©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Phyton (Austria)	Vol. 21	Fasc. 1	25—38	15. 2. 1981

Der Einfluß der Stillegung einer Zellstoffabrik auf die Vegetation der Umgebung

Von

Josef HAFELLNER *) und Dieter GRILL **)

Mit 10 Abbildungen und 3 Tabellen

Eingelangt am 18. Februar 1980

Key words: *Lichenes*; air pollution, reinvasion

Summary

HAFELLNER J. & GRILL D. 1981. The influence of the shut-down of a cellulose mill on the vegetation of the surrounding area. — Phyton (Austria) 21 (1): 25—38, 10 figures, 3 tables. — German with English summary.

Eight years after the shutting down of the cellulose mill at Leoben-Hinterberg (Styria, Austria) the lichen vegetation of the area is studied. Once it was a lichen desert, since that time 25 species of corticolous lichens reinvaded this territory. The various species are mapped. The date of colonization by *Hypogymnia physodes* is concluded by means of growth rate and size of the thalli. Evidence of the SO_2-pollution before and after the stoppage of the factory give the sulphur content in needles of *Picea abies* and the tree-ring analysis of *Picea abies* and *Pinus sylvestris*.

Zusammenfassung

HAFELLNER J. & GRILL D. 1981. Der Einfluß der Stillegung einer Zellstoffabrik auf die Vegetation der Umgebung. — Phyton (Austria) 21 (1): 25—38, 10 Abbildungen, 3 Tabellen. — Deutsch mit englischer Zusammenfassung.

Acht Jahre nach Stillegung der Zellstoffabrik in Leoben-Hinterberg (Steiermark, Österreich) wird die Flechtenvegetation der Umgebung studiert. Einst eine Flechtenwüste, sind seit dem genannten Zeitpunkt 25 Flechtenarten

*) Mag. Dr. Josef HAFELLNER, Institut für Botanik der Universität Graz, Holteigasse 6, A-8010 Graz, Austria.

**) Univ.-Doz. Dr. Dieter GRILL, Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Graz, Schubertstraße 51, A-8010 Graz, Austria.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

in das Gebiet wieder eingewandert. Die einzelnen Arten werden kartiert. Aus der Wachstumsrate und der Thallusgröße von *Hypogymnia physodes* wird der ungefähre Besiedlungszeitpunkt erschlossen. Anhaltspunkte über die SO_2-Belastung vor und nach der Betriebsstillegung liefern die Schwefelgehalte von *Picea abies*-Nadeln und Jahresringanalysen von *Picea abies* und *Pinus sylvestris*.

Einleitung

Die Arbeiten über die Einflüsse von Industrie- und Siedlungsabgasen auf Epiphyten sind bereits Legion. Man vergleiche dazu etwa die Literaturlisten und Stichwortreferate von D. L. HAWKSWORTH und in der Folge von A. HENDERSON in der Zeitschrift „The Lichenologist" unter dem Titel „Lichens and air pollution". Zusammenfassende Darstellungen des Problemkreises lieferten z. B. FERRY, BADDELEY & HAWKSWORTH 1973 und DERUELLE 1978. Von den österreichischen Städten sind bis jetzt Graz (EHRENDORFER & al. 1971), Linz (BORTENSCHLAGER & SCHMIDT 1963a, 1963b, TÜRK & HOISLBAUER 1978), Salzburg (TÜRK 1975, TÜRK & CHRIST 1978), Wels (BORTENSCHLAGER 1969), Innsbruck (BESCHEL 1958, HUTTER 1975), Leoben (SCHITTENGRUBER 1964) und Wien (SAUBERER 1951, 1959) diesbezüglich untersucht worden. Auch über die Einflüsse von Sulfatzellstoffabriken auf die Vegetation existieren Arbeiten (HOFFMAN 1974, NEWBERRY 1975, WESTMAN 1975, TURUNEN & al. 1975 u. a.).

In Leoben-Hinterberg (Steiermark, Österreich; Abb. 2) eröffnet sich nun die Möglichkeit, einen bisher kaum beachteten Aspekt zu behandeln, nämlich ob die in der Folge der Betriebsstillegung einer Zellstoffabrik eintretende Luftverbesserung auf die Vegetation, insbesondere die Epiphyten, sichtbare Auswirkungen zeitigt. Einzig über die saxicole, calciphile *Lecanora muralis* gibt es eine Studie über die Wiedereinwanderung dieser Art in ein Siedlungsgebiet, nachdem sich die atmosphärischen Bedingungen gebessert hatten (HENDERSON-SELLERS & SEAWARD 1979). Über die wesentlich empfindlicher reagierenden corticolen Flechten wurden bisher keine vergleichbaren Ergebnisse publiziert.

Die Arbeit von SCHITTENGRUBER 1964, in der eine Flechtenkarte des Untersuchungsgebietes enthalten ist (in Abb. 1 wiedergegeben), diente als Vergleichsbasis. In dieser Studie sind die Abhänge des östlich von Hinterberg — dem Standort der Zellstoffabrik — liegenden Häuselberges als Flechtenwüste ausgewiesen. Der Häuselberg, ein Kalksporn, der von Norden her die Talsohle des Murtales verengt, ragt etwa 180 Höhenmeter aus den quartären Sedimentdecken empor. SCHITTENGRUBER 1964: 8 schreibt: „Der inselartig abgesonderte Häuslberg, der unter dem Einflusse der Gasschwaden der Zellulose Fabrik Hinterberg steht, nimmt eine Sonderstellung ein. Der Wald an den Hängen des Berges ist flechtenfrei. Nur an vereinzelten Fichten und Lärchen bei 660 m überzieht das gelbgrünliche Lager der *Psora ostreata* stellenweise deren Stammbasis."

