© Naturkdl. Station Stadt Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Die Beurteilung der Luftgüteentwicklung im Linzer Großstadtraum mit Hilfe von Rindenflechten *

Prof. Mag. Gottfried
HOISLBAUER
Glockenweg 7
A-4490 St. Florian

Flechten reagieren sehr empfindlich auf Umweltbelastungen. Sie werden daher als Bioindikatoren zur Erfassung von Umweltbelastungen und zur Beurteilung der Luftqualität herangezogen:

- **Flechten reagieren auf Belastungen durch geringeres Wachstum, veränderte Wuchsform, Chlorosen und Nekrosen.**
- **Die Reaktion der Flechten ist das Ergebnis der Wirkungen aller einwirkenden Schadstoffe.**
- **Langeinwirkende, niedrige Schadstoffkonzentrationen bewirken bei Flechten ähnliche Veränderungen wie kurzdauernde Spitzenbelastungen.**

Der epiphytische Flechtenbewuchs des Linzer Stadtgebietes wurde in den Jahren 1961 und 1962 von BORTENSCHLAGER und SCHMIDT (1963) untersucht. Die Ergebnisse dieser Arbeit werden mit denen einer neuerlichen Untersuchung aus den Jahren 1975 bis 1977 (HOISLBAUER, 1979) verglichen.

Darüber hinaus werden die Kartierungsergebnisse von 1975 bis 1977 nach einer neuen, quantitativen Methode (LE BLANC und DE SLOOVER, 1970, abgeändert von KIRSCHBAUM et al., 1974), der sogenannten IAP-Methode (IAP = Index of Atmospheric Purity oder Luftreinheitsindex) ausgewertet. Dadurch werden die Ergebnisse dieser Untersuchung auch vergleichbar mit ähnlich gearteten Projekten in zahlreichen anderen Ballungsräumen.

Anschließend werden die Gründe für den Rückgang der Flechtenvegetation aufgezeigt und Vorschläge für weitere Untersuchungen dargelegt.

Methodik

Das gesamte Untersuchungsgebiet wurde in Felder von 1 km Seitenlänge (1 km^2) unterteilt. Pro km^2 (= Station) untersuchte ich den Flechtenbewuchs an drei Bäumen (= Aufnahmepunkte), meistens von zwei Birnbäumen (Abb. 1) und einem Apfelbaum. Die Auswahl der Aufnahmepunkte erfolgte nach folgenden Kriterien:

- Stammdurchmesser: bei Birnbäumen in 1,4 m Höhe mindestens 35 cm, bei Apfelbäumen mindestens 25 cm.
- Aufrecht gewachsener Stamm: Bäume mit geneigten Stämmen werden nicht berücksichtigt.
- Freistehende Bäume: die Entfernung zum nächsten Baum, zu einer Straße oder zu einem Haus beträgt mindestens 7 m.
- Keine baumpflegerischen Maßnahmen (Abkratzen der Flechten usw.).

Abb. 1: Dieser Birnbaum mit starkem Flechtenbewuchs, darunter u. a. *Parmelia scortea*, Indikator für die Luftgütezone 2, bildet einen von drei eine Untersuchungsstation bildenden Aufnahmepunkten.

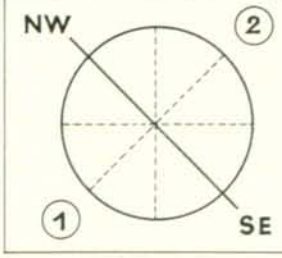
* Dieser Beitrag wurde in leicht veränderter Form entnommen aus: Naturk. Jb. d. Stadt Linz, **28** (1982), S. 237 – 260.

© Naturkdl. Station Stadt Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Birn- und Apfelbäume erweisen sich aus mehreren Gründen als geeignete Objekte für die Flechtenuntersuchung:

- Beide Baumarten kommen zahlreich im Untersuchungsgebiet vor.
- Freistehende oder zumindest aufgelockert stehende Bäume gestatten es, mikroklimatische Einflüsse auf den Flechtenbewuchs weitgehend auszuschalten, so daß nur klimatische Veränderungen auf Grund der Oberflächengestaltung und Exposition zum Tragen kommen.
- Baumpflegerische Maßnahmen, wie Abkratzen der Flechten und Algenbeläge oder das Bestreichen der Stämme mit Kalkmilch, sind im Untersuchungsgebiet äußerst selten.

Nur der Stammbereich zwischen 1,15 m und 1,65 m über dem Boden wurde genau untersucht. An der Stammbasis, die oft durch Anflug meist basischer Stäube von neutrophilen bis basiphilen Flechtenvereinen bevorzugt wird, kann das tatsächliche Bild der Flechtenvegetation verfälscht sein. Mit Hilfe einer gerasterten Plastikfolie schätzte ich die Gesamtdeckung des Flechtenbewuchses (Angabe in Prozent), getrennt nach Stammhälften (Abb. 2). Ebenso wurde die Richtung des maximalen als auch des minimalen Deckungsgrades ermittelt. Außerdem wurden Angaben zur Vitalität gemacht:



Stammhälfte (1): NW - W - SW - S - SE

Stammhälfte (2): NW - N - NE - E - SE

Abb. 2: Darstellung der untersuchten Stammhälften.

Auswertung und Ergebnisse

Qualitative Methode

Die Feststellung NYLANDERS, die Mehrzahl der Flechten meide die Städte, führt bereits am Anfang dieses Jahrhunderts zur Erstellung von „Flechtenzonen". SERNANDER (zit. nach BESCHEL, 1958) unterscheidet eine Normalzone, eine Kampfzone und eine Flechtenwüste. Diesen drei Flechtenzonen fügt BESCHEL (1958) noch eine weitere dazu; die **fünf Zonen** werden nach ihm so charakterisiert:

Zone 1 (Normalzone): ist die durch Abgase und Siedlungen nicht beeinflußte Zone. Es dominieren oxyphile Flechtenvereine. Die Besiedlung der Phorophyten entspricht dem natürlichen, auf Grund des Klimas und der Standortfaktoren zu erwartenden Flechtenbewuchs.

Zone 2 (Äußere Kampfzone): der leicht beeinflußte Bereich innerhalb der Normalzone. Auf sauren Borken sind noch oxyphile Vereine ausgebildet, auf etwas neutraleren Borken kommen subneutrophile Flechtenarten dazu.

Zone 3 (Mittlere Kampfzone): neutrophile Vereine beherrschen das Bild.

Zone 4 (Innere Kampfzone): die neutrophilen Vereine verarmen deutlich. Saure Nadelholzborken werden nur mehr ganz selten besiedelt. Häufig bedecken Staub und Ruß die Flechtenthalli.

Zone 5 (Flechtenwüste): epiphloedrische Flechten kommen nicht mehr vor. Weit verbreitet sind Algenbeläge *(Apatococcus, Desmococcus etc.)*.

BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT (1963) legen die geschilderte Zoneneinteilung der Auswertung ihrer Untersuchung der Flechtenvegetation im Großraum Linz zugrunde. Um die heutige Situation aufzeigen zu können wurde versucht, das Aufnahmematerial in ähnlicher Weise auszuwerten. Ein grundlegender Unterschied, der einen direkten Vergleich der Ergebnisse nur bedingt erlaubt, liegt in der Auswahl des Substrates.

BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT (1963) untersuchten nicht bestimmte Baumarten. Meine Untersuchungen beschränken sich auf Birn- und Apfelbäume, um ein einigermaßen gleiches Substrat zu gewährleisten.

Nicht alle von BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT (1963) ausgeschiedenen und für eine bestimmte Zone charakteristischen Flechtenarten bewachsen die ausgewählten Baumarten. Die Zonengrenzen entsprechen den inneren Vorbereitungsgrenzen der Arten. Als zonenbegrenzende Arten kommen nur solche in Frage, die im Untersuchungsgebiet häufig und gleichmäßig verbreitet auftreten. Die Auswahl der Arten richtet sich daher hauptsächlich nach der natürlichen Verbreitung.

Die beiden Karten (Karte 1 und 2 – siehe Seite 22, Abb. 7 und 8) wurden zwar nach derselben Methode entworfen, dennoch sind sie aus zwei Gründen nicht direkt vergleichbar:

1. Ich ziehe für die Flechtenkartierung nur den Stammabschnitt zwischen 1,15 und 1,65 m über dem Boden heran. In der Arbeit von BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT (1963) ist kein derartiger Hinweis zu finden, woraus ich schließe, daß sie wie BESCHEL (1958) den Stammbereich vom Boden bis zirka zwei Meter Höhe untersuchten.

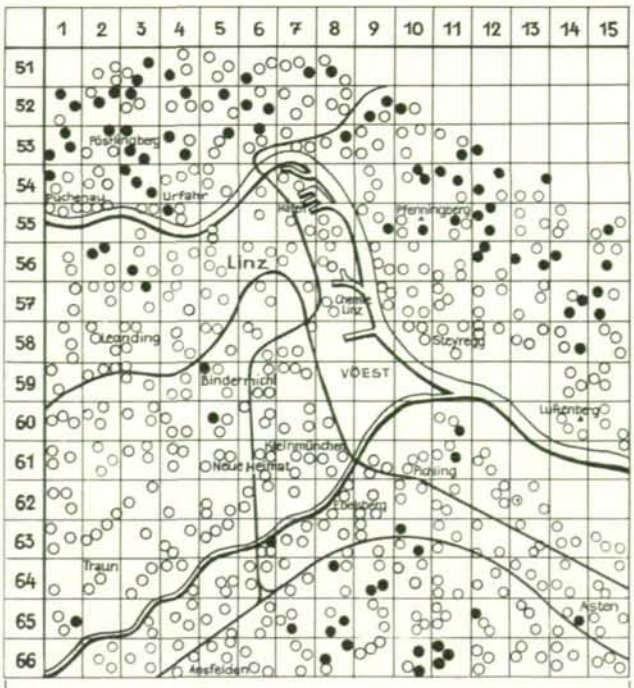
2. Durch die Beschränkung auf die bereits erwähnten zwei Baumarten erfasse ich nicht die tatsächliche Verbreitung der Flechtenarten. Die zonenbegrenzenden Flechten reichen auf einer weniger sauer reagierenden Borke näher an Emittenten oder Siedlungen heran.

Allerdings ist mit Sicherheit anzunehmen, daß das Ausmaß der Luftverunreinigung stark zugenommen hat, wie aus der negativen Verschiebung der Zonengrenzen zu entnehmen ist. Nur bei Nettingsdorf, wo die Papierfabrik ein alleinstehender Emittent ist, hat sich die Qualität des Flechtenbewuchses nicht verändert.

Die enorme Ausdehnung der Flechtenwüste in der neuerlichen Auswertung geht wohl zum kleineren Teil auf die Substratverschiedenheit zurück. In erster Linie ist der Zuwachs auf die andauernde Expansion der Industriebetriebe und des Siedlungsbereiches zurückzuführen. Den geringsten Zuwachs hat diese Zone im Norden und im Westen erfahren. Das Areal der Chemie Linz AG und des Hafens, 1963 noch Zone 4, in ihr sogar noch eine Zone 3, ist jetzt Leerzone. Selbst der kleine, flechtenfreie Hang bei Obenbergen wurde der großen Flechtenwüste einverleibt. Zone 5 reicht heute genau so weit nach Osten, wie vor 14 Jahren die mittlere Kampfzone.

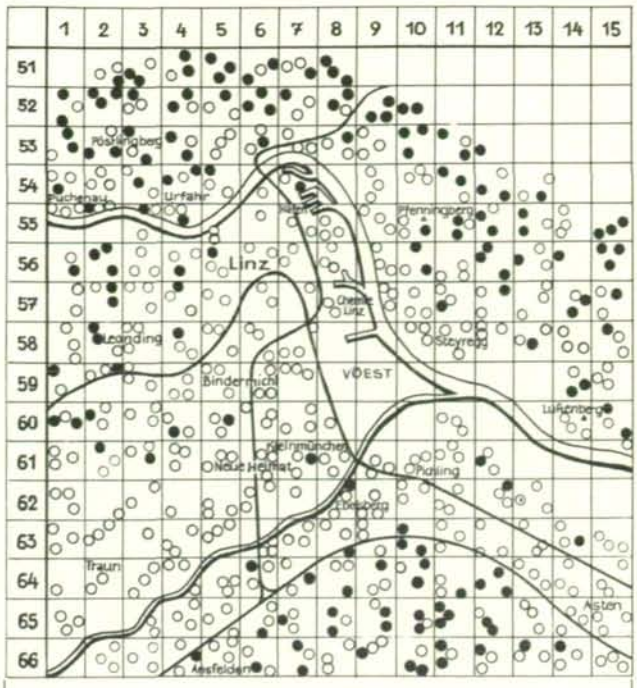
Auffällig ist die starke Ausdehnung der inneren Kampfzone seit der ersten Aufnahme, vor allem die Aus-

© Naturkdl. Station Stadt Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at



○ Untersuchte Bäume
● 7/1 Fundort von *Hypogymnia physodes*

Abb. 3: Verteilungsmuster der Luftgüte 1 anzeigenden *Hypogymnia physodes.*



○ Untersuchte Bäume
● 7/2 Fundort von *Parmelia scortea*

Abb. 4: Verteilungsmuster der Luftgüte 2 anzeigenden *Parmelia scortea.*

stülpung nach Traun, wo jetzt sogar kleine Bereiche der Zone 5 anzutreffen sind. Die breite Zone 4 nördlich der Donau drückt heute die Grenze zwischen mittlerer und äußerer Kampfzone bis zum Gipfel des Pfenningberges hinauf. Das Ausmaß der Zone 3 wurde zugunsten der Zone 4 stark eingeschränkt.

