bezogen auf GF mit 125 m Seitenlänge) in den GF mit 1000 m, 500 m und 250 m Seitenlänge (mit %-Angabe an der jeweiligen Grundfeldanzahl).

in 1000 m-GF (25 untersuchte GF):	mit einer Zone:	2 GF	8 %
	mit zwei Zonen:	16 GF	64 %
	mit drei Zonen:	4 GF	16 %
	mit vier Zonen:	2 GF	8 %
	mit fünf Zonen:	1 GF	4 %
	kein beurteiltes GF		0 %
in 500 m-GF (110 untersuchte GF):	mit einer Zone:	39 GF	35,5 %
	mit zwei Zonen:	53 GF	48 %
	mit drei Zonen:	11 GF	10 %
	mit vier Zonen:	1 GF	1 %
	mit fünf Zonen:	0 GF	0 %
	6 unbeurteilte GF		5,5 %
in 250 m-GF (440 untersuchte GF):	mit einer Zone:	259 GF	58,9 %
	mit zwei Zonen:	95 GF	21,6 %
	mit drei Zonen:	0 GF	0 %
	mit vier Zonen:	0 GF	0 %
	mit fünf Zonen:	0 GF	0 %
	86 unbeurteilte GF		19,5 %

Die Zahl der unbeurteilbaren Grundfelder nimmt natürlich mit der geringer werdenden Größe derselben zu (siehe Tab. 2) und damit auch die unbewertete Gesamtfläche (siehe Tab. 3). Dies erfolgt allerdings nur scheinbar, da bei größerer GF-Fläche die real unbewertbaren Anteile des Grundfeldes jenen Wert erhalten, welcher den bewertbaren Teilen zukommt. Mit kleinen Quadranten hingegen wird die nicht beurteilbare Fläche besser ausgewiesen.

Dem exakten Ergebnis der Kartierung mit 125 m-GF steht allerdings der größere Zeitaufwand gegenüber, der erforderlich ist, um alle Quadranten genau zu begutachten. Da aber ein Vorteil solcher Kartierungen auch in der Schnelligkeit der Durchführbarkeit liegen sollte, fragt es sich, ob der Gewinn an Genauigkeit in der Zonenabgrenzung gegenüber der nächsthöheren GF-Größe wirklich den Mehraufwand an Zeit rechtfertigt. Ein Vergleich der Ergebnisse läßt erkennen, daß bereits eine 250 m-GF-Kartierung die nötige Genauigkeit erreicht, um relativ detaillierte Grenzziehung zwischen den Zonen zu ermöglichen und die wichtigsten Kennzeichen im Zonenverlauf aufzuzeigen, eventuell abgesehen von der unterschiedlichen Interpretation im Verlauf von Zone 3 im Westen, deren unsichere Darstellung aber weniger auf die Quadrantengröße als auf fehlenden Beurteilungsmöglichkeiten im Gelände zurückzuführen ist.

Auch wenn es sich hierbei um ein spezielles Untersuchungsgebiet handelt, weist es doch einige Kennzeichen (relativ enge Tallage, z. T. starke Reliefenergie, geringe bis mittlere Ausdehnung) auf, die auch in anderen Gebieten auftreten (z. B. andere kleine, städtische Bereiche in Tallagen). Deshalb würde ich zusammenfassend im Hinblick auf das Verhältnis von Zeitaufwand und Genauigkeit die Verwendung von GF mit 250 m Seitenlänge als günstige Grundlage für Kartierungen derartiger Untersuchungsgebiete ansehen. Außerdem halte ich eine Rasternetzdarstellung mit Auscheidung der unbeurteilbaren Flächenanteile für eine "ehrlichere" Darstellungsmethode als reine Zonenkarten. Sie sollte zumindest immer als die Grundlage für die daraus hervorgegangenen bzw. interpretierten Zonenkarten dargestellt werden. Auch für nachfolgende Kartierungen im selben Untersuchungsgebiet (z. B. in einigen Jahren, um Veränderungen im Zonenverlauf festzustellen) dürfte die Darstellung mit Grundfeldern eine genauere und damit bessere Grundlage darstellen als Zonenkarten allein.

Tab. 3: Flächenanteile der einzelnen Zonen bzw. der unbeurteilten Fläche in % der Gesamtfläche bei den Raster-netzdarstellungen mit unterschiedlichen GF-Größen.