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

In der Zeit, als SCHITTENGRUBER die Flechtenflora Leobens untersuchte, waren in der Zellulosefabrik in Hinterberg 5 Kocher in Betrieb (PICKL 1963: 96). Ende 1971 mußte das Werk wegen wirtschaftlicher Schwierigkeiten den Betrieb einstellen (siehe z. B. Obersteirische Zeitung vom 19. Okt. 1971, 6. Nov. 1971!). Die Werksanlagen wurden in der Folgezeit größtenteils abgetragen.

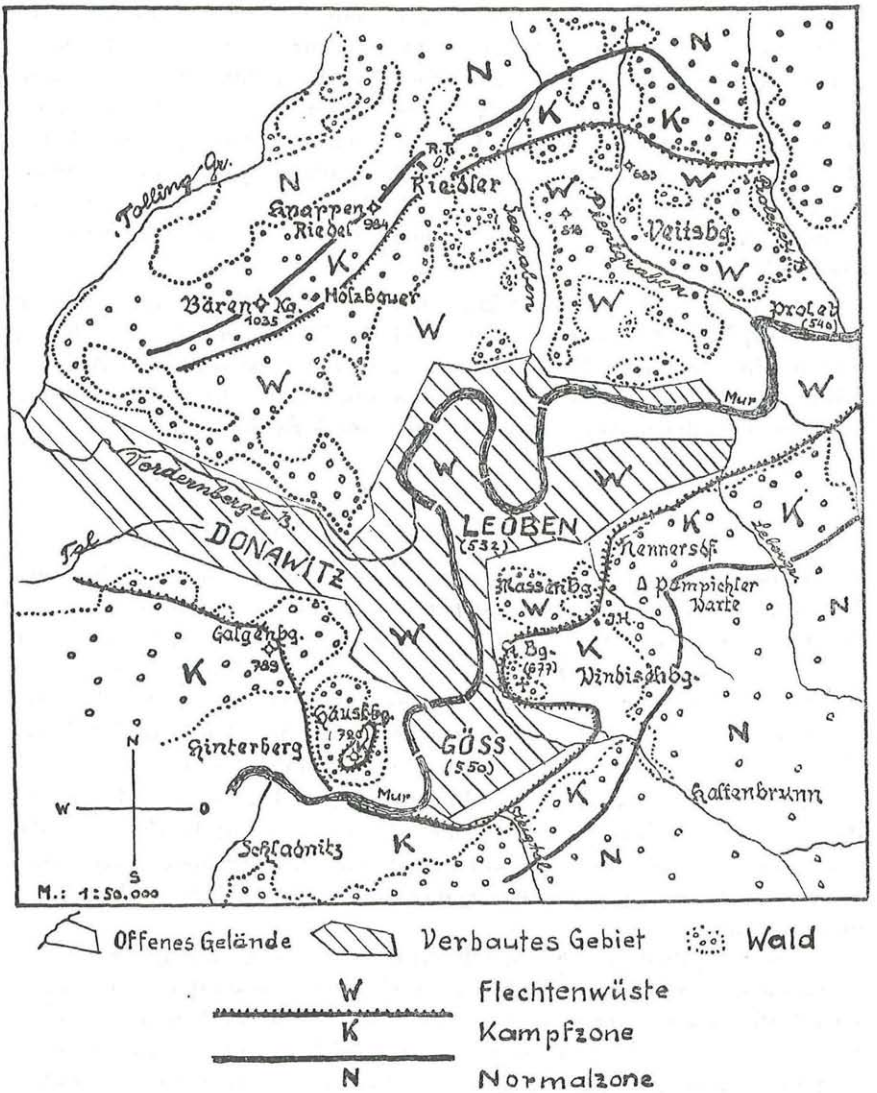


Abb. 1. Karte der Flechtenzonen von Leoben und Umgebung (aus SCHITTENGRUBER 1964: 15)

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Die 1979 durchgeführten Untersuchungen zielten im wesentlichen auf zwei Fragen ab. Einmal, wie lange dauert es, bis sich die Vegetation erholt, insbesondere, wann siedeln sich epiphytische Flechten in einem als Flechtenwüste ausgewiesenen Gebiet wieder an? Rückschlüsse darauf erlauben die Größen der aufgefundenen Thalli in Verbindung mit den bekannten Wachstumsraten bestimmter Arten. Zweitens, wie weit regeneriert sich die epiphytische Vegetation oder mit anderen Worten: war der Anteil des von der Fabrik ehemals ausgestoßenen SO_2 im Verhältnis zur Gesamtemission im Gebiet wesentlich oder nicht? Eine Antwort darauf geben die aufgefundenen Arten. Allzu hoch konnten die diesbezüglichen Erwartungen nicht gesteckt werden, da in der Talsohle der dicht besiedelten Mur-Mürz-Furche, einem der wichtigsten österreichischen Industriegebiete, mit einer relativ hohen Grundbelastung gerechnet werden mußte. Besonders die Abgase der nahegelegenen VOEST-ALPINE Eisen- und Stahlwerke in Leoben-Donawitz könnten auch auf das Untersuchungsgebiet noch einwirken (vgl. GRADISCHNIK 1974).

