

Aus den Instituten für Pflanzenphysiologie und für Botanik
der Karl-Franzens-Universität Graz

Neuerliche Erhebung der epiphytischen Flechtenvegetation in Graz

Von Dieter GRILL, Josef HAFELLNER, Andrea KASCHNITZ und Waltraud PONGRATZ

Mit 3 Abbildungen und 1 Tabelle

Eingelangt am 19. April 1988

Zusammenfassung: 1986 wurde in Graz eine neuerliche Kartierung von Rindenflechten fertiggestellt. Ein Vergleich mit den Ergebnissen der Flechtenaufnahme aus den Jahren 1967 bis 1968 (Ehrendorfer et al. 1971) sollte eine Beurteilung über eine eventuelle Veränderung der Luftgüte im Zeitraum zwischen den beiden Kartierungen ermöglichen. Es wurden im Stadtgebiet insgesamt über 100 Flechtenarten gefunden, zahlreiche von ihnen wurden erstmals in Graz kartiert. Zur Auswertung der Kartierungsergebnisse hinsichtlich der Luftgüte wurde die Skala von Hawksworth & Rose (1970) benutzt. Im Stadtgebiet kommen die Zonen 3 (stark belastet) bis 9 (wenig belastet) vor. Die Situation im unmittelbaren Stadtkern hat sich deutlich verschlechtert, wobei als mögliche Ursache die zunehmende Verkehrsdichte angesehen wird. Gegen SO_2 als wirksame Komponente sprechen die relativ geringen Sulfatgehalte in den Borken. Die Situation in den Randbezirken, insbesondere im Norden von Graz, hat sich wesentlich gebessert. Dafür dürfte hier eine Abnahme der SO_2 -Belastung verantwortlich sein, die im Wiedereinwandern empfindlicherer Flechtenarten zum Ausdruck kommt.

Summary: Recent investigations of the epiphytical lichen vegetation in Graz. The last mapping of bark lichens in Graz was finished in 1986. In order to discuss a possible change in the quality of the air during the last years, a comparison was made between the results of the survey from 1967–1968 (Ehrendorfer et al. 1971) and the recent study. More than 100 different lichen species have been found in the city area, many of them for the first time in Graz. The scale established by Hawksworth & Rose (1970) was used for evaluation concerning the air quality.

Zone 3 (heavy pollution) up to the zone 9 (little pollution) were registered in the city area. The situation in the centre obviously deteriorated. The fact that only small amounts of SO_2 were discovered in the barks makes it unlikely that SO_2 is the main reason of this deterioration. A possible reason might be the steady increase of traffic. The situation in the outer districts of Graz, especially in the northern ones, improved a lot. This might be caused by a diminution of SO_2 and so, some more sensitive lichen species were able to invade this area again.

1. Einleitung

Seit den ersten Arbeiten Mitte des 19. Jh. (cf. HAWKSWORTH & ROSE 1976) wurden Flechten wiederholt zur Indikation und Abgrenzung von Luftverunreinigungen herangezogen. Außer daß Flechten auf SO_2 -Einfluß sensibel reagieren (HAWKSWORTH & ROSE 1970), werden sie auch von Halogeniden (BÖRTITZ & RANF 1972), Stickoxiden und Ozon (LASOTA-CHRIST & TÜRK 1984), organischen Verbindungen (HASELOFF 1982) oder Bleie-

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

rosolen (TÜRK & SEGER 1985) und Stäuben (JÜRGING 1975) nachhaltig beeinflusst. Da die besten Informationen von freistehenden oder zumindest am Bestandesrand stehenden Bäumen gewonnen werden können, sind Erhebungen mittels Flechten besonders gut für Siedlungsgebiete geeignet. So wurden in Österreich eine Reihe derartiger Untersuchungen durchgeführt: z. B. BESCHEL 1958: Bregenz, Dornbirn und Landeck; BORTENSCHLAGER 1969: Wels; TÜRK 1975, TÜRK & ZIEGELBERGER 1982: Salzburg; HOISLBAUER 1979: oberösterreichischer Zentralraum; TÜRK & ZIEGELBERGER 1982: Badgastein und Böckstein; STARKE 1982: Linz; TÜRK & SEGER 1985: Klagenfurt; LASOTA-CHRIST & TÜRK 1984: Wien. In Graz beurteilten EHRENDORFER et al. 1971 die Luftgüte mittels Flechten. Nachdem zu erwarten war, daß infolge von Veränderungen im Emissionscharakter der Stadt, einerseits durch Zunahme des Verkehrs, andererseits durch das Greifen von Umweltmaßnahmen, sich auch die Immissionssituation im Stadtgebiet geändert haben könnte, sollte nach rund 15 Jahren eine neuerliche Erhebung mittels Flechtenkartierung durchgeführt werden. Davor existierten vereinzelte Herbarbelege, die von KERNSTOCK 1889, 1893 im Rahmen der Darstellung der steirischen Flechtenflora gesammelt wurden. Innerhalb der Flechtenliteratur sind Berichte über vergleichende Untersuchungen nicht sehr häufig. Es berichten RUGE & FÖRSTER 1970 von Hamburg; SOCHTING & JOHNSON 1972 von Kopenhagen; TÜRK 1975 von Salzburg; KRIEGER & TÜRK 1986 vom unteren Mühlviertel; LASOTA-CHRIST & TÜRK 1984 von Wien und BORTENSCHLAGER von Innsbruck (ANONYMUS 1987) von Verschlechterungen, hingegen HAFELLNER & GRILL 1981 von Verbesserungen im Raum Leoben Hinterberg; HAWKSWORTH & ROSE 1981 in London; KANDLER & POELT 1984 in München und RABE & WIEGEL 1984 im Ruhrgebiet. Allerdings vergingen in der Regel zwischen den einzelnen Untersuchungen mehrere Jahrzehnte; aufgrund der Untersuchungen von HAFELLNER & GRILL 1981 jedoch, nach denen die Einwanderungen von Flechten bereits nach 4 Jahren beginnen, schien uns ein Zeitraum von 15 Jahren ausreichend, um eine Veränderung in der Flechtenflora zu dokumentieren.