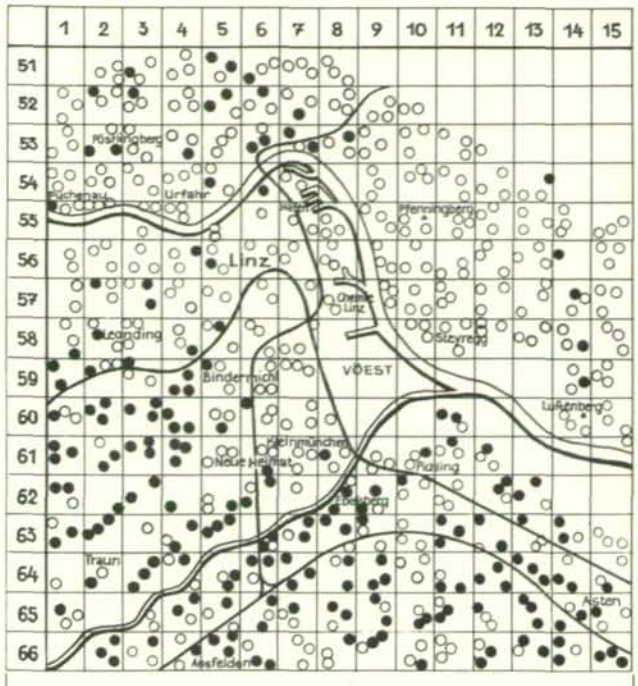
Den von BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT (1963) beschriebenen Tunneleffekt – entlang von Ausfallstraßen reichen neutrophile Flechtenvereine in die von oxyphilen Arten beherrschte Normalzone, so daß der Verlauf der Flechtenzonen ein sternförmiges Bild ergibt – konnte ich nicht nachweisen. Wahrscheinlich deshalb, weil Bäume am Straßenrand nicht in die Untersuchung einbezogen wurden. Auch scheint mir das Netz der Aufnahmepunkte für eine solche räumlich begrenzte Erscheinung zu locker zu sein.

Die beiden Karten (Karte 1 und 2) zeigen große Abweichungen im Verlauf der Innengrenze der Normal-

Tab. 1: Die zonenbegrenzenden Arten in Linz nach BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT (1963) und HOISLBAUER (1979).

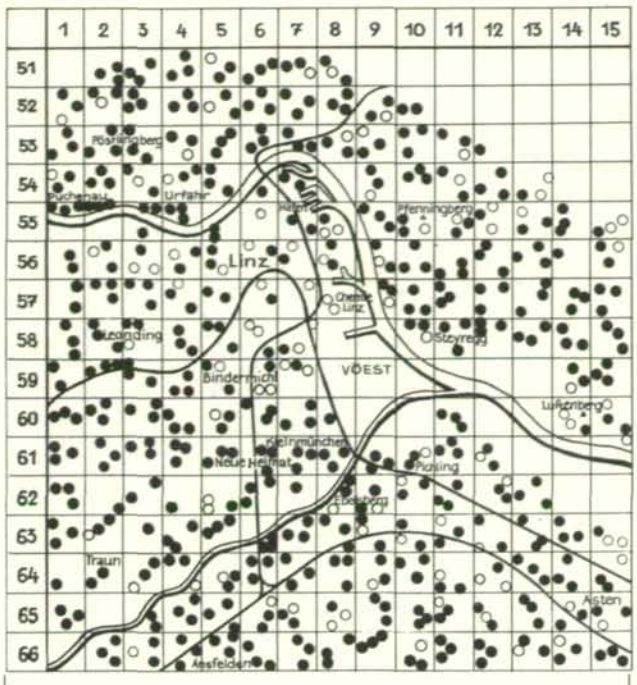
Zonen	BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT (1963)	HOISLBAUER (1979)
Zone 1	*Hypogymnia physodes*	*Pseudevernia furfuracea* *Hypogymnia physodes* *Evernia prunastri*
Zone 2	*Evernia prunastri*	*Ramalina pollinaria* *Parmelia scortea* *Parmelia subrudecta*
Zone 3	*Xanthoria parietina*	*Xanthoria parietina* *Parmelia exasperatula*
Zone 4	*Parmelia sulcata* *Physcia orbicularis*	*Parmelia sulcata* *Physcia orbicularis*
Zone 5		*Buellia punctata*

© Naturkdl. Station Stadt Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at



○ Untersuchte Bäume
● 7/3 Fundort von *Xanthorina parietina*

Abb. 5: Verteilungsmuster der Luftgüte 3 anzeigenden *Xanthorina parietina.*



○ Untersuchte Bäume
● 7/4 Fundort von *Physica orbicularis*

Abb. 6: Verteilungsmuster der Luftgüte 4 anzeigenden *Physcia orbicularis.*

zone, hauptsächlich im Bereich der Traun-Enns-Platte, aber auch nördlich des Pfenningberggipfels. BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT (1963) nahmen in der Normalzone den Flechtenbewuchs größtenteils auf Fichten auf, wo die Flechtenvegetation schon auf geringe Belastungen sehr deutlich reagiert. Auf Birn- und Apfelbäumen erfolgt eine Reaktion viel später. Daher überschreitet die Zonengrenze in der von mir entworfenen Karte jene von 1963. Dies dürfte auch die Ursache für das Fehlen der inselförmigen Normalzone bei Holzheim sein.

Quantitative Methode

Der Vorteil dieser Methode besteht darin, für den Flechtenbewuchs, daher auch indirekt für den Grad der Luftverunreinigung einen numerischen Ausdruck zu erhalten. Für jede Station wird der sogenannte Luftreinheitsindex IAP (= Index of Atmospheric Purity) ermittelt. KIRSCHBAUM et al. (1974) verwenden dazu die **Formel: IAP = Q . f**

Q: Ökologischer Index: Dieser Index ist für jede Art eine unveränderliche Größe und gibt an, mit wie vielen Begleitarten sie im Untersuchungsgebiet im Durchschnitt vorkommt. Ist der Q-Wert einer Art niedrig, so bedeutet dies, daß sie auch dort noch zu gedeihen vermag, wo andere Arten bereits abgestorben sind. Dies erlaubt eine Aussage über die Toxitoleranz der betreffenden Art (KIRSCHBAUM et al., 1974). Der ökologische Index hat also die Bedeutung eines Toxitoleranzwertes.

f: Dieser Wert stellt einen Kombinationswert aus Frequenz, Deckungsgrad und Vitalität dar. Er ist eine variable Größe und ist je nach Lebensbedingungen, die eine Flechtenart an den Stationen vorfindet, veränderbar.