Da West- und Nordwestwinde bei weitem am häufigsten sind, die zyklonalen Luftströmungen werden durch das Relief zusätzlich kanalisiert, war auf die Prallhänge des Häuselberges, wo zur Betriebszeit der Zellstofffabrik bestimmt die höchsten Abgasdosen einwirkten, sowie auf die Talsohle SE vom ehemaligen Werk besonders Augenmerk zu richten.

Ergebnisse

1. Die Abgasbelastung im Untersuchungsgebiet

Über die Abgasbelastung des Untersuchungsgebietes liegen leider weder Daten aus Konzentrationsmessungen noch Integrationsmessungen vor, sodaß man gezwungen ist, andere Kriterien heranzuziehen, um die Luftqualität zur Zeit des Betriebes beziehungsweise nach der Stillegung zu charakterisieren. Wir stützen uns auf biologische Daten, wie S-Gehalt von Fichtennadeln — davon existieren auch Werte aus der Betriebszeit des Werkes — und Bohrspananalysen von Fichten und Rot-Föhren.

Der S-Gehalt der Fichtennadeln wurde sowohl bei früheren als auch bei den jüngsten Proben nach der Methode nach KÖNIG bestimmt, sodaß Interpretationsschwierigkeiten auf Grund verschiedener Analysenverfahren wegfielen. Die Proben wurden jeweils aus dem Kronenbereich der Bäume entnommen.

Aus der Tabelle 1 (Probenstelle 3) ist ersichtlich, daß sich die Abgassituation, die sich ja im S-Gehalt der Nadeln widerspiegelt (GUDERIAN 1970), nach Stillegen des Hauptemittenten Zellstoffabrik wesentlich gebessert hat. So beinhalten die Fichtennadeln heute rund 50% weniger Schwefel als zur Zeit der Zellstoffproduktion. Weiters kann man aus den Werten ersehen, daß die S-Gehalte der Fichtennadeln nun kaum mehr (Probenstelle 1, 3) beziehungsweise nur noch geringfügige (Probenstelle 2) SO_2-Belastung im

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle 1

S-Gehalt von Fichtennadeln (in % pro g Trockengewicht) vor und nach der Fabriksstillegung. Weitere Erläuterungen im Text

Probenstelle	1. Nadel-Jahrgang 1961	1. Nadel-Jahrgang 1979	2. N.-Jg. 1979
1 Talsohle am SW-Fuß des Häuselberges (ca. 560 m)	—	0,051	0,104
2 SW-Abhänge des Häuselberges (ca. 610 m)	—	0,086	0,118
3 Gipfel des Häuselberges (ca. 730 m)	0,175	0,069	0,103

1. (diesjährigen) und 2. (vorjährigen) Nadeljahrgang anzeigen, ein Befund der auch gut mit den IR-Aufnahmen von Fichtenbeständen (SCHNOPFHAGEN 1977) aus diesem Gebiet übereinstimmt.

Auch die Jahresringvermessung an Bohrspänen wird zur Indikation der Abgasbelastung herangezogen (vgl. POLLANSCHÜTZ 1971). Es sollen hier Mittelwerte der Jahresringbreiten seit der Werksstillegung mit der gleichen Anzahl zur Zeit der Produktion verglichen und statistisch (SACHS 1968) abgesichert werden.

Wie aus Tabelle 2 ersichtlich ist, nehmen die Jahresringe seit der Werksstillegung durchwegs im Mittel um 90% an Breite zu, wobei diese Zunahme zum überwiegenden Teil auch statistisch gesichert ist. Die Ursache hiefür kann nur in einer stark verbesserten Umweltsituation des Unter-

Tabelle 2

Änderung der Jahresringbreite nach der Fabriksstillegung in Prozent sowie die statistische Bewertung (t-Test)

Probenstelle (wie Tab. 1)	%	p
1	a) +57	0,05
	b) +124	<0,20
2	a) +91	>0,001
	b) +108	0,20
	c) +187	0,01
3	a) +100	>0,01
	b) +57	>0,02
	c) +7	—

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

suchungsgebietes nach Einstellen der Fabrik liegen, wodurch auch die Produktionsleistung der Bäume angehoben wird.

2. Zur epiphytischen Flechtenvegetation

Als Probenbäume wurden solche ausgewählt, deren Stammdurchmesser mindestens 25 cm erreicht hatte (Ausnahme: *Sambucus nigra*). Untersucht wurden die Stämme vom Fuß bis in ca. 2 m Höhe. Sämtliche Flechtenproben wurden von einem der beiden Autoren (H.) im Oktober 1979 eingesammelt. Sie befinden sich alle im Herbar GZU. Die Probenpunkte bzw. -bäume sind (die Zahlen nach dem Namen des Probenbaumes beziehen sich auf die Stammhöhe, in welcher die Flechtenthalli aufgefunden wurden):