Für die Untersuchungen im Stadtgebiet von Graz haben wir die Erhebung mittels geeigneter Zeigerflechten (BESCHEL 1958, HAWKSWORTH & ROSE 1970) einer quantitativen Aufnahme nach LE BLANC & de SLOOVER 1970 bzw. TÜRK & ZIEGELBERGER 1982 vorgezogen, da EHRENDORFER et al. (1971) vor rund 15 Jahren nach dieser Methode vorgegangen. Aus arbeitstechnischen Gründen wurde jedoch von der Darstellung in Form von Punktverbreitungskarten (EHRENDORFER et al. 1971) abgegangen, da in vielen Fällen die Trägerbäume nicht aufzufinden waren oder bereits gefällt worden waren. Für Vergleichszwecke ist die Darstellung als Rasterkarte völlig ausreichend. Bei dieser Methode wird das Untersuchungsgebiet in gleich große Quadranten unterteilt und das Vorkommen der einzelnen Flechtenarten eingetragen. Diese Methode zwingt gegenüber der punktuellen Darstellung zu einer systematisch gleichmäßigen Begehung des Untersuchungsgebietes und erlaubt eine relativ gleichmäßige Erfassung und Verarbeitung der Daten. Außerdem liegt in Graz eine Untersuchung über die Darstellung der Luftgüte mittels Fichtennadelborken von KIENZL & HÄRTEL (1979) vor, die ebenfalls eine Raster-einteilung gewählt hatten. Diese zu übernehmen war naheliegend. Solche Rasterkarten liegen z. B. von KILIAS 1974 aus Erlangen, HOISLBAUER 1979 für den Zentralraum Oberösterreich und von LASOTA-CHRIST & TÜRK 1984 aus Wien vor. Begleitend wurden auch Analysen am Substrat der Flechten, verschiedenen Laubholzborken, durchgeführt, um zusätzliche Aussagen zu gewinnen. Allerdings erfolgte diese Untersuchung aus arbeitstechnischen Gründen nur an zwei quer durch das Stadtgebiet verlaufenden und sich kreuzenden Profilen (Abb. 1).

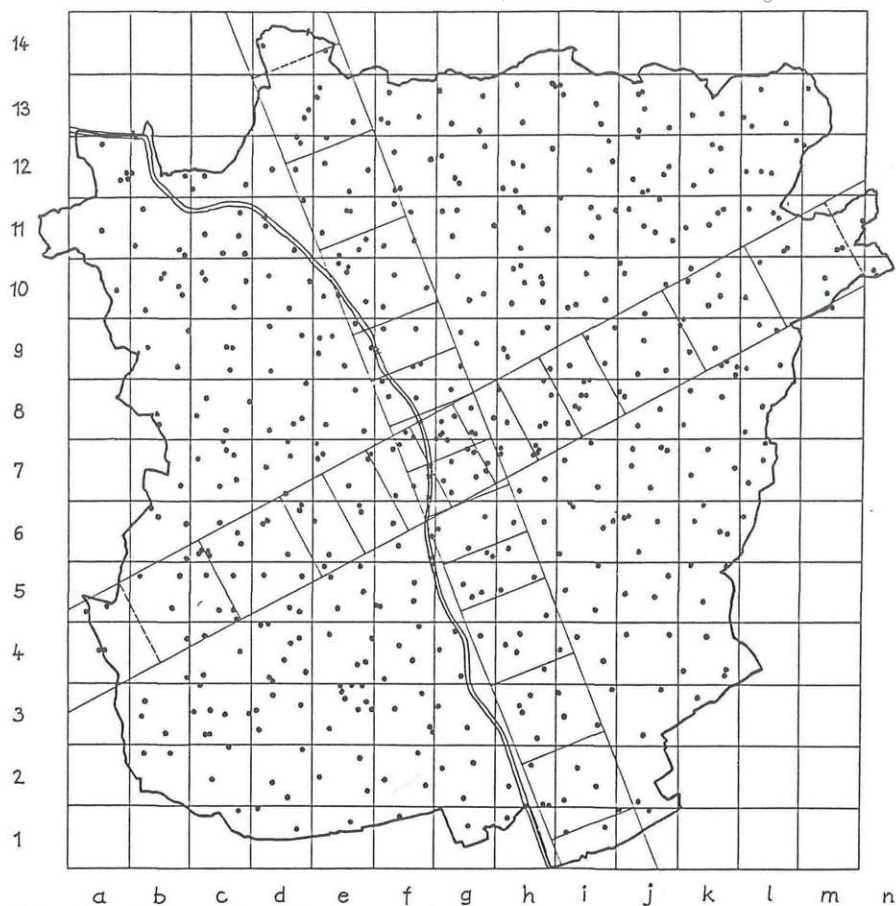


Abb. 1: Verteilung der Probestellen im Stadtgebiet von Graz.

Innerhalb der beiden Profile wurden auch Borkenanalysen durchgeführt.

2. Material und Methode

Das Stadtgebiet von Graz wurde in Felder zu 1 km Seitenlänge unterteilt, ist ident mit dem Raster der Borkenuntersuchungen von KIENZL & HÄRTEL 1979 und umfaßt 145 Quadranten. Pro Quadrant wurden mindestens drei Probestellen festgelegt, die möglichst unterschiedliche Standortverhältnisse aufweisen sollten (besiedeltes Gebiet, Waldrand, Freiland). An jeder Probestelle wurden möglichst viele Bäume auf Flechten untersucht (Abb. 1). Insgesamt wurden an 534 Probestellen 1358 Bäume untersucht, wobei Exposition, Stammhöhe und bei Laub- und Strauchflechten der Thallusdurchmesser festgehalten wurde. Der Deckungsgrad war, bis auf Ausnahmen am Stadtrand, durchwegs so niedrig, daß er nicht berücksichtigt wurde. Da EHRENDORFER et al. 1971 diesen Faktor ebenfalls nicht berücksichtigten, war der Deckungsgrad für einen Vergleich belanglos. Es wurden nach Möglichkeit freistehende Bäume ausgewählt. Wo dies jedoch nicht möglich war, wurden auch Bäume in Parks, am Waldrand und in lichten Beständen in die Untersuchung miteinbezogen. Weiters wurden nicht nur aufrechte Bäume unter-

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
 sucht (vgl. TÜRK & SEGER 1985) sondern bei Mangel auch leicht geneigte Stämme, gleich wie bei EHRENDORFER et al. 1971, berücksichtigt, da sonst eine großräumige Kartierung zu viele Lücken aufgewiesen hätte. Aus Tab. 1 ist die Art und Anzahl der untersuchten Bäume ersichtlich; von den 1355 Laubbäumen und 3 Nadelbäumen wiesen 317 Laubbäume keinen Flechtenbewuchs auf. Insgesamt wurden 4466 Flechtenproben bestimmt und dem Herbar des Institutes für Botanik in Graz (GZU) übereignet.

