

PHYTON

ANNALES REI BOTANICAE

VOL. 18, FASC. 3—4

PAG. 107—250

18. V. 1978

Phyton (Austria)	Vol. 18	Fasc. 3—4	107—126	18. 5. 1978
------------------	---------	-----------	---------	-------------

Untersuchungen über den Flechtenbewuchs an Eichen im Stadtgebiet Salzburgs und über den Wasserhaushalt einiger charakteristischer Flechten

Von

Roman TÜRK und Renate CHRIST *)

Aus dem Botanischen Institut, Lehrkanzel II, der Universität Salzburg

Eingegangen am 21. Februar 1977

Mit 6 Abbildungen

Zusammenfassung

Untersuchungen über den Flechtenbewuchs auf Eichen im Stadtgebiet Salzburgs hatten zum Ergebnis, daß neben der Luftverunreinigung durch SO_2 auch klimatische Faktoren (Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit) für das Wachstum und Überleben in urbanisierten Räumen entscheidend sind. Bei gleichem Luftverunreinigungsgrad ist der Flechtenbewuchs auf den Eichen an hygrisch günstigen Standorten bzw. Expositionen besser ausgebildet.

Vergleichende Untersuchungen über den Wasserhaushalt von Flechten aus dem unverbauten Gebiet von Salzburg (Station 1) ließen keinen Zusammenhang zwischen dem Wasseraufnahmevermögen, der Austrocknungsgeschwindigkeit und Verbreitungsgrenzen im dicht verbauten Stadtgebiet erkennen. Jedoch zeigten Proben von *Parmelia sulcata* und *P. fuliginosa*

*) Dr. Roman TÜRK, Universität Salzburg, Botanisches Institut, LK II, Lasserstraße 39, A-5020 Salzburg.

aus der Innenstadt (Station 21) ein höheres Wasseraufnahmevermögen als Proben von unverbauten Gebieten, was auf die Fähigkeit dieser Flechtenarten hinweist, sich an die schlechteren Feuchtebedingungen im Stadtgebiet anzupassen.

Der Gesamtschwefelgehalt von *Parmelia sulcata* gibt den Belastungsgrad mit Schwefeldioxid deutlich wieder.

Summary

Lichen growth on oaks was investigated. The results show that in addition to the influence of air pollution climatic factors such as temperature and relative humidity play an important role for the growths and the survival of lichens in urbanized areas. Oaks which grow under comparable pollution levels show that the lichen growth on trees from areas with favourable moisture conditions is more abundant. Lichens growing in dense urban areas prefer the north- and west-exposure on the oaks.

Experiments about the water relations of some lichens showed, that some lichens (e. g. *Parmelia sulcata* and *P. fuliginosa*) have the ability to adapt on the worse moisture conditions in built up areas. The sulfur content of the lichen thalli increases with higher levels of SO_2 -pollution.

1. Einleitung

BESCHEL (1958) untersuchte in den Jahren 1948 und 1949 die Verbreitung epiphytischer, epixyler und epipetrischer Flechtenvereine einiger österreichischer Städte, unter anderem auch von Salzburg, um den Einfluß des Faktorenkomplexes „Stadt“ auf die Flechten aufzuzeigen. Im Jahre 1974 wurde im Rahmen eines Umweltgutachtens der Stadt Salzburg (TÜRK 1975) erneut eine Kartierung epiphytischer Flechten in Hinblick auf die Beurteilung der Luftqualität nach der Methode von BESCHEL (1958) durchgeführt mit dem Ergebnis, daß die Ausdehnung der Flechtenwüste und der Kampfzone im Vergleich zu den Ergebnissen von BESCHEL (1958) stark zugenommen hat. Es wurde dabei der Flechtenbewuchs von allen im Stadtgebiet vorkommenden Baumarten für die Flechtenzonierungskarte (Abb. 1) herangezogen.

In dieser Flechtenzonenkarte fällt auf, daß entlang des Flusses Salzach vom Norden die Zone 3 zungenartig in die innere Kampfzone (Zone 4) eindringt bzw. im Süden die Zone 4 in die Flechtenwüste (Zone 5). Innerhalb der inneren Kampfzone (Zone 4) konnten Inseln aufgefunden werden, die der Zone 3 zuzuordnen sind, und zwar aufgrund des stärkeren Flechtenbewuchses.

Diese zungenförmigen bzw. inselartigen Vorkommen von Flechten in offensichtlich stärker rauchgasbelasteten Arealen legen den Gedanken nahe, daß hier ein Faktor das Überleben der Flechten begünstigt, nämlich