1 SW-Abhänge des Häuselberges, ca. 620 m; *Pinus sylvestris*; 0,5 m.
2 SW-Abhänge des Häuselberges, Geländerippe, ca. 620 m; *Quercus robur*; 0—1,5 m.
3 Häuselberg, am Grat ober den SW-exponierten Felsabbrüchen; ca. 680 m; *Quercus robur*; 0,3 m.
4 Ibid.; *Larix decidua*; 1 m.
5 Häuselberg, Gipfel, ca. 730 m; *Quercus robur*; 0—1 m.
6 Ibid.; *Larix decidua*; 0—0,3 m.
7 Ibid.; *Pinus sylvestris*; 0,4 m.
8 Ibid.; *Picea abies*; 0,4 m.
9 Häuselberg, am Steig von der Paßhöhe der Bundesstraße zum Gipfel, ca. 710 m; *Acer pseudoplatanus*; 1,5 m.
10 Häuselberg, am Steig von der Paßhöhe der Bundesstraße zum Gipfel, am oberen Rand einer leicht nach NE geneigten Wiese, ca. 690 m; *Pinus sylvestris*; 0,5 m.
11 Ibid.; *Betula pendula*; 1,5 m.
12 Häuselberg, am Steig von des Paßhöhe der Bundesstraße zum Gipfel, am unteren Rand einer leicht nach NE geneigten Wiese, ca. 670 m; *Fraxinus excelsior*; 0,5 m.
13 Hinterberg, Feld NE des Ortes, ca. 560 m; alleinstehende *Populus*-Hybride; 0,5—1,5 m.
14 Prettach, S eines Bauernhofes, ca. 550 m; *Malus domestica*; 2 m.
15 Ibid.; *Sambucus nigra*; 2 m.
16 Leßmayer-Hof S vom Häuselberg, zwischen der Eisenbahnlinie und der Mur, ca. 550 m; *Pyrus communis*; 0,5—1,5 m.
17 Ibid.; *Tilia cordata*; 1—2 m.
18 Ibid.; *Juglans regia*; 0,5—1 m.
19 Schladnitzdorf, S vom ehemaligen Fabriksgelände, am E Ortsrand, ca. 560 m; *Pyrus communis*; 1—2 m.
20 rechtes Murufer S von Hinterberg, ca. 555 m; *Fraxinus excelsior*; 1,5 m.
21 Ibid.; *Salix fragilis*; 1 m.
22 Ibid.; *Fraxinus excelsior*; 0,5—1 m.
23 Häusergruppe zwischen Prettach und Schladnitzdorf, W von einem Bildstock, ca. 550 m; *Tilia cordata*; 0—0,8 m.
24 Ibid., E von einem Bildstock; *Tilia cordata*; 0—0,8 m.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

25 rechtes Murufer N der Häusergruppe zwischen Prettach und Schladnitzdorf, 545 m; *Populus tremula*; 1,5 mm.
26 Ibid.; *Salix fragilis*; 1—1,5 m.
27 Ibid.; *Salix alba*; 1,5 m.
28 Stadtgebiet von Leoben, am rechten Murufer S der Brauerei, ca. 545 m; *Salix alba*; 1,5 m.
29 Hinterberg, unmittelbar E vom ehemaligen Fabriksgelände, 555 m; *Populus*-Hybride; 0,5—1,5 m.
30 Hinterberg, ca. 100 m E vom ehemaligen Fabriksgelände, 555 m; *Tilia cordata*; 0,5 m.
31 Hinterberg, bei der Bahnunterführung kurz E vom Bahnhof, 555 m; *Populus*-Hybride; 1 m.
32 Hinterberg, auf der Nordseite des Bahnhofs, ca. 560 m; *Malus domestica*; 1,8 m.
33 Hinterberg, N der Eisenbahnlinie gegenüber der ehemaligen Fabriks-einfahrt, ca. 560 m; *Sambucus nigra*; 0,5—1,5 m.
34 Hinterberg, S der Eisenbahnlinie bei der ehemaligen Einfahrt ins Fabriks-gelände, ca. 555 m; *Populus*-Hybride; 0,5—1 m.
35 Hinterberg, am E Ortsrand, am linken Murufer, ca. 555 m; *Fraxinus excelsior*; 1—2 m.
36 linkes Murufer S vom Häuselberg, ca. 545 m; *Salix alba*; 0,5—1,5 m.
37 SE-Abhänge der Schillerhöhe, Steinleiten, ca. 600 m; *Fraxinus excelsior*; 1—2 m.
38 Ibid.; *Quercus robur*; 0—1 m.
39 Gehöft unter der Straße an der Auffahrt von Hinterberg auf den Häusel-berg, ca. 565 m; *Malus domestica*; 1 m.
40 N-Abhänge des Sonnberges, S von Hinterberg, bei den Gehöften Ober-Rohrwasser, ca. 620 m; *Malus domestica*; 1—2 m.

Insgesamt wurden im Gebiet 25 epiphytische Flechtenarten aufgefunden. Meist wuchsen nur wenige Arten auf den einzelnen Bäumen und Thalli waren jung oder von kümmerlichem Wuchs. Dreizehn (Probenpunkt 38) und 12 (Probenpunkt 40) waren die höchsten beobachteten Artenzahlen auf den Probenbäumen (vgl. Tab. 3).