Zur Beurteilung der Luftgüte wurde die Skala von HAWKSWORTH & ROSE 1970 herangezogen. Aufgrund der vorkommenden Arten wurden die einzelnen Quadranten den jeweiligen Zonen zugeordnet. Die Orientierung erfolgte dabei nach der empfindlichsten im Quadranten vorkommenden Art. Als Vergleich wurden die von Ehrendorfer et al. 1971 durchgeführten Erhebungen von uns ebenfalls nach der Skala von HAWKSWORTH & ROSE 1970 ausgewertet und als Rasterkarte dargestellt. Dadurch wird ein unmittelbarer Vergleich beider Untersuchungen möglich. Da bei EHRENDORFER et al. 1971 für die Quadranten 7f und 2e keine Daten zur Verfügung standen, wurden diese nach den Daten der benachbarten Quadranten extrapoliert. Die intensive Sammeltätigkeit für diese Untersuchung erfolgte in den Jahren 1981 bis 1983; im Jahr 1986 wurde noch gezielt nach fehlenden Arten gesucht.

3. Ergebnisse und Diskussion

Im Stadtgebiet wurden über 100 Flechtenarten gefunden, wobei zahlreiche in Graz erstmals kartiert wurden und mehrere zugleich Erstfunde in der Steiermark darstellten. Der überwiegende Teil der Neufunde sind Krustenflechten. Die Flechtensammlungen werden im einzelnen noch bearbeitet und einer kritischen Prüfung unterzogen, weshalb eine detaillierte Liste hier nicht aufscheint; diese ist zusammen mit floristischen Bemerkungen Gegenstand einer sich in Vorbereitung befindenden Arbeit. Folgende Flechtenarten wurden für die Klassifizierung nach HAWKSWORTH & ROSE 1970 herangezogen.

Buellia punctata (HOFFM.) MASSAL.
Caloplaca cerina (EHRH. ex HEDWIG) TH. FR.
Candelaria concolor (DICKSON) STEIN
Evernia prunastri (L.) ACH.
Flavoparmelia caperata (L.) HALE
Hypogymnia physodes (L.) NYL.
Lecania cyrtella (ACH.) TH. FR.
Lecanora chlorotera NYL.
Lecanora comizaeoides NYL. ex CROMBIE
Lepraria incana (L.) ACH.
Melanelia exasperatula (NYL.) ESSL.
Melanelia glabrata (LAMY) ESSL.
Opoglyphis vulgata (ACH.) ACH.
Parmelia saxatilis (L.) ACH.
Parmelia sulcata TAYLOR
Parmelia tiliacea (HOFFM.) HALE
Parmeliopsis ambigua (WULFEN) NYL.

Pertusaria albens (HUDSON) CHOISY & WERNER
Pertusaria anara (ACH.) NYL.
Phaeophyscia endophoenicea (HARM.) MOBERG
Physcia ascendens (FR.) H. OLIVIER
Physcia aipolia (HUMB.) FÜRNRÖHR
Physcia tenella (SCOP.) DC.
Physconia distorta (WITH.) LAUNDON
Platismatia glauca (L.) CULB. & CULB.
Pseudevernia furfuracea (L.) ZOPF
Prinotelia subrudecta (NYL.) KROG
Ramalina farinacea (L.) ACH.
Ramalina pollinaria (WESTR.) ACH.
Rinodina roboris (DUFUR ex NYL.) ARNOLD
Usnea filipendula coll.
Usnea subfloridana STIRTON
Xanthoria parietina (L.) TH. FR.

Auf eine Einzeldarstellung von Flechten wird hier verzichtet. Verbreitungskarten werden bei der in Vorbereitung befindlichen Dissertation von Kaschnitz aufscheinen.

Beim Vergleich der Verbreitungskarte von Flechten 1971 (EHRENDORFER et al. 1971) mit den neuesten Daten ergibt sich kein einheitliches Bild im Verhalten dieser Organismen. Einige Arten sind im Rückgang begriffen, andere haben sich in ihrer Verbreitung im Stadtgebiet kaum verändert, und einige wiederum konnten in den letzten Jahren ihr Areal vergrößern. Die beiden gegen Luftverunreinigungen empfindlichen Arten *Evernia prunastri* und *Parmeliopsis ambigua* sind aus dem Zentrum weiter nach außen gewichen.