IAP: Der IAP-Wert ergibt sich aus der Multiplikation der Q-Werte mit den dazugehörigen f-Werten aller Arten einer Station und der Summierung aller so erhaltenen Produkte. Die errechneten IAP-Werte werden

© Naturkdl. Station Stadt Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

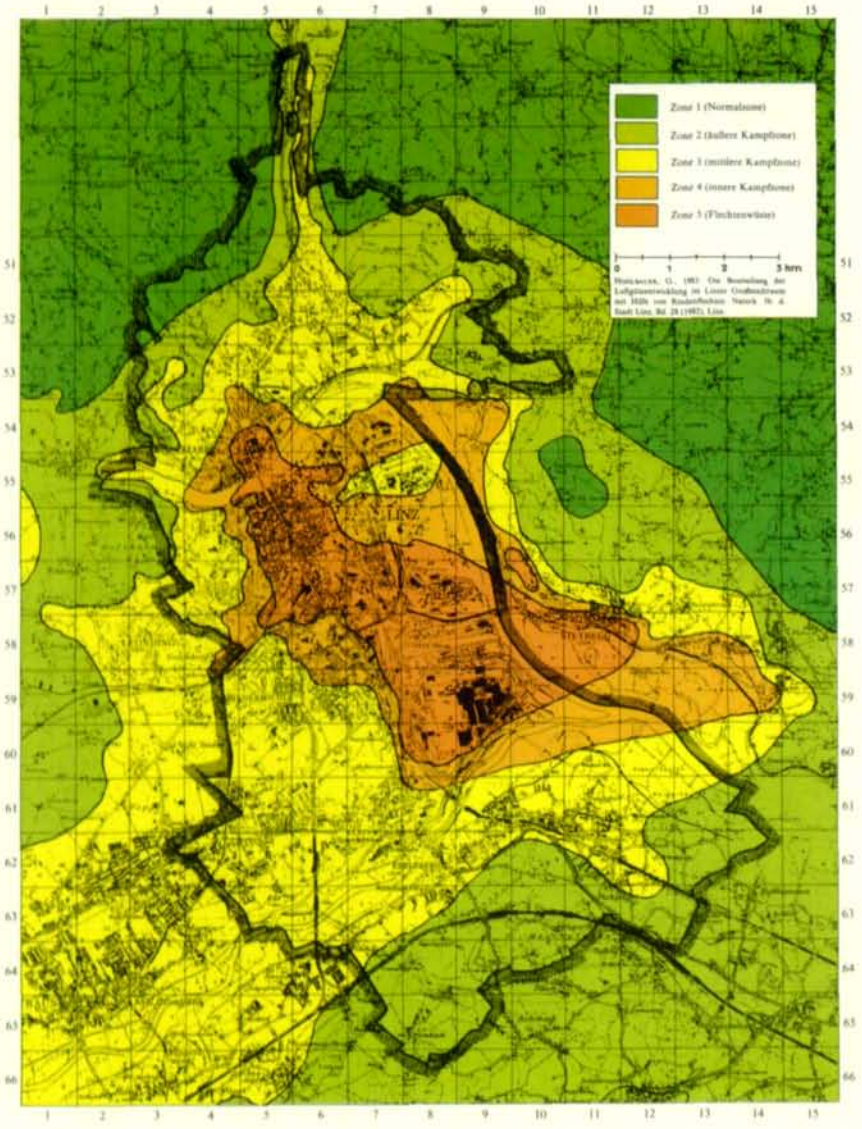


Abb. 7: Die Verteilung der Flechtenzonen von Linz im Jahre 1962 nach BORTENSCHLAGER und SCHMIDT (Karte 1).

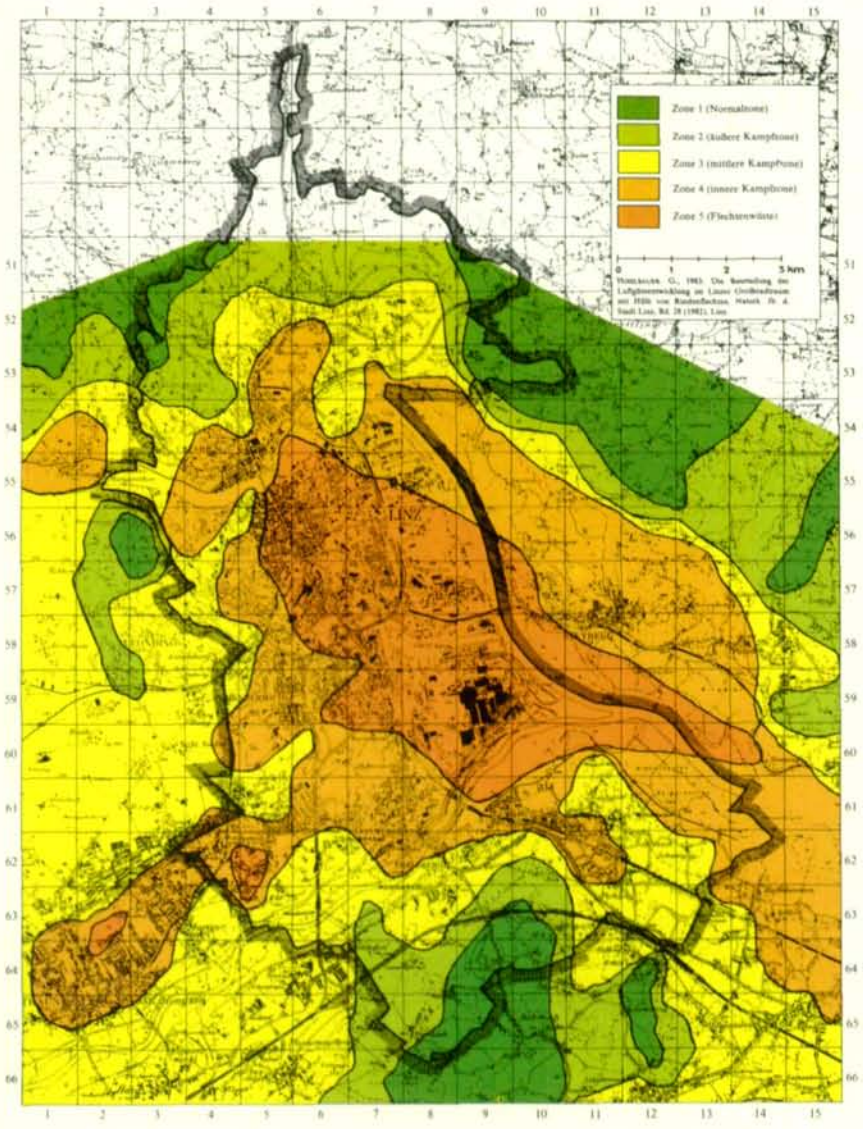


Abb. 8: Die Verteilung der Flechtenzonen in Linz im Jahre 1977 nach HOISLBAUER (Karte 2).

© Naturkdl. Station Stadt Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

in fünf Gruppen unterteilt. Jede Gruppe entspricht dabei einem bestimmten Belastungsgrad. Mit steigenden IAP-Werten nimmt der Belastungsgrad ab.

Räume mit ähnlichen IAP-Werten werden bei der kartographischen Darstellung zu Zonen zusammengefaßt; diese entsprechen den fünf Gruppen. Das Ergebnis ist auf Abb. 9 dargestellt.

Methodenvergleich

In beiden Karten (Abb. 8 und 9) – die ja nach verschiedenen Kriterien erstellt wurden – stimmen sowohl das Ausmaß als auch die Erstreckung der mittel bis sehr stark belasteten Gebiete gut überein. Allerdings bestehen Differenzen in den wenig bis nicht belasteten Bereichen.

Bei der qualitativen Auswertungsmethode wurden die Flechtenzonen auf Grund der Verbreitung bestimmter Arten ermittelt. Jede dieser Arten stellt für ihr optimales Gedeihen ganz bestimmte Ansprüche an das Substrat und die Luftqualität.