Um den ehemaligen Besiedlungszeitpunkt festzustellen, eignet sich *Hypogymnia physodes* am besten, weil von dieser Art besonders zahlreiche junge Thalli aufgefunden wurden. Auf dem Häuselberg waren die Thallusloben dieser Art 1,5—3 mm lang. LINKOLA 1916: 157 gibt den Längenzuwachs einzelner Loben von *Hypogymnia physodes* mit ca. 1,6 mm, HAKULINEN 1966: 175 mit ca. 1,2 mm pro Jahr an. Wenn man die schlechten Wuchsbedingungen in unserem Untersuchungsgebiet berücksichtigt, so kann man trotzdem annehmen, daß die meisten Thalli nicht älter als 2—4 Jahre sind. Dies würde bedeuten, daß die Wiederbesiedlung etwa 4—6 Jahre nach Stillegen des Betriebes erfolgte. Diese späte Wiederbesiedlung ist ziemlich sicher nicht auf einen gestörten Chemismus des Substrates als Langzeitwirkung vorangegangener Begasungen zurückzuführen, da z. B.

Arten \ Probenpunkte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Hypogymnia physodes		o			o								o	o		o		o	o			o	o	o					o	o		o		o	o	o	o	o		o
Bacidia chlorococca			o		o				o			o				o				o	o	o		o		o	o		o	o				o	o	o	o			o
Lecanora hageni														o		o		o		o			o		o	o	o	o				o	o		o	o		o	o	o
Parmelia sulcata		o											o			o	o		o				o	o					o		o			o	o	o	o	o		o
Lecanora conizaeoides	o	o		o	o		o	o		o	o	o																												
Parmelia exasperatula					o								o	o				o	o				o										o					o		o
Candelariella xanthostigma														o										o	o		o						o					o	o	o
Physcia ascendens														o	o								o	o									o					o	o	
Lepraria aeruginosa																o							o	o		o										o		o		
Buellia punctata																o			o				o	o				o										o		
Phaeophyscia orbicularis																			o				o										o							o
Cladonia coniocraea		o			o	o																	o															o		
Lecanora chlarona																										o	o											o		o
Physcia caesia												o			o										o					o										
Physcia tenella																	o		o	o																				o
Cetraria pinastri			o			o																																o		
Lecidea scalaris		o		o																																				
Physcia stellaris																																	o							
Physcia dubia																																						o		
Parmelia saxatilis																o																								
Parmelia glabratula																																								o
Pseudevernia furfuracea		o																																						
Usnea dasypoga																																						o		o
Bryoria fuscescens					o																																			o
Parmeliopsis ambigua						o																																		

Tabelle 3: Die epiphytischen Flechten des Untersuchungsgebietes

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Fichtenborken bereits nach einem Monat auf die geänderte Abgassituation ansprechen (KIENZL & HÄRTEL 1979).

Von den mehrfach gefundenen Arten (vgl. die Punktkarten, Abb. 3—10) ist nach HAWKSWORTH & ROSE 1970 *Parmelia exasperatula* (Abb. 8) die empfindlichste. Sie ist als Glied der Zone 6 (in einer 10-stufigen Skala) ausgewiesen. Wenn auch die am öftesten gefundene Artengarnitur (die ersten

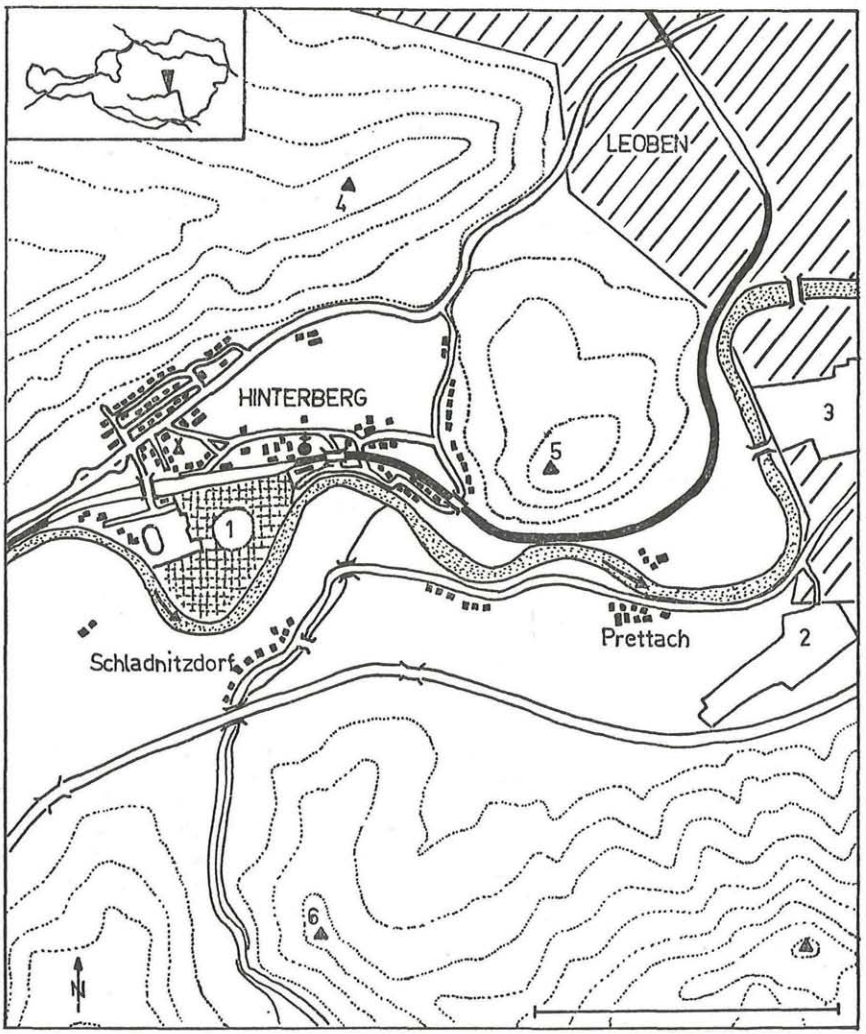
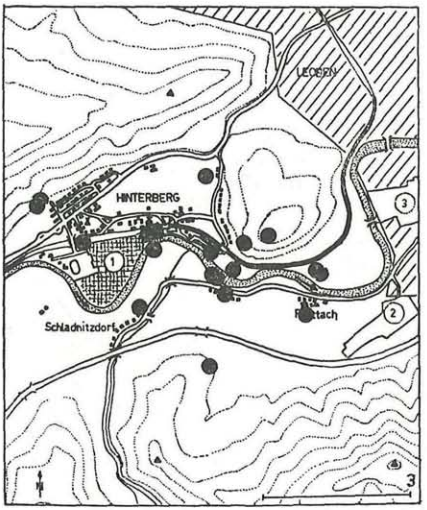