Als wahrscheinlichste Ursache ist hier wohl die Verschlechterung der Luft in Betracht zu ziehen. Auch für *Xanthoria parietina* ist eine Verringerung ihres Areals nachweisbar. Da sie nicht zu den empfindlichsten Arten zählt und mit dem Verhalten vergleichbarer Flechten im Widerspruch steht, müssen wohl andere Gründe für den starken Rückgang in die Überlegung miteinbezogen werden. Die relativ robusten Arten (Stufe 6 und 7) *Parmelia sulcata*, *Melania glabratula*, *Parmelina tiliacea* konnten hingegen ihr Areal halten. Für den auffällig starken Rückgang von *Xanthoria* ist eine Veränderung bei dem von ihr bevorzugten Substrat, nämlich alte Apfel- oder Nußbäume, wahrscheinlich. Viele dieser alten Bäume wurden in den letzten Jahren beseitigt. Dies erfolgte einerseits im Zuge der Neubebauung verschiedener Gebiete, wie gerade im Süden und Südosten des Stadtgebietes, da die Erweiterung der Stadt in nicht unwesentlichem Ausmaß gerade in diese Richtung erfolgt. Andererseits gibt es heute kaum mehr Hochstammkulturen. Diese wurden durch Halbstammkulturen ersetzt, welche in relativ kurzer Zeit wieder erneuert werden, und dieser Zeitraum ist für *Xanthoria parietina* zu gering, um sich wieder ansiedeln zu können. Außerdem werden diese Halbstammkulturen einer intensiven Stammpflege unterworfen, die ebenfalls sehr flechtenfeindlich ist. Zudem kann *Xanthoria parietina* als obligat generativ sich vermehrende Art auf allfällige Verbesserungen der Luft nicht so rasch mit einer Wiederbesiedlung antworten wie sich vegetativ vermehrende Arten. Die mittelempfindliche *Hypogymnia physodes* wanderte hingegen in einigen Bereichen in das eigentliche Stadtgebiet ein, ebenso *Parmelia saxatilis* und *Cetraria pinastri*, wohingegen die empfindliche *Pseudovernia furfuracea* (ein Vertreter der montanen Wälder) in den Randgebieten der Stadt im Vordringen begriffen ist. Es fällt auf, daß von den empfindlicheren Arten nur sich vegetativ vermehrende Sekundärarten (wie z. B. *Pseudovernia furfuracea*) in Verbindung mit Immissionsminderung eingewandert sind. Die selbe Beobachtung wurde auch von KANDLER & POELT (1984) in München gemacht. Das bedeutet, daß das Zeitintervall zwischen beiden Kartierungen in Graz gerade groß genug ist, um den Sekundärarten Zeit zu geben, einen Teil des Areals auf Grund der Verbesserung der Bedingungen zurückzuerobern. HAFELLNER & GRILL 1981 geben in ihrer Arbeit über die Wiedereinwanderung der Flechten im Raum Leoben-Hinterberg eine Zeitspanne von 4 bis 6 Jahren nach Verbesserung der Belastungssituation an, in welcher die Flechten einwandern, und stimmen damit mit SHOWMAN 1981 im wesentlichen überein. Auch ROSE & HAWKSWORTH (1981) sowie KANDLER & POELT (1914) weisen darauf hin, daß es mehrere Jahre dauert, bis die Wiederbesiedlung von Flechten nach Abbau der Belastung einsetzt. Es ist daher notwendig, bei einer vergleichenden Flechtenuntersuchung zur Beurteilung der Luftsituation einen genügend großen Zeitraum zwischen zwei Kartierungen einzuhalten, während auf Verschlechterungen Flechten rasch mit partiellen oder totalen Absterbeerscheinungen reagieren (TÜRK 1982).

Auf der Flechtenkarte 1986 (Abb. 3) ist ersichtlich, daß im Stadtgebiet die Zone 0, in der keine epiphytischen Flechten vorkommen, fehlt so wie die Zonen 1 und 2. Auch die Zone 10, welche bei HAWKSWORTH & ROSE 1970 als „rein“ eingestuft wird, kommt in Graz nicht vor. Die neuerliche Erhebung läßt auf Grund der Flechtenverteilung auf eine Zonierung der Luftgüte im Stadtgebiet schließen. Die schlechteste Luftqualität ist demnach im Stadtzentrum zu finden und umfaßt die Innenstadt und Teile der Bezirke Lend und Gries. Außerdem ist ein deutlicher Einfluß der Hauptwindrichtung entlang der Mur auf die Verteilung von Luftschadstoffen erkennbar. Die Luftqualität am südlichen Stadtrand dürfte jedoch besser sein, als die Flechtenkarte wiedergibt. Die Situation ist wahrscheinlich dadurch geprägt, daß in diesem Gebiet, bedingt durch neue Siedlungen, nur mehr sehr wenige ältere Bäume, insbesondere Apfel- und Nußbäume, vorhanden sind, wodurch den Flechten ein wichtiges Substrat entzogen wurde.