1000 m-GF (27,5 GF):	Zone 1	0 %
	Zone 2:	6,4 %
	Zone 3:	35,4 %
	Zone 4:	34,6 %
	Zone 5:	23,6 %
	unbeurteilt:	0 %
500 m-GF (110 GF):	Zone 1	0 %
	Zone 2:	10 %
	Zone 3:	28,2 %
	Zone 4:	31,8 %
	Zone 5:	24,5 %
	unbeurteilt:	5,5 %
250 m-GF (440 GF):	Zone 1:	0,2 %
	Zone 2:	9,1 %
	Zone 3:	23,9 %
	Zone 4:	25,6 %
	Zone 5:	21,7 %
	unbeurteilt:	19,5 %
125 m-GF (1760* GF):	Zone 1:	0,4 %
	Zone 2:	7,7 %
	Zone 3:	18,0 %
	Zone 4:	19,8 %
	Zone 5:	18,3 %
	unbeurteilt:	35,8 %

\* Es wurden für die vorliegende Quadrantenuntersuchung in Anhang A nicht mehr alle 1800 125 m-GF verwendet (wie auf Abb. 6 abgebildet), sondern auf Grund des Flächenverhältnisses zu den größeren GF nur noch 1760.

## 7. Anhang B: Vergleich mit der Kartierung 1987:

Ein direkter Vergleich zwischen der Kartierung von BORTENSCHLAGER und Mitarbeitern 1987 und meiner Kartierung, soweit sie gemeinsames Gebiet betreffen (siehe Abb. 18 und 19), ist auf Grund unterschiedlicher Methodenwahl nicht möglich. Man kann deutlich bei beiden Ergebnissen einige Übereinstimmungen (z.B. Gabelungstendenz der Zone 5 im Osten, inselförmiges Auftreten von Zone 4 innerhalb von Zone 5, keinförmiger Vorstoß von Zone 4 im Norden), aber vor allem große Unterschiede in erster Linie in randlichen Bereichen erkennen.

## 8. Zusammenfassung:

Die epiphytische Flechtenflora und -vegetation auf verschiedenen Baumarten im Raum von Hall in Tirol und Umgebung wurde im Hinblick auf die Immissionsituation untersucht.

Während Zone 1 (Zone mit ungeschädigter Flechtenvegetation) nur noch sporadisch feststellbar ist, nehmen die Zonen 4 und 5 (stark belastete Zonen) den größten Teil der dicht besiedelten Fläche ein. Zone 2 und 3 findet man in großen Teilen von siedlungsnahen Waldgebieten.

Eine Liste der aufgefundenen Arten und einige Beispiele für Flechtenvegetationsaufnahmen in den verschiedenen Zonen sind beigefügt.

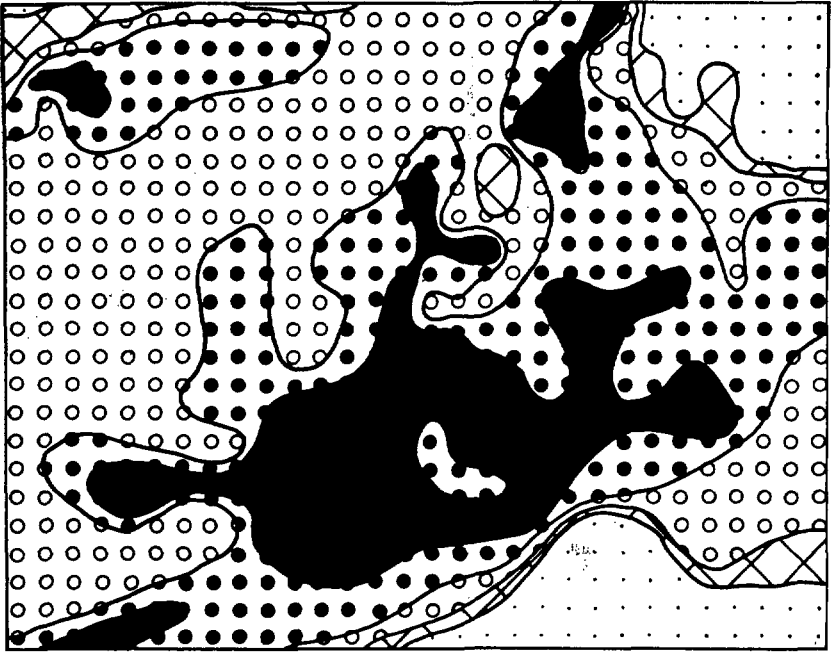


Abb. 18: Ergebnis von Kartierung von BORTENSCHLAGER und Mitarb. 1987 im Raum von Hall u. Umgebung  
(aus: Innsbrucker Stadtnachrichten Nr. 9 1987 mit Umsetzung in eigene Zonensymbolik)