Die Frage ist nun: Unterscheiden sich die Flechtenarten in ihren Ansprüchen und in der Resistenz gegen Luftverunreinigungen in der Art, daß sie als Indikatoren für bestimmte Bedingungen verwendbar sind? Die zonenbegrenzenden Arten werden also als Indikatoren betrachtet, wobei jede Spezies zwar für verschiedene, aber gleich große „Meßbereiche" charakteristisch ist. Nur dann können die Flechtenzonen als gleichwertig betrachtet werden.

Genaue Aussagen über die Ursache der Flechtenzonenverteilung sind daher nur in ökologisch einheitlichen Gebieten möglich. Als solches kann jedoch das Untersuchungsgebiet aus folgenden Gründen nicht angesehen werden:

1. Der unterschiedliche geologische Untergrund verursacht einen qualitativ verschiedenen Flechtenbewuchs (unterschiedliche Artzusammensetzung). Im Bereich der Böhmischen Masse treten azidophile Arten, z. B. *Hypogymnia physodes*, häufig auf. *Xanthoria parietina* fällt hier fast gänzlich aus. Im südlich der Donau gelegenen Teil können von vornherein wegen des neutralen Untergrundes neutrophile Flechtenvereine erwartet werden.

2. Auch die verschiedenen Landnutzungsformen (vgl. JÜRGING, 1975) – nördlich der Donau, hauptsächlich Forste und Grünland, südlich davon Ackerbau – beeinflussen die Zusammensetzung der Flechtenvegetation. Die neutralen bis basischen, aus den Feldern ausgewehten Stäube verändern das Stammilieu derart, daß sie vermehrt von neutrophilen Arten bewachsen werden.

3. Die landschaftlichen Großräume (Linzer Becken, Donautal, Trauntal, Südrand der Böhmischen Masse, Traun-Enns-Platte) unterscheiden sich durch das verschiedene Zusammenwirken der einzelnen Klimafaktoren (Windhäufigkeit, Nebelhäufigkeit, Sonnenscheindauer, Temperatur). In nicht geringem Maße ist die Verbreitung bestimmter Arten von diesen Faktoren abhängig. So sind *Evernia prunastri* und *Ramalina pollinaria* wegen ihrer geringen Trokkenresistenz und ihrer hohen Lichtbedürftigkeit auf feuchte, nicht verbaute Gebiete beschränkt.

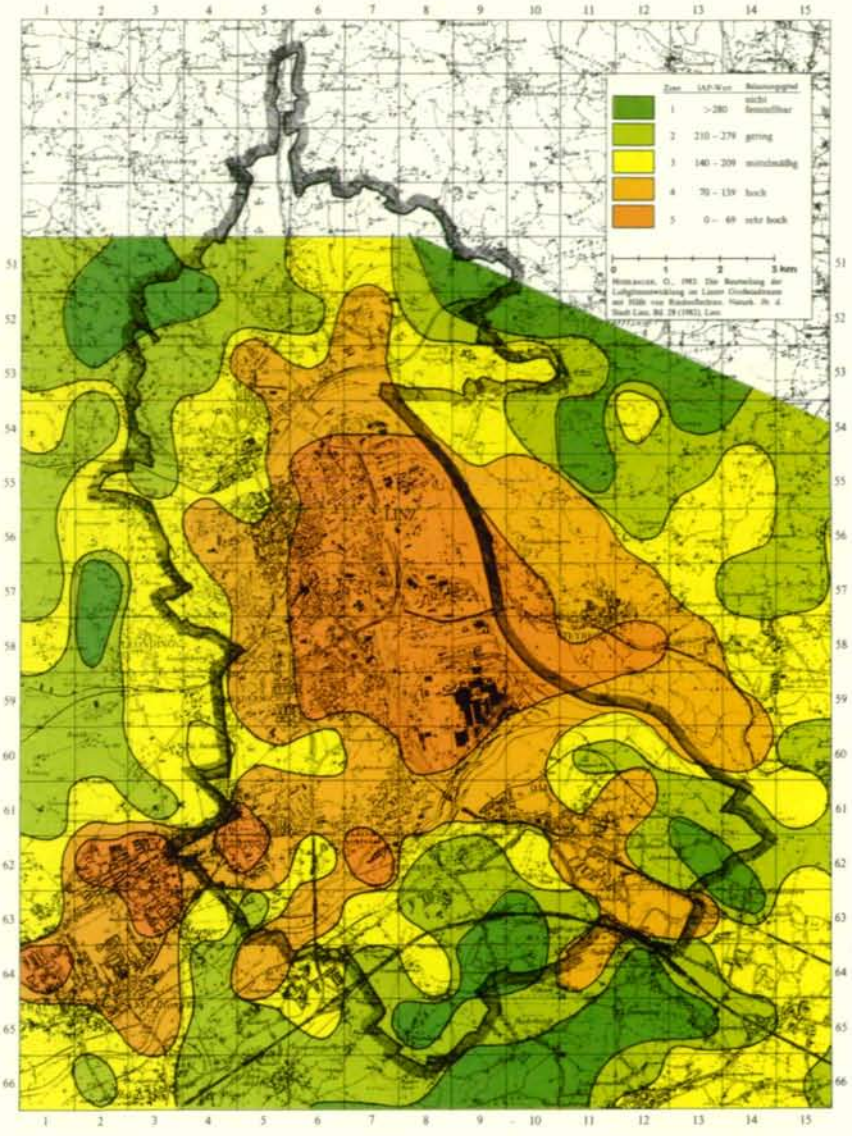


Abb. 9: Die Verteilung der IAP-Flechtenzonen von Linz im Jahre 1977 nach HOISLBAUER (Karte 3).

Bei der Auswertung nach den Kriterien der IAP-Methode wurden in jedem Aufnahmepunkt alle vorkommenden Flechtenarten berücksichtigt. Ob ein azidophiler oder ein neutrophiler Bewuchs bewertet wird, ist für die Höhe des Luftreinheitsfaktors (IAP) nicht von Bedeutung, wohl aber die mittlere Begleitartenanzahl, die Gesamtartenanzahl, der Deckungsgrad und die Vitalität jeder einzelnen Art.

Für die emittentenbezogene Flechtenkartierung, deren Ziel darin liegt, die Ausdehnung immissionsbelasteter Gebiete zu eruieren, eignet sich die quantitative Methode (IAP) weitaus besser, da sich ihr Ergebnis nicht nur auf die durch vielerlei Einflüsse begrenzte Verbreitung einzelner Arten stützt.

© Naturkdl. Station Stadt Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Diskussion

Der Verlauf und das Auftreten der Zonen 2 und 1 ist einerseits mit einer geringen Bebauungsdichte, andererseits mit dem Anstieg des Geländes, wie es sehr gut an den Anhöhen der Traun-Enns-Platte beobachtet werden kann, korreliert (TÜRK u. HOISLBAUER, 1978). Die Durchlüftung ist auf den Höhen durch das häufigere Auftreten von Winden weitaus besser als in den Tallagen, in denen häufiger Inversionen, die oft mit einem starken Anstieg der Schadstoffkonzentration verbunden sind, auftreten (vgl. SCHMEISS, 1974).