Abb. 2. Das Untersuchungsgebiet in der Umgebung von Leoben (Steiermark, Österreich). 1 das Gelände der ehemaligen Zellstoffabrik Hinterberg, 2 das Gelände der Novopan-Fabrik, 3 das Gelände der Brauerei, 4 Galgenberg, der östlichste Ausläufer der Schillerhöhe, 5 Häuselberg, 6 Sonnberg (Maßstrich = 1 km)

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

neun Arten in Tabelle 3) eher der Zone 5 entspricht, so weisen Einzelfunde von *Pseudevernia furfuracea*, *Usnea dasypoga* und *Bryoria fuscescens* doch darauf hin, daß die Luftgüte eher besser sein dürfte als es für diese Zone bezeichnend ist. Dies entspricht einer Belastung von ca. 50—60 μg SO_2/m^3



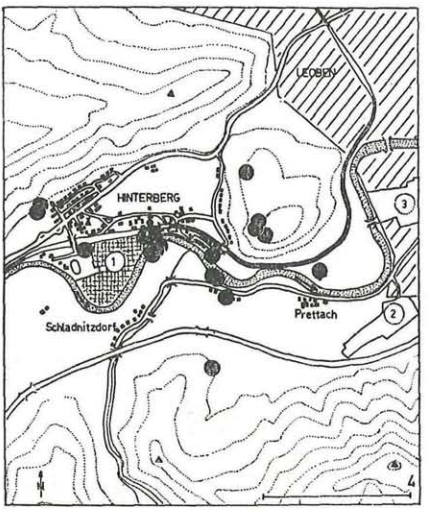
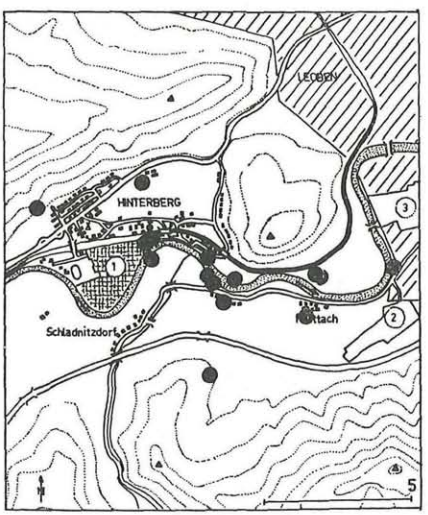


Abb. 3, 4. Punktverbreitungskarten von *Hypogymnia physodes* (Abb. 3) und *Bacidia chlorococca* (Abb. 4)



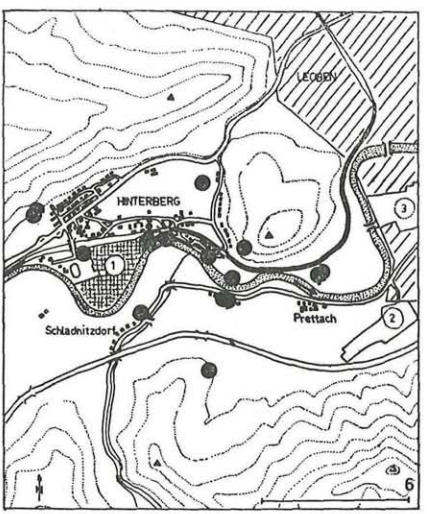


Abb. 5, 6. Punktverbreitungskarten von *Lecanora hageni* (Abb. 5) und *Parmelia sulcata* (Abb. 6)

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Luft, eine Konzentration, die nur noch geringe Auswirkungen auf empfindliche Pflanzenarten erwarten läßt (Akademie d. Wiss. 1976). Hiebei muß man allerdings berücksichtigen, daß im Bestandesinneren stets deutlich bessere Luftqualität angetroffen wird (Härtel 1977) als am Rand oder in