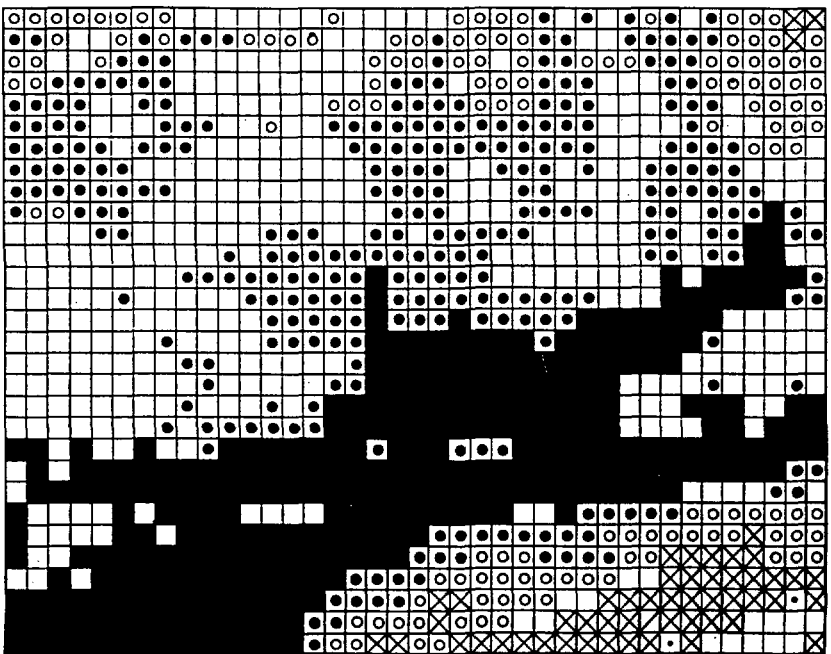


Abb. 19: Ergebnis der eigenen Kartierung 1988 soweit sie gebietsmäßig mit jener von 1987 übereinstimmt



Im Vergleich mit dem Schwefelgehalt von Fichtennadeln (indirektes Meßinstrument für SO<sub>2</sub>-Verunreinigungen) zeigen sich nur abgeschwächte Übereinstimmungen mit den Ergebnissen der Flechtenkartierung.

In einem Anhang werden noch einige Überlegungen zur Größe von Untersuchungseinheiten (Grundfelder, Quadranten) bei Kartierungen in kleinen Untersuchungsgebieten mit relativ stark gegliedertem Relief angeführt. Hierbei wird eine Verwendung von Grundfeldern mit 250 m Seitenlänge als günstigste Methode mit bestem Verhältnis zwischen Zeitaufwand und Genauigkeit angesehen.