Ein bedeutendes Gewicht wird den Luftverunreinigungen beim Rückgang der Flechten in den Siedlungsräumen und Industriegebieten zugemessen (BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT, 1963, LAUNDON, 1967, GILBERT, 1965, 1969, 1970, DE SLOOVER u. LE BLANC, 1968, SYKE, 1968, LE BLANC u. DE SLOOVER, 1970, HAWKSWORTH u. ROSE, 1970, JOHNSON u. SOCHTING, 1973, KIRSCHBAUM et al., 1974, JÜRGING, 1975, etc.).

Eingehend sind die Wirkungen und die Wirkungsweise des SO_2 (GILBERT, 1969) und HF (PISUT et al., 1974) auf das Gedeihen der Flechten untersucht worden. NOWAK (1973) weist auf die schädigende Wirkung des SO_2 und HF auf den Gasstoffwechsel der Flechten hin. Den Verlauf der Schädigung gliedert er in die vier Phasen:

1. normaler Stoffwechsel, 2. gleichbleibende Photosynthese bei überhöhter Atmung, 3. nachlassende Photosyntheseleistung, da Chlorophyll a in das Phaeophytin a übergeht (COKER, 1967, RAO u. LE BLANC, 1966), und überhöhte Atmung und 4. Rückgang des Stoffwechsels und Absterben.

Im Raum Linz kommt dem Stadtklima (geringere Luftfeuchtigkeit und höhere Durchschnittstemperaturen) keine große Bedeutung für die Einschränkung der Artenzahl des Dekkungsgrades und der Vitalität der Flechten zu. Denn gerade im aktiven Jahresabschnitt für Flechten – im Winterhalbjahr – schaffen häufig auftretende Nebel gute Feuchtigkeitsvoraussetzungen für einen ergiebigen Stoffwechsel. Den geringen Einfluß des veränderten Klimas beweist die bis in die flechtenfreie Zone vorkommende *Parmelia sulcata*, die in der Literatur als feuchtigkeitsliebende Art beschrieben wird (DJALALI, 1974, SCHMIDT, 1973).

Vielmehr dürften die verschiedenen, oft konzentriert in der Stadt und im Industriegebiet anfallenden Immissionen (besonders im Winterhalbjahr) die Verarmung des Flechtenbewuchses bewirken. BORTENSCHLAGER u. SCHMIDT (1963) kamen zu derselben Auffassung. Niedrige IAP-Werte auch außerhalb der „trockenen und überhitzten" Stadt bekräftigen diese Annahme. Die gute Übereinstimmung der Areale der IAP-Zonen 5 und 4 mit der SO_3-Belastung (Abb. 10) im 4. Quartal (STUBENRAUCH, 1976) deutet auf die vorrangige schädigende Wirkung des SO_2 hin. Die Zonen der SO_3-Belastung nach STUBENRAUCH (1976) entsprechen allerdings nicht den IAP-Zonen, da SO_3-Werte über 0,5 mg/dm^2.d über der Letalgrenze der Flechten liegen. Erst unterhalb dieser SO_3-Konzentration sind auf den Bäumen Rindenflechten zu finden.

Über 50 Prozent der Bäume haben ihr Flechtenmaximum auf der Westseite, 25 Prozent auf der Südwestseite, zirka zehn Prozent auf der Nordwestseite.

Den Großteil der Niederschläge bringen Westwinde, so daß am westexponierten Stammbereich wohl die besten Feuchtigkeitsverhältnisse auftreten. Hier ist die Borke weicher und morscher, hat daher eine höhere Wasserkapazität, was für das Überleben der Flechten in einer regenlosen Periode ausschlaggebend ist.

In Zone 5 (Leerzone), im Nahbereich der großen Emittenten VOEST und Chemie Linz AG ist die bevorzugte Exposition die Nordseite. Hauptsächlich Bäume am Südhang des Pfenningberges, im Nordosten der beiden genannten Industriebetriebe, zeigen diese Expositionsverteilung. Die Flechten weichen also auf den nicht direkt von Abgasen bestrichenen Stammabschnitt aus. Hier beeinflussen sicherlich toxische Substanzen die Expositionswahl stärker als klimatische Faktoren.

Auffallend sind die auch auf der Westseite vorkommenden, flechtenfreien Regenstreifen. Dafür scheinen zwei Ursachen maßgebend zu sein. Erstens wird durch das rasche Abfließen des Wassers die Besiedlung dieser Stammbereiche unmöglich, zweitens lassen die im Abflußwasser mitgeführten giftigen Ionen (u. a. HSO_3) keinen Flechtenbewuchs zu. Flechtenthalli in unmittelbarer Nachbarschaft von Regenstreifen sind weniger vital, sie haben teilweise sogar abgestorbene Loben.

Neben dem Einfluß der vorherrschenden Windrichtungen auf die Exposition der Flechten am Stamm hängt auch die Erstreckung der Flechtenzonen von den Hauptwindrichtungen ab, da der Wind die Schadstoffe der Emittenten in benachbarte Gebiete verfrachtet. Das quantitative Ausmaß dieser Schadstoffverfrachtung hängt von der Windhäufigkeit, der Windgeschwindigkeit und zum Teil auch von der Höhe des emittierenden Schlotes ab (SIGL, 1976).

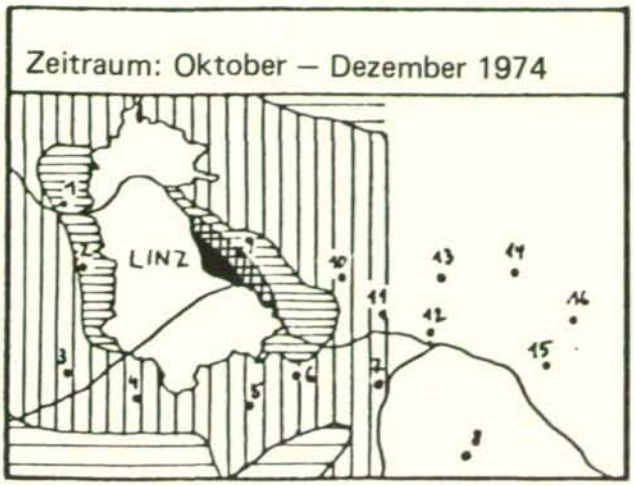
Im Großraum Linz sind diese Zusammenhänge deutlich. Die über das ganze Jahr vorherrschenden Westwinde ermöglichen westlich des Linzer Stadtgebietes ein Näherrücken der wenig bis mäßig beeinflußten Flechtenzonen an das Zentrum. Im Osten und Südosten der Stadt ziehen die Flechtenwüste und die stark geschädigte Zone 4 weit in unverbautes Land hinein.

Beim Vergleich der Flechtenkarte (IAP-Zonierung = Karte 3) mit der Abbildung 11 aus STUBENRAUCH (1976) – Ausbreitung und Reichweite von Rauchfahnen bei vorherrschenden Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten (= Bft 2) im Großraum Linz – wird die Abhängigkeit der Lage der Flechtenzonen von den häufigen West- und Südwestwinden deutlich. Durch die Oberflächengestaltung der Landschaft werden die Winde und somit auch die von ihnen transportierten Schadstoffe in Südostrichtung abgelenkt. Auch die Verbreitung der Flechtenzonen in der Umgebung der Papierfabrik Nettingsdorf zeigt eine deutliche Windrichtungsabhängigkeit.