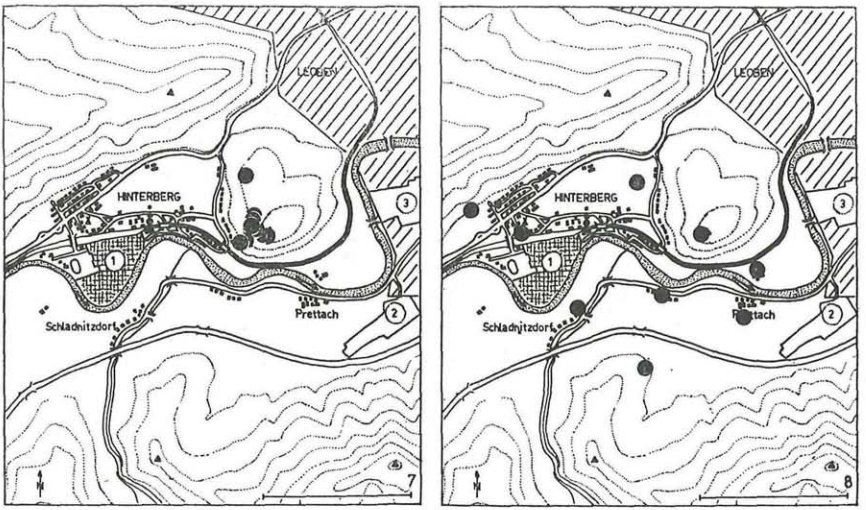


Abb. 7, 8. Punktverbreitungskarten von *Lecanora conizaeoides* (Abb. 7) und *Parmelia exasperatula* (Abb. 8)

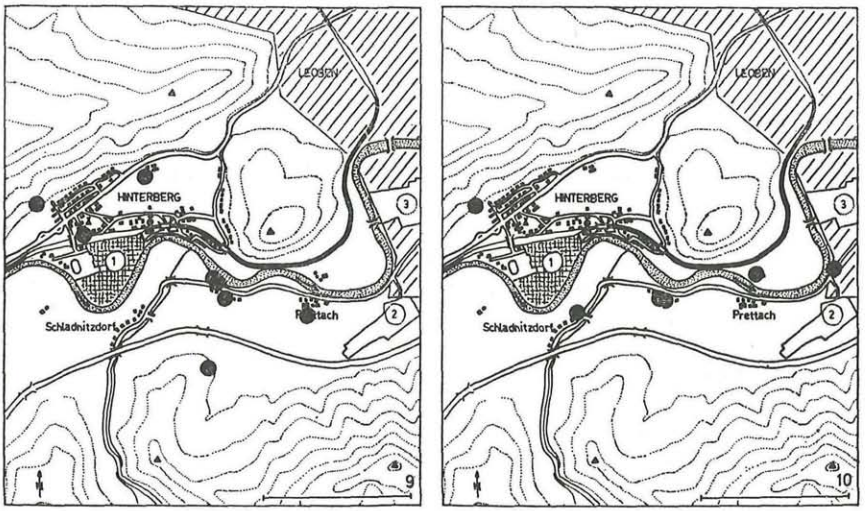


Abb. 9, 10. Punktverbreitungskarten von *Candelariella xanthostigma* (Abb. 9) und *Buellia punctata* (Abb. 10)

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Kronenhöhe, wo die Nadelproben für die Schwefelgehalt-Bestimmungen entnommen wurden.

Betrachtet man die Verbreitungskarten von *Lecanora hageni* (Abb. 5) und *Lecanora conizaeoides* (Abb. 7), so gewinnt man den Eindruck, die beiden Arten würden sich gegenseitig ausschließen. Während in der bei SCHITTENGRUBER 1964 als „Kampfzone" ausgewiesenen Talsohle von uns immer nur *Lecanora hageni* gefunden wurde, trafen wir an den Abhängen des Häuselberges immer nur auf *Lecanora conizaeoides*. Für *Lecanora hageni* dürfte die Luft in den Staulagen des Häuselberges zur Betriebszeit der Zellstoffabrik zu schlecht gewesen sein. *Lecanora conizaeoides* hingegen ist entweder toxikotoleranter oder hat mit ihren Soredien die Möglichkeit, ehemals verlorenes Terrain rascher wiederzubesiedeln.

Die Punktkarten von *Hypogymnia physodes* (Abb. 3), *Bacidia chlorococca* (Abb. 4), *Parmelia sulcata* (Abb. 6), *Parmelia exasperatula* (Abb. 8), *Candelariella xanthostigma* (Abb. 9) und *Buellia punctata* (Abb. 10) zeigen keine signifikanten Verbreitungsmuster, was die Vermutung zuläßt, daß der Prozeß der Wiedereinwanderung noch nicht abgeschlossen ist.

Herrn Dipl.-Ing. Klaus STEFAN (FBVA Wien) danken wir herzlich. Er stellte uns einerseits die Vergleichsdaten zur Verfügung, andererseits wurden von ihm die S-Analysen durchgeführt.

Literatur

AKADEMIE der Wissenschaften [Wien]. [1976]. Schwefeldioxide in der Atmosphäre. Luftqualitätskriterien SO_2. — Herausgegeben vom Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz [Wien]. — [Wien].

BESCHEL R. E. 1958. Flechtenvereine der Städte. Stadtflechten und ihr Wachstum. — Ber. naturw.-med. Ver. Innsbruck 52: 1—158.

BORTENSCHLAGER S. 1969. Flechtenverbreitung und Luftverunreinigung in Wels. — Naturkundl. Jahrb. Stadt Linz 1969: 207—212.

— & SCHMIDT H. 1963a. Luftverunreinigung und Flechtenverbreitung in Linz. — Ber. naturw.-med. Ver. Innsbruck 53: 23—27.

— & — . 1963b. Untersuchung über die epixyle Flechtenvegetation im Großraum Linz. — Naturkundl. Jahrb. Stadt Linz 1963: 13—36.