## 9. Literatur:

- BESCHEL, R. (1958): Flechtenvereine der Städte, Stadtflechten und ihr Wachstum. — Ber. nat.-med. Verein Innsbruck, **52**: 1 - 158.
- BORTENSCHLAGER, S. & H. SCHMIDT (1963): Untersuchung über die epixyle Flechtenvegetation im Großraum Linz. — Naturkundl. Jahrbuch Stadt Linz 1963: 19 - 35.
- EHRENDORFER, F., W. MAURER, R. & E. KARL (1971): Rindenflechten und Luftverunreinigung im Stadtgebiet von Graz. — Mitt. naturw. Ver. Steiermark, **100**: 151 - 189.
- HAWKSWORTH, D.L. & F. ROSE (1976): Lichens as Pollution Monitors. — Studies in Biology No. **66**, 66 pp.
- HOISLBAUER, G. (1979): Rindenflechten im oberösterreichischen Zentralraum und ihre Abhängigkeit von Umwelteinflüssen. — Stapfia, **5**, 69 pp.
- Innsbrucker Stadtnachrichten — Offizielles Mitteilungsblatt der Landeshauptstadt, Jhg. 1987, Nr. **9**: 12 - 13.
- JOHN, V. (1986): Verbreitungstypen von Flechten im Saarland. — Schriftenreihe "Aus Natur und Landschaft im Saarland" zugleich Abhandlungen der Delatinnia 15/1986, **170** pp.
- JÜRGING, P. (1975): Epiphytische Flechten als Bioindikatoren der Luftverunreinigung — dargestellt an Untersuchungen und Beobachtungen in Bayern. — Bibl. Lichenologica **4**, 164 pp.
- LASOTA-CHRIST, R. & R. TÜRK (1984): Der epiphytische Flechtenbewuchs als Indikator für die Luftverunreinigung im Stadtgebiet von Wien. — Forum Städte-Hygiene, **35**: 122 - 131.
- Monatsübersichten der Immissionsüberwachung, Amt der Tiroler Landesregierung, Landesforstdirektion Abt. III/f3.
- RYDZAK, J. (1953): Rozmieszczenie i ekologia porostów miasta Lublina (Dislokation und Ökologie von Flechten der Stadt Lublin). — Annales Univers. Mariae Curie — Skłodowska (Lublin, Polonia), **VIII/9**. Sect. C: 233 - 356.
- SIGL, P. (1976): Flechtenkartierung im Raum Wörgl — Kufstein (Tirol, Österreich). — Ber. nat.-med. Verein Innsbruck, **63**: 91 - 104.
- Stadtvegetation Innsbruck. — Veröffentl. d. Österr. Bundesinst. für Gesundheitswesen Wien 1981: 46 - 47, 61 - 65.
- STEINER, M. (1957): Rindenepiphyten als Indikator des Stadtklimas. — In: VOGLER/KÜHN (Hrsg.): Medizin und Städtebau — Ein Handbuch für gesundheitlichen Städtebau.
- STEINER, M. & D. SCHULZE-HORN (1955): Über die Verbreitung und Expositionsabhängigkeit der Rindenepiphyten im Stadtgebiet von Bonn. — Decheniana, **108(1)**: 1 - 16.
- TÜRK, R. (1975): Beitrag zur epiphytischen und epixylen Flechtenflora der Stadt Salzburg und ihrer näheren Umgebung. — Flor. Mitt. Salzburg, **2**: 25 - 32.
- TÜRK, R. & M. SEGER (1985): Immissionsökologische Studie über den epiphytischen Flechtenbewuchs im Raum Klagenfurt. — In: SEGER, M. (Hrsg.): Forschung zur Umweltsituation im Raum Klagenfurt. Wiss. Veröffentl. d. Landeshauptstadt Klagenfurt, Bd. 6/Klagenfurter Gg.Schr. H. 5: 25 - 41.
- TÜRK, R. & H. WITTMANN (1987): Flechten im Bundesland Salzburg (Österreich) und im Berchtesgadener Land (Bayern, D) — Die bisher beobachteten Arten und deren Verbreitung. — Sauteria, **3** (Salzburg) 313 pp.
- TÜRK, R. & G. ZIEGELBERGER (1982): Die Luftqualität im Stadtgebiet von Salzburg — dargestellt anhand der Verbreitung epiphytischer Flechten. — In: Schriftenreihe Luftgüteuntersuchung, Amt der Salzburger Landesregierung (Hrsg.: H. RASSAERTS), Bd. **7**: 78 - 141.
- VARESCHI, V. (1934): Meereshöhe, Kontinentalität und Epixylenverbreitung (Epixylenstudien 1). — In: E. RÜBEL: Bericht über das Geobotanische Forschungsinstitut Rübel in Zürich für das Jahr 1933: 65 - 72.

- VERGEINER, I., E. DREISEITL, H. FEICHTER & H. PÜMPEL (1978): Inversionslagen in Innsbruck. — *Wetter u. Leben*, **30**: 69 - 86.
- VERHEYEN, T., L. HIRSCHMANN & K.-F. SCHREIBER (1987): Bioindikation und Luftqualität. Die epiphytische Flechtenvegetation als Bioindikator für die Luftqualität im Stadtgebiet von Münster. — Hrsg.: Stadt Münster, 26 + 11 pp.
- WIRTH, V. (1980): Flechtenflora. Ökologische Kennzeichnung und Bestimmung der Flechten Süddeutschlands und angrenzender Gebiete. — UTB 1062, Stuttgart, 552 pp.
- (1987): Die Flechten Baden Württembergs. — Ulmer, Stuttgart, 528 pp.
- (1988): Phytosociological Approaches to Air Pollution Monitoring with Lichens. — In: NASH, T.H. III & V. WIRTH (Editors): Lichens, Bryophytes and Air Quality; *Bibl. Lichenol.* **30**: 91 - 107.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verein Innsbruck](#)

Jahr/Year: 1989

Band/Volume: [76](#)

Autor(en)/Author(s): Hofmann Paul

Artikel/Article: [Kartierung des epiphytischen Flechtenbewuchses im Raum von Hall in Tirol \(Österreich\) und Umgebung unter immissionsökologischen Gesichtspunkten. 25-50](#)