Im Leeschatten der Hauptwindrichtungen liegen hinter ausgedehnten Wäldern manchmal kleine Flächen der Normalzone, etwa im Mönchgraben und bei Raffelstetten.

Bedeutungsvoll für die Erstreckung der Flechtenzonen im Linzer Becken sind die im 4. Quartal öfter auftretenden schwachen Ostwinde. Zu den im Zentrum beim Hausbrand anfallenden Emissionen tragen sie die Schadstoffe der am Ostrand gelegenen Industrien in das Beckeninnere. Durch die besonders in dieser Jahreszeit häufig vorkommenden Nebel und Inversionen werden die Schadstoffe in den bodennahen Luftschich-

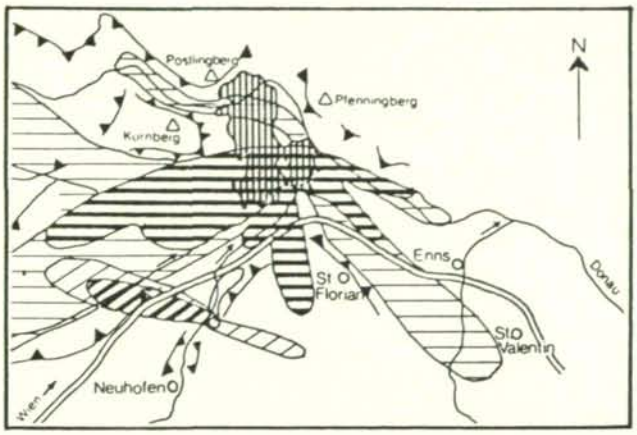
© Naturkdl. Station Stadt Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at



Zone 1: ≦ 0,2 mg/(dm².d)
Zone 2: ≦ 0,5 mg/(dm².d)
Zone 3: ≦ 0,75 mg/(dm².d)
Zone 4: ≦ 1,0 mg/(dm².d)
Zone 5: > 1,0 mg/(dm².d)

1 Puchenau	5 St. Florian	9 Steyregg	13 Ried
2 Leonding	6 Asten	10 St. Georgen	14 Schwertberg
3 Traun	7 Enns	11 Langenstein	15 Naarn
4 Ansfelden	8 St. Valentin	12 Mauthausen	16 Perg

Abb. 10: Die vierteljährlich zusammengefaßte SO_3-Belastung im Großraum Linz im Zeitraum Oktober bis Dezember 1974. Nach STUBENRAUCH (1976).



Dicht verbautes Stadtgebiet
Sichtbare Rauchfahnengrenzen:
Linzer Industrie
Nettingsdorfer Industrie
Häufigste Reichweite sichtbarer Rauchfahnen:
Linzer Industrie
Nettingsdorfer Industrie
Höhenrücken
Fluß
Autobahn
Berg
0 4 8 12 16 km

Abb. 11: Ausbreitung und Reichweite von Rauchfahnen bei verschiedenen Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten (= Bft) im Großraum Linz (Mai bis September 1973). Nach STUBENRAUCH (1976).

ten angehäuft. Nur wenig oder nicht geschädigter Flechtenbewuchs ist deshalb erst außerhalb des Beckens anzutreffen.

Als Folge dieser Ostwinde sind die niedrigen IAP-Werte am Ostrand des Kürnberger Waldes zu deuten. Ein Stau dieser schadstoffbeladenen Luftmassen dürfte hier den schädigenden Einfluß ausmachen.

Ausblick

Die Kartierung des natürlichen Flechtenbewuchses an Obstbäumen weist den Großteil des Linzer Bekkens als stark belastetes Gebiet aus. Daher ist es geboten, durch Luftqualitätsmessungen sowohl die verschiedenen Schadstoffe als auch deren Konzentrationen zu erfassen.

Zusätzlich zum SO_2- und Staubmeßprogramm des Magistrates Linz soll ein biologisches Meßstellennnetz mit Flechtenexplantaten nach der Methode von SCHÖNBECK (1969) errichtet werden. Denn Flechten reagieren (wenn auch empfindlicher) wie alle anderen Lebewesen auch auf die aktuell vorhandenen Luftverunreinigungen durch veränderten Stoffwechsel, Wachstumsstörungen und über der Letalgrenze durch Absterben. Technische Meßgeräte – im Gegensatz zu Bioindikatoren – registrieren bloß die Konzentrationen von Schadstoffen. Überdies kann ein Meßgerät nur eine bestimmte chemische Substanz registrieren. Zur Messung vieler verschiedener Luftverunreinigungen ist daher eine Vielzahl von Geräten notwendig; das bedeutet jedoch einen großen finanziellen Aufwand. Die Folge ist ein sehr weitmaschiges technisches Meßstellennetz.

Flechtenexpositionstafeln könnten über das gesamte Stadtgebiet gleichmäßig verteilt (pro Quadratkilometer eine Expositionstafel) angebracht werden. Unbedingt sollten Flechtenexplantate mit technischen SO_2- und Staubmeßstationen gekoppelt werden. Dann bestünde die Möglichkeit, auch quantitative Zusammenhänge zwischen SO_2-Konzentration, Staubgehalt, Staubzusammensetzung und Absterberate der Flechtenexplantate aufzuzeigen.

An diesen Expositionstafeln könnten auch gleichzeitig Proben von Fichtenborke angebracht werden, die nach einer bestimmten Expositionsdauer auf ihren Sulfatgehalt und Leitfähigkeit hin untersucht werden (HÄRTEL u. GRILL, 1972). Der Sulfatgehalt gibt Aufschluß über das Ausmaß der SO_2-Immission, die Leitfähigkeit erlaubt Aussagen zur Staubbelastung.

Literatur:

BESCHEL, R., 1958: Flechtenvereine der Städte; Stadtflechten und ihr Wachstum. Ber. nat. med. Ver. Innsbruck, 52, S. 1 – 158.

BORTENSCHLAGER, S. u. H. SCHMIDT, 1963: Untersuchung über die epixyle Flechtenvegetation im Großraum Linz. Naturkundl. Jb. der Stadt Linz 1963, S. 19 – 35.

COKER, P. D., 1967: The effects of sulphur dioxide pollution on bark epiphytes. Department of Geography, Kings College, University of London, pp. 341 – 347.

DE SLOOVER, J., u. F. LE BLANC, 1968: Mapping of atmospheric pollution on the basis of lichen sensitivity. Proc. Symp. recent. adv. Trop. Ecol., pp. 41 – 56.

© Naturkdl. Station Stadt Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

DJALALI, B., 1974: Flechtenkartierung und Transplantate als Indikation der Luftverunreinigung im Ballungsraum Stuttgart. Dissertation, Hohenheim-Stuttgart.

GILBERT, O. L., 1965: Lichens as indicators of air pollution in Tyne-valley. University Newcastle.