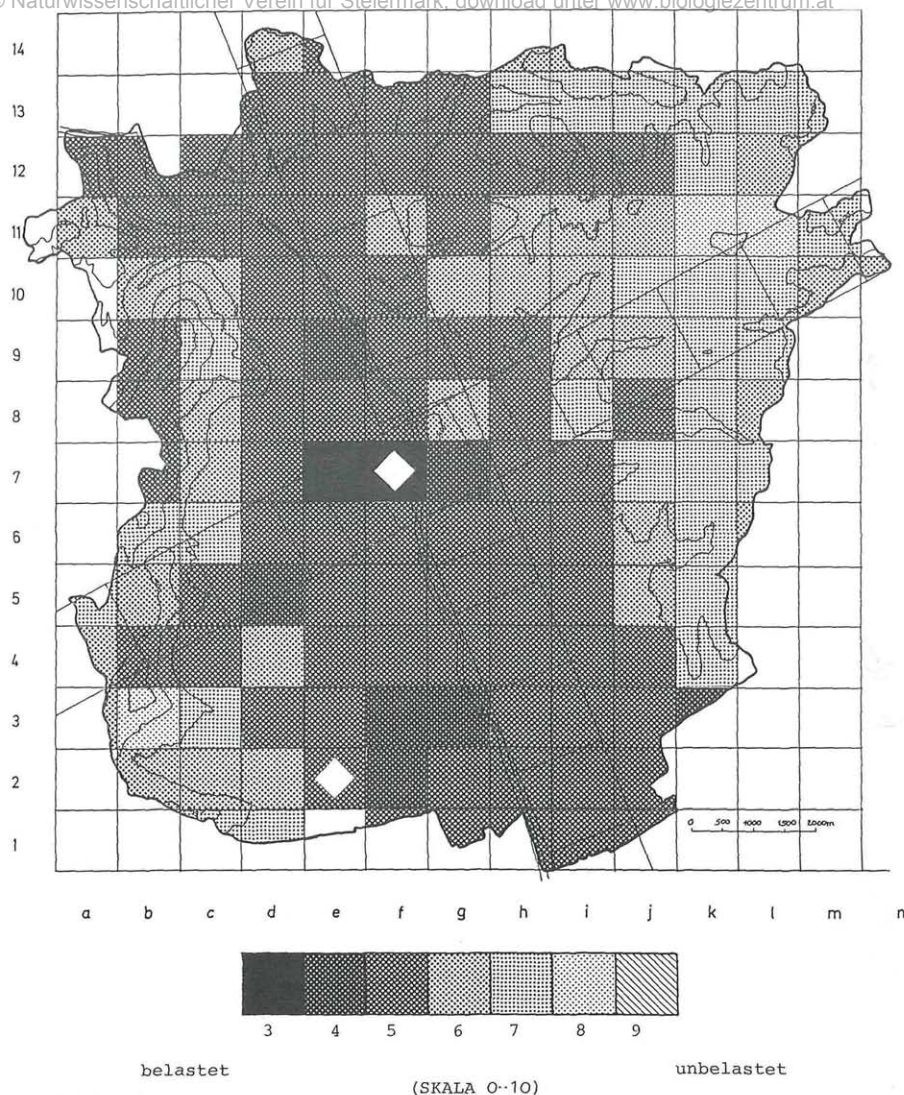


Abb. 2: Flechtenzonen im Stadtgebiet von Graz im Jahre 1967–68 nach HAWKSWORTH & ROSE (1970), erstellt aus den Ergebnissen der Verbreitungskarten von EHRENDORFER & al. (1971). Die Quadranten 7f und 2e wurden auf Grund fehlender Daten nach den Daten der benachbarten Quadranten extrapoliert.

Im Grüngürtel von Graz, besonders im nördlichen Teil, läßt der Flechtenbewuchs auf relativ gute Luftqualität schließen. Hier gehören einige Quadranten sogar der zweitbesten Stufe (9) an, was auf eine höchstens sehr geringe Belastung mit Schadstoffen, insbesondere SO_2 , deutet.

Auch aus der Flechtenkarte von EHRENDORFER et al. 1971 bzw. Abb. 2 geht deutlich die starke Belastung der Stadtmitte hervor. Ebenso läßt sich eine Häufung der Stufen 4, 5 in der Hauptwindrichtung feststellen, während die Gebiete im Nordosten-Osten und

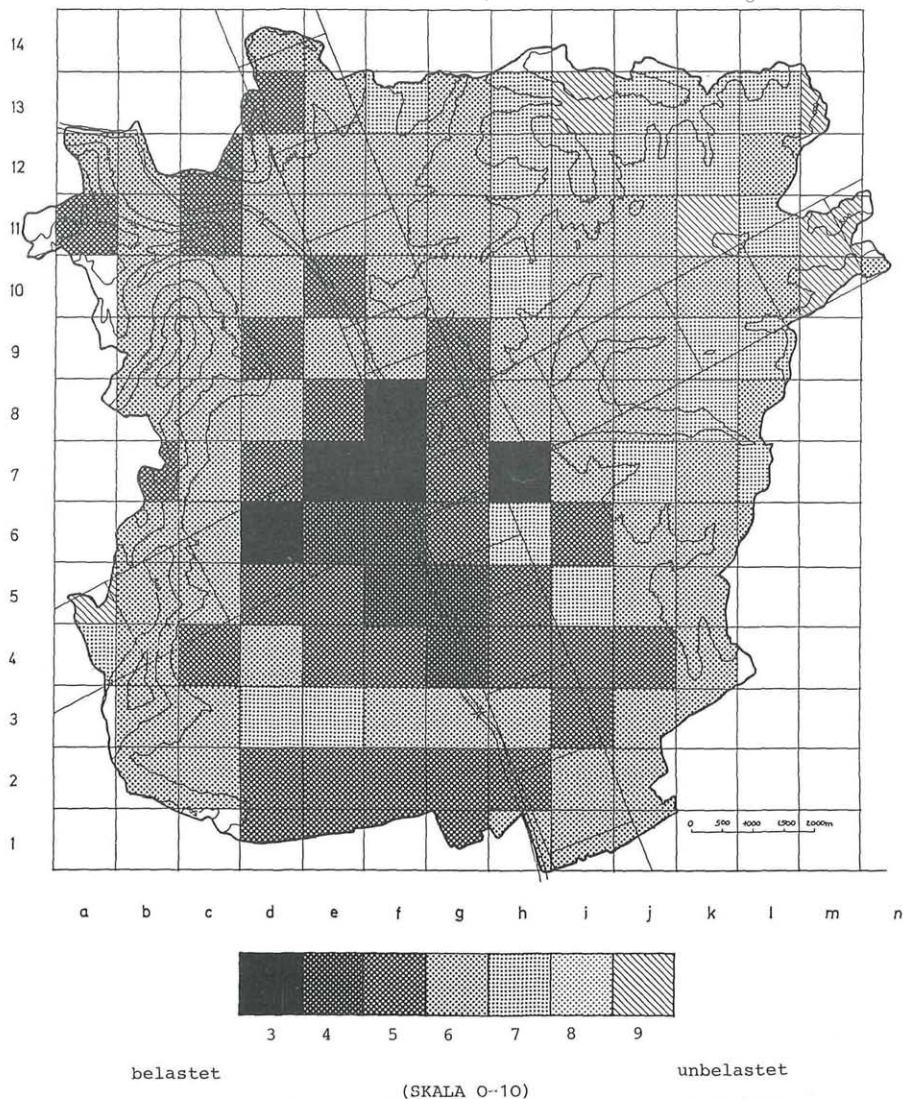


Abb. 3: Flechtenzonen im Stadtgebiet von Graz im Jahre 1986 nach HAWKSWORTH & ROSE (1970).

im Westen-Südwesten den Zonen 6 bis 8 angehören. Die Zone 9, die auf eine sehr gute Luftsituation hinweist, scheint hier nicht auf.