DERUELLE S. 1978: Les lichens et la pollution atmosphérique. — Bull. Ecol. 9 (2): 87—128.

EHRENDORFER F., MAURER W., KARL K. & KARL E. 1971. Rindenflechten und Luftverunreinigung im Stadtgebiet von Graz. — Mitt. naturw. Ver. Steiermark 100: 151—189.

FERRY B. W., BADDELEY M. S. & HAWKSWORTH D. L. 1973. Air pollution and lichens. — London.

GRADISCHNIK H. 1974. Luftgütebild des Landes Steiermark. — Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz.

GUDERIAN R. 1970. Untersuchungen über quantitative Beziehungen zwischen dem Schwefelgehalt von Pflanzen und dem Schwefelgehalt der Luft. — Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz 77: 200—220, 289—308, 387—399.

HÄRTEL O. 1977. Fichtenborke gibt Auskunft über die Luftgüte. — Umschau 77: 308—309.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

HAKULINEN R. 1966. Über die Wachstumsgeschwindigkeit einiger Laubflechten. — Ann. bot. fenn. 3: 167—179.

HAWKSWORTH D. L. & ROSE F. 1970. Qualitative scale for estimating sulfur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. — Nature (London) 227: 145—148.

HENDERSON-SELLERS A. & SEAWARD M. R. D. 1979. Monitoringlichen reinvasion of ameliorating environments. — Environ. Pollut. 19: 207—213.

HOFFMAN G. R. 1974. The influence of a paper pulp mill on the ecological distribution of epiphytic cryptogams in the vicinity of Lewiston, Idaho and Clarkston, Washington. — Environ. Pollut. 7: 283—309.

HUTTER M. 1975. Biologische Methoden zur Kontrolle des Reinheitsgrades der Luft im Raum Innsbruck. — Ber. naturw.-med. Ver. Innsbruck 62: 21—51.

KIENZL I. & HÄRTEL O. 1979. Die Luftverunreinigungen im Stadtgebiet von Graz, dargestellt anhand von Borkenuntersuchungen. — Mitt. naturw. Ver. Steiermark. 109: 113—135.

LINKOLA K. 1918. Messungen über den jährlichen Längenzuwachs einiger *Parmelia*- und *Parmeliopsis*-Arten. — Medd. Soc. Fauna Flora fenn. 44: 153—158.

NEWBERRY G. 1975 ('1974'). The influence of a sulfate-process paper mill on corticolous lichens. — Bryologist 77: 561—576.

PICKL O. 1963. 75 Jahre Papierfabrik Carl Schweizer in Frohnleiten mit einem Überblick über die Papiererzeugung in der Steiermark. — Graz.

POLLANSCHÜTZ J. 1971. Die ertragskundliche Meßmethode zur Erkennung und Beurteilung von forstlichen Rauchschäden. — Mitt. forstl. Bundesversuchsanst. Wien 92: 155—206.

SACHS L. 1968. Statistische Auswertungsmethoden. — Berlin, Heidelberg, New York.

SAUBERER A. 1951. Die Verteilung rindenbewohnender Flechten in Wien, ein bioklimatisches Großstadtproblem. — Wetter und Leben 3: 116—121.

— 1959. Die Verbreitung der rindenbewohnenden Flechten in Wien als Indikator der Wirkung des Stadtklimas. — Wetter und Leben 11 (Sonderheft 7): 118—120.

SCHITTENGRUBER K. 1964. Über ein neues Vorkommen von *Cetraria sepincola* in der Obersteiermark. — Jahresber. BRG. Leoben 66/102: 1—15.

SCHNOPFHAGEN S. 1977. Immissionserhebung mit Infrarotfilm über forstliche Vegetationsschäden 1971—1976 in der Steiermark. — Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz.

TÜRK R. 1975. Die Veränderung der Flechtenzonen und der Luftqualität im Stadtgebiet Salzburg von den Jahren 1948/49 bis 1974/75. — In STÜBER E. (Ed.). Studie über die umwelthygienisch-ökologische Situation der Stadt Salzburg, p. 131—135. — Salzburg.

— & CHRIST R. 1978. Untersuchungen über den Flechtenbewuchs an Eichen im Stadtgebiet Salzburgs und über den Wasserhaushalt einiger charakteristischer Flechten. — Phyton (Austria) 18: 107—126.

— & HOISLBAUER G. 1978. Der Flechtenbewuchs von Birn- und Apfelbäumen als Indikator für die Luftverunreinigung im Großraum Linz. — Linzer biol. Beitr. 9: 213—224.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

TURUNEN H., IKONEN S., ORA A. & VISAPAA A. 1975. Die Wirkung des Schwefeldioxyds auf die Vegetation in der Umgebung einer Sulfitzellstoffabrik. — Sbornik Konference, Bioindikatores Deteriorisationis Regionis II, Most-Meziborif ČSSR 1973, 1: 164—176.

WESTMAN L. 1975. Air pollution and vegetation around a sulphite mill at Örnskoldsvik, North Sweden. Pollutants and plant communities on exposed rocks. — Wahlenbergia 2: 1—146.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn

Jahr/Year: 1981

Band/Volume: 21_1

Autor(en)/Author(s): Hafellner Josef, Grill Dieter

Artikel/Article: Der Einfluß der Stillegung einer Zellstoffabrik auf die Vegeation der Umgebung. 25-38