GILBERT, O. L., 1969: The effect of SO_2 on lichens and bryophytes around Newcastle upon Tyne. Air pollution, Wageningen, pp. 223 – 235.

GILBERT, O. L., 1969: Biological scale for the estimation for SO_2-pollution. University Newcastle.

GILBERT, O. L., 1970: Further studies on the effect of sulphurdioxide on lichens and bryophytes. New. Phytol. 69, pp. 605 – 627.

HÄRTEL, O., u. D. GRILL, 1972: Die Leitfähigkeit von Fichtenborkenextrakten als empfindlicher Indikator für Luftverunreinigung. Europ. Journal of forest pathology, Bd. 2. S. 205 – 215.

HAWKSWORTH, D. L., ROSE, F., 1970: Qualitative scale for estimating sulphur-dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. Nature Vol. 227, July 11, pp. 145 – 148.

HOISLBAUER, G., 1979: Rindenflechten im oberösterreichischen Zentralraum und ihre Abhängigkeit von Umwelteinflüssen. Stapfia, Nr. 5, Linz.

JOHNSEN, J. B. u. C. SOCHTING, 1973: Influence of air pollution on the epithytic lichen vegetation and bark properties of decidous trees in the Copenhagen area. Oikos, 24, pp. 344 – 351, Copenhagen.

JÜRGING, P., 1975: Epiphytische Flechten als Bioindikatoren der Luftverunreinigung. Bibl. Lichenologica, Bd. 4, J. Cramer, Vaduz.

KIRSCHBAUM, U., KLEE, R. u. L. STEUBING, 1974: Luftqualitätsmessungen infolge von Immissionswirkungen auf Flechten als Bioindikatoren. Lufthygienisch-meteorologische Modelluntersuchung in der Region Untermain u. Arbeitsbericht, S. 116 – 127.

LAUNDON, J. R., 1967: A study of the lichen flora of London. The Lichenologist, 3, pp. 277 – 327.

LE BLANC, F., u. J. DE SLOOVER, 1970: Relation between industrialisation and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. Canadian Journal of Botany, Vol. 48, pp. 1485 – 1496.

NOWAK, R., 1973: Vegetationsanalytische und experimentell-ökologische Untersuchungen über den Einfluß der Luftverunreinigung auf rindenbewohnende Flechten. Dissertation, Tübingen.

PISUT, I. u. E. LISICKA-JELINKOVA, 1974: Epiphytische Flechten in der Umgebung einer Aluminiumhütte in der Mittelslowakei. Biologia (Bratislava), 29, S. 1, S. 29 – 38.

RAO, D. N. u. F. LE BLANC, 1966: Effects of sulphur-dioxide on the lichen algae with special reference to chlorophyll. The Bryologist, Vol. 69, pp. 69 – 75.

SCHMEISS, L. R., 1974: Wind, Nebel und Niederschlag im oö. Zentralraum. Schriftenreihe des Amtes der oö. Landesregierung, Landesbaudirektion.

SCHMIDT, R., 1973: Ökologische und soziologische Gliederung der Flechtenvegetation in Obstbaumbeständen des mittleren Neckarraumes unter besonderer Berücksichtigung von Immissionsschäden. Dissertation, Hohenheim-Stuttgart.

SCHÖNBECK, H., 1969: Eine Methode zur Erfassung der biologischen Wirkung von Luftverunreinigungen durch transplantierte Flechten. Staub – Reinhalt. d. Luft 29, S. 14 – 18.

SKYE, E., 1968: Lichens and air pollution. Acta Phytogeogr. Suec., 52, S. 123.

STUBENRAUCH, J., 1976: Umweltschutz in Oberösterreich. Luftgütemessung. Schriftenreihe des Amtes der oö. Landesregierung, Landesbaudirektion.

TÜRK, R., u. G. HOISLBAUER, 1978: Der Flechtenbewuchs von Birn- und Apfelbäumen als Indikator für die Luftverunreinigung im Großraum Linz. Linzer biol. Beitr., 9/2, S. 213 – 224.

ÖKO·L 7/1 (1985): 26 – 29

Wirtschaftliche Aspekte des Waldsterbens für Forstwirtschaft, Holzverarbeiter und Fremdenverkehr*

Dir. Dipl.-Ing. Josef ANDERL
Landwirtschaftskammer für OÖ.
Abt. Forst- und Holzwirtschaft
Auf der Gugl 3
A-4021 Linz

In Oberösterreich gibt es 47.537 Waldeigentümer (1), die insgesamt 483.000 ha Wald (Abb. 1) bewirtschaften. Die oberösterreichische Waldfläche verteilt sich mit 53 % auf den Kleinwald (Bauernwald), mit 19 % auf die Forstbetriebe und mit 28 % auf die Bundesforste (2). Diese Rohstofflieferanten haben 1982 1,915.400 Erntefestmeter (Efm) Derbholz geschlägert und dieses außer dem Eigenverbrauch größtenteils als Rohstoff, aber auch als Brennmaterial der Wirtschaft zugeführt. Im österreichischen Bundesgebiet sind es 265.818 Waldeigentümer, die 1982 rund 11,1 Mill. Efm geschlägert haben. Insgesamt wurde 1982 in Österreich von der Forstwirtschaft ein Endproduktionswert von 11,35 Mrd. S (Rohertrag frei Lkw-Straße) zu Tagespreisen erzielt. Dies ist der wirtschaftliche Hintergrund für die gesamte österreichische Forstwirtschaft.

Klassische Rauchschäden werden entschädigt!

Rauchschäden in Nahimmissionsbereichen waren und sind auch heute noch überschaubar. Sie sind den Verursachern zuzuordnen, werden nach Schadensklassen flächenweise festgestellt, mit den Verursachern abgehandelt und von diesen bezahlt. Grundlage dafür sind privatrechtliche Vereinbarungen zwischen den Verursachern und den geschädigten Waldeigentümern.

In Oberösterreich wurden 1951 die ersten Entschädigungen für Rauchschäden im Walde auf Betreiben der Landwirtschaftskammer für Oberösterreich an 45 Waldeigentümer in der Höhe von S 293.459.– von der heutigen Vereinigte Metallwerke Ranshofen Berndorf AG bezahlt. Im vergangenen Jahr 1983 waren es 471 Waldeigentümer, die für 1948 ha geschädigte Wälder von vier Hauptverursachern S 1,823.805.– ausbezahlt erhielten. Im Durchschnitt aller Schadensklassen betrug die Entschädigung 1983 S 936.– pro Hektar und hatte den Wert eines etwa 20prozentigen Zuwachsverlustes. Mit den Einzelentschädigungsbeträgen konnte

* Mit freundlicher Genehmigung entnommen aus: Allgemeine Forstzeitung, **95**, H. 4, S. 98 – 100, 1984. Illustrationen verändert bzw. ergänzt (Abb. 1).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: ÖKO.L Zeitschrift für Ökologie, Natur- und Umweltschutz

Jahr/Year: 1985

Band/Volume: 1985_1

Autor(en)/Author(s): Hoislbauer Gottfried

Artikel/Article: Die Beurteilung der Luftgüteentwicklung im Linzer Großstadtraum mit Hilfe von Rindenflechten 18-26