Aus einem Vergleich beider Untersuchungen von 1968 und 1986 läßt sich eine Veränderung der Luftsituation im Stadtgebiet von Graz erkennen. Die Situation im unmittelbaren Stadtkern hat sich deutlich verschlechtert, wie aus der Zunahme von Quadranten mit der Stufe 3 und 4 zu erkennen ist. Dies ist mit größter Wahrscheinlichkeit auf die Vergrößerung der Verkehrsdichte, resultierend in einer erhöhten Belastung mit Stickoxiden, Bleiaerosolen, Staub und Kochsalz, zurückzuführen. Von allen diesen Stoffen wird, wie einleitend berichtet, auch eine Flechtentoxizität abgeleitet. Die Kombination Staub, Blei und Chlorid läßt sich auf eine gemeinsame Ursache, nämlich auf den

Straßenverkehr, zurückführen, wie eine statistische Beurteilung von Borkenergebnissen gezeigt hat (KOSMUS & GRILL 1986). Aus eben diesen Borken läßt sich jedoch ableiten, daß SO_2 nicht für diese Verschlechterung der Luftsituation in Frage kommt, denn der Sulfatgehalt im Stadtgebiet ist zum Teil oft niedriger als gegen die Peripherie der Stadt (Kaschnitz, in Vorbereitung). Es wurden z. B. im Winter an Borkenproben von *Malus domestica* im Quadranten 8g Werte von ca. $150 \mu\text{g S/g}$ Borke gemessen, während die Borkenanalysen im Quadranten 12e Werte zw. 300 und $465 \mu\text{g S/g}$ Borke lieferten. Auch KILIAS 1974 hat in Erlangen einen unmittelbaren Zusammenhang zwischen Bleikontamination im Straßenstaub und Rückgang der Flechtenverbreitung in Zusammenhang gebracht, wobei Blei, durch gleichzeitig vorhandenes Kochsalz synergistisch wirkend, hochtoxisch ist (PUNZ 1979). JÜRGING 1975 und KANDLER & POELT 1984 weisen auf die durch den Kfz-Verkehr verursachten Stäube als begrenzenden Faktor für die epiphytische Flechtenvegetation hin. LASOTA-CHRIST & TÜRK 1984 hingegen geben den Stickoxiden, die in den Kfz-Abgasen reichlich vorhanden sind, die Schuld am Rückgang der Flechten im Stadtgebiet. Hingegen messen HAWKSWORTH & ROSE 1976 den Autoabgasen und Bleiaerosolen weniger toxische Bedeutung zu als dem vorhandenen Kochsalz.

Insgesamt gesehen lassen sich alle diese neben SO_2 als flechtentoxisch vermuteten Stoffe im Stadtgebiet von Graz finden und mit der Zunahme des Verkehrs auch korrelieren. Von der Verschlechterung des Zentrums sind auch der Schloßberg und der Stadtpark nicht ausgenommen. Während bei EHRENDORFER et al. 1971 der Quadrant 8 g, welcher den größten Teil des Schloßbergs sowie große Teile des Stadtparks beinhaltet, noch deutlich besser als seine Umgebung aufscheint, scheint 1986 dieser Quadrant nicht mehr abgehoben. Offensichtlich haben die Parks im Zentrum auf die Luftqualität, dokumentiert durch den Flechtenbewuchs, geringere positive Auswirkungen, als psychologisch wegen der sichtbaren Begrünung angenommen wird. Anders ist z. B. die Situation in Erlangen (KILIAS 1974), Salzburg (TÜRK 1975) oder Wien (LASOTA-CHRIST & TÜRK 1984), wo Parks und Grünanlagen weit bessere Flechtenvegetation zeigen als die Umgebung. Offensichtlich überwiegt in Graz der negative Einfluß der Emissionen den positiven Einfluß der günstigeren mikroklimatischen Situation in den Parkanlagen. Bei einer Verbesserung der Belastungssituation jedoch müßten die Parks und Grünanlagen zuerst wieder besiedelt werden, wie sich am Beispiel München (KANDLER & POELT 1984) zeigen läßt. Eine mikroklimatische Veränderung als wesentliche Ursache der Verschlechterung, wie sie z. B. RUGE & FÖRSTER 1970 für Teile von Hamburg beschreiben, ist jedoch im Fall von Graz auszuschließen. RUGE & FÖRSTER 1970 geben die zunehmende Besiedlungsdichte als Grund für die Abnahme der Häufigkeit der Taubildung an, was zur Folge hat, daß die zum Flechtenwachstum erforderlichen Voraussetzungen (CO_2 -Assimilation) aufgrund zu seltener Durchfeuchtung nicht mehr gegeben sind. Da sich jedoch die Besiedlungsdichte in der Grazer Innenstadt in den letzten zwanzig Jahren nicht geändert hat, ist anzunehmen, daß auch das Mikroklima gleichgeblieben ist.

In den Randgebieten von Graz weist der Flechtenbewuchs auf eine verbesserte Luftsituation hin (Abb. 2 und Abb. 3). Am deutlichsten ist die Veränderung im Norden und Nordosten des Stadtgebietes. 1986 treten sogar Quadranten mit der Skaleneinteilung 9, der zweitbesten Stufe überhaupt, auf, die bei EHRENDORFER et al. 1971 nie zu finden war. Im Nordwesten dominierte bei den Aufnahmen 1968 die Zone 5, 1986 hingegen nun durchwegs die um eine Klasse bessere Kategorie 6. Auch im Süden ist die Lage besser als 1968, allerdings nicht so deutlich ausgeprägt wie im Norden. Wie bereits erwähnt, ist wahrscheinlich die tatsächliche Luftgüte am südlichen Stadtrand besser, als der kartierte Zustand wiedergibt. Der wahrscheinlichste Grund ist im Fehlen der älteren Bäume, die die Flechtenträger darstellen, zu suchen. Dies wurde bereits bei der Verbreitung von

Tabelle 1

Anzahl der auf Flechtenbewuchs untersuchten Bäume:

	Gesamtzahl:	davon mit Flechten:	ohne Flechten:
<i>Malus</i>	451	318	133
<i>Pyrus</i>	175	154	21
<i>Prunus</i>	164	132	32
<i>Aesculus</i>	121	53	68
<i>Cerasus</i>	113	78	35
<i>Quercus</i>	77	76	1
<i>Juglans</i>	59	53	6
<i>Populus</i>	37	34	3
<i>Tilia</i>	31	27	4
<i>Salix</i>	26	22	4
<i>Betula</i>	20	15	5
<i>Acer</i>	19	18	1
<i>Armeniaca</i>	17	17	—
<i>Fraxinus</i>	12	11	1
<i>Fagus</i>	7	5	2
<i>Carpinus</i>	6	6	—
<i>Alnus</i>	5	5	—
<i>Castanea</i>	3	3	—
<i>Persica</i>	3	3	—
<i>Robinia</i>	3	2	1
<i>Ulmus</i>	1	1	—
<i>Rhus typhina</i>	1	1	—
<i>Gleditschia</i>	1	1	—
unbestimmte			
Laubbäume	3	3	—
Nadelbäume			
(<i>Pinus, Picea</i>)	3	3	—

Xanthoria parietina besprochen. Für die Verbesserung dürfte eine generelle Abnahme der SO_2 -Belastung verantwortlich sein, die im statistischen Jahrbuch der Stadt Graz 1982 (KOLLEGER 1982) bzw. EDER 1986 bestätigt wird. Die Gründe liegen u. a. in der Verbesserung der Brennstoffe (Schwefelgehalt) bzw. in der Sanierung von Emittenten im Stadtgebiet besonders im Norden. Während KIENZL & HÄRTEL 1979 im Zuge ihrer Borkenuntersuchungen im Norden der Stadt eine sehr hohe Schwefelbelastung feststellten, welche sich auch in der Karte von Ehrendorfer zeigt, weist die heutige Flechtenkarte hier eine wesentlich geringere Belastung aus. Mitverantwortlich dafür sind die geänderten Emissionen aus dem Norden bzw. geänderte Emissionscharakteristik in Folge von Werksumbauten (Leykam). Die durch die Flechtenkartierung repräsentierte gute Luftsituation im Grüngürtel im Norden und Osten der Stadt ist für Graz von weit größerer Bedeutung, als es vorerst aussieht. Durch diese Täler fließt die saubere Frischluft nach und sorgt für eine Luftverbesserung im Stadtgebiet (LAZAR 1982). Obwohl die Lage im Süden deutlich besser ist als 1968, so läßt die Flechtenkarte doch auf das Vorkommen verschiedener Emittenten und auf einen eventuellen Fernetrug von Süden sowie auf die zunehmende Besiedlungsdichte schließen. Es muß aber deutlich darauf verwiesen werden, daß auf der Immissionsseite immer zwischen Emittent und Immissionsempfänger die Luftbewegung und die Meteorologie sowie die örtliche Gliederung zu beachten sind. In unserer Arbeit, welche den Vergleich zweier Flechtaufnahmen zum Gegenstand hat, ist das grundsätzliche Problem einer Flechtenkartierung im Stadtgebiet hintanzustellen,

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
nämlich, daß die klimatische Situation aufgrund der trockenen Luft prinzipiell flechtenfeindlich ist (RUGE & FÖRSTER 1970, DOMRÖS 1966). In unserem Fall hat sich sicherlich, ausgenommen die Bereiche im Süden und Westen der Stadt, die Besiedlungsdichte im Untersuchungszeitraum nicht wesentlich geändert, sodaß die Unterschiede beider Karten auf diese Faktoren zurückzuführen wären. Nach TÜRK 1975 und GOPPEL 1976 ist das (Nicht-)Vorhandensein von Schadstoffemissionen im Stadtgebiet als Hauptursache der Flechtenzonierung anzusehen. Dem Stadtklima (EHRENDORFER et al. 1971, LAZAR 1982) wird höchstens ein modifizierender Einfluß auf die Zonen zugeschrieben.

Daraus kann abschließend gefolgert werden, daß durch die neuerliche Flechtenerhebung in Graz und durch den Vergleich beider Flechtenkarten Aussagen über die Änderungen der Luftgüte im Stadtgebiet in den letzten 15 bis 20 Jahren gemacht werden können. Es können dadurch zwar chemisch-physikalische Luftanalysen nicht ersetzt werden, denn nur diese geben mengenmäßig genau Aufschlüsse über die einzelnen Belastungskomponenten, durch die Flechten können jedoch sämtliche Summenwirkungen in längeren Zeiträumen nachgewiesen werden. Dadurch werden wertvolle Hinweise für die Stadtplanung sowie für die günstige Platzierung von Meßgeräten geliefert.

Dank: Diese Arbeit wurde aus Mitteln des Magistrats Graz gefördert.

Literatur

- ANONYMUS (1987): Flechtenstudie belegt: Verkehr verursachte eine dramatische Erhöhung der Luftbelastung. In: Innsbrucker Stadtnachrichten. Offizielles Mitteilungsblatt der Landeshauptstadt. Jahrgang 1987, 9: 12/13.
- BESCHEL, R. (1958): Flechtenvereine der Städte, Stadtflechten und ihr Wachstum. – Ber. naturwiss.-med. Ver. Innsbruck, 52: 158 pp.
- BÖRTITZ, S. & RANFT, H. (1972): Zur SO₂- und HF-Empfindlichkeit von Flechten und Moosen. – Biol. Zbl., 91: 613–623.
- BORTENSCHLAGER, S. (1969): Flechtenverbreitung und Luftverunreinigung in Wels. – Naturkundl. Jb. Stadt Linz, 1969: 207–212.
- DOMRÖS, M. (1967): Flechten als Indikator von Luftverunreinigungen und Stadtklima. – Städtehygiene, 18: 33–39.
- EDER, J. (1986): Grazer Umweltbericht 1/1986 (Entwurf). Magistrat Graz.
- EHRENDORFER, F., MAURER, W., KARL, R. & KARL, E. (1971): Rindenflechten und Luftverunreinigung im Stadtgebiet von Graz. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 100: 151–189.
- GOPPEL, C. (1976): Verbreitung und Ökologie von Rindenflechten im Stadtgebiet von Regensburg – ihr Zeigerwert für Stadtklima und Luftverschmutzung. – Hoppea, (Denkschr. Regensb. bot. Ges.) 35: 5–102.
- HAFELLNER, J. & GRILL, D. (1981): Der Einfluß der Stilllegung einer Zellstoffabrik auf die Vegetation der Umgebung. – Phytion (Austria), 21: 25–38.
- HASELOFF, H.-P. (1982): Bioindikatoren und Bioindikation. – Biologie in unserer Zeit, 12: 20–26.
- HAWKSWORTH, D. L. & ROSE, F. (1970): Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. – Nature, 227: 145–148.
- HAWKSWORTH, D. L. & ROSE, F. (1976): Lichens as pollution monitors. – Studies in Biology 66, London, Arnold.
- HOISLBAUER, G. (1979): Rindenflechten im oberösterreichischen Zentralraum und ihre Abhängigkeit von Umwelteinflüssen. – Stapfia (Linz), 5: 1–69.
- JÜRGING, P. (1975): Epiphytische Flechten als Bioindikatoren der Luftverunreinigung – dargestellt an Untersuchungen und Beobachtungen in Bayern. – Bibliotheca Lichenologica, 4: 1–164, Cramer, Vaduz.

- KANDLER, O. & POELT, J. (1984): Wiederbesiedelung der Innenstadt von München durch Flechten. – Naturwiss. Rdsch., 37: 90–95.
- KERNSTOCK, E. (1889): Fragmente zur steirischen Flechtenflora. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 25: 15–43.
- KERNSTOCK, E. (1893): Zur Lichenenflora Steiermarks. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 29: 200–223.
- KILIAS, H. (1974): Die epiphytische Flechtenvegetation im Stadtgebiet von Erlangen. – Hoppea (Denkschr. Regensb. Bot. Ges.), 33: 99–170.
- KIENZL, I. & HÄRTEL, O. (1979): Die Luftverunreinigungen im Stadtgebiet von Graz, dargestellt anhand von Borkenuntersuchungen. Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 109: 113–135.
- KOLLEGER, K. (1982): Die Luftverunreinigungen. In: Statistisches Jahrbuch der Landeshauptstadt Graz, 25. Jahrgang, Berichtsjahr 1982, Magistrat Graz.
- KOSMUS, W. & GRILL, D. (1986): Die Bedeutung verschiedener Parameter bei der Beurteilung von Immissionen anhand von Borkenanalysen am Beispiel des Stadtgebietes von Graz. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 116: 161–172.
- KRIEGER, H. & TÜRK, R. (1986): Floristische und immissionsökologische Untersuchungen an Rindenflechten im unteren Mühlviertel, Oberösterreich. – Linzer biol. Beitr., 18/2: 241–337.
- LASOTA-CHRIST, R. & TÜRK, R. (1984): Der epiphytische Flechtenbewuchs als Indikator für die Luftverunreinigung im Stadtgebiet von Wien. – Städtehygiene, 35: 122–131.
- LAZAR, R. (1982): Stadtklimatische Besonderheiten von Graz. In: Tagungsband Umweltschutzseminar 1982, Grazer Luft – 10 Jahre beobachtet: 20–39, Magistrat Graz.
- LE BLANC, F. & DE SLOOVER, J. (1970): Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. – Can. J. Bot., 48: 1485–1496.
- PUNZ, W. (1979): Beiträge zur Verwendung von Flechten als Bioindikatoren. Der Einfluß von Schadstoffkombinationen. Sitzungsber. d. Österr. Akad. Wiss. Abt. I, 188: 1–25.
- RABE, R. & WIEGEL, H. (1985): Wiederbesiedelung des Ruhrgebietes durch Flechten zeigt eine Verbesserung der Luftqualität an. Staub-Reinhaltung d. Luft, 45: 124–126.
- ROSE, C. J. & HAWKSWORTH, D. L. (1981): Lichen recolonization in London's cleaner air. – Nature, 289: 289–292.
- RUGE, U. & FÖRSTER, D. (1970): Versuch zur Beurteilung des Stadtklimas von Hamburg auf Grund der Verbreitung epiphytischer Flechten. – Städtehygiene, 21: 30–32.
- SHOWMAN, R. E. (1981): Lichen recolonization following air quality improvement. – The Bryologist, 84: 492–497.
- SOCHTING, U. & JOHNSON, J. (1974): Changes in the distribution of epiphytic lichens in the Copenhagen area from 1936 to 1972. – Bot. Tidsskr., 69: 60–63.
- STARKE, P. (1982): Stadtklima, Immissionsverhältnisse und Flechtenverbreitung in Linz. Diss., Uni Innsbruck.
- TÜRK, R. (1975): Die Veränderung der Flechtenzonen und der Luftqualität im Stadtgebiet Salzburg von den Jahren 1948/49 bis 1974/75. In: Studie über die umwelthygienisch-ökologische Situation der Stadt Salzburg (E. Stüber, ed.): 131–135.
- TÜRK, R. (1982): Monitoring air pollutants by lichen mapping. In: (Steubing, L. & Jäger, H.-J. eds.) Monitoring of air pollutants by plants. Dr. W. Junk. Publishers.
- TÜRK, R. & SEGER, M. (1985): Immissionsökologische Studie über den epiphytischen Flechtenbewuchs im Raum Klagenfurt. – Klagenfurter geographische Schriften, 5: 25–41.
- TÜRK, R. & ZIEGLER, G. (1982): Die Luftqualität im Stadtgebiet von Salzburg – Dargestellt anhand der Verbreitung epiphytischer Flechten – Schriftenreihe Luftgüteuntersuchung, 7: 78–141.

Anschrift der Verfasser: Univ.-Prof. Dr. Dieter GRILL, Univ.-Doz. Mag. Dr. Josef HAFELLNER, Andrea KASCHNITZ und Waltraud PONGRATZ; Institut für Pflanzenphysiologie und Botanik der Karl-Franzens-Universität Graz, Schubertstraße 1, A-8010 Graz, Österreich.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark](#)

Jahr/Year: 1988

Band/Volume: [118](#)

Autor(en)/Author(s): Grill Dieter, Hafellner Josef, Pongratz [verehelichte Scherer] Waltraud, Kaschnitz Andrea

Artikel/Article: [Neuerliche Erhebung der epiphytischen Flechtenvegetation in Graz. 145-155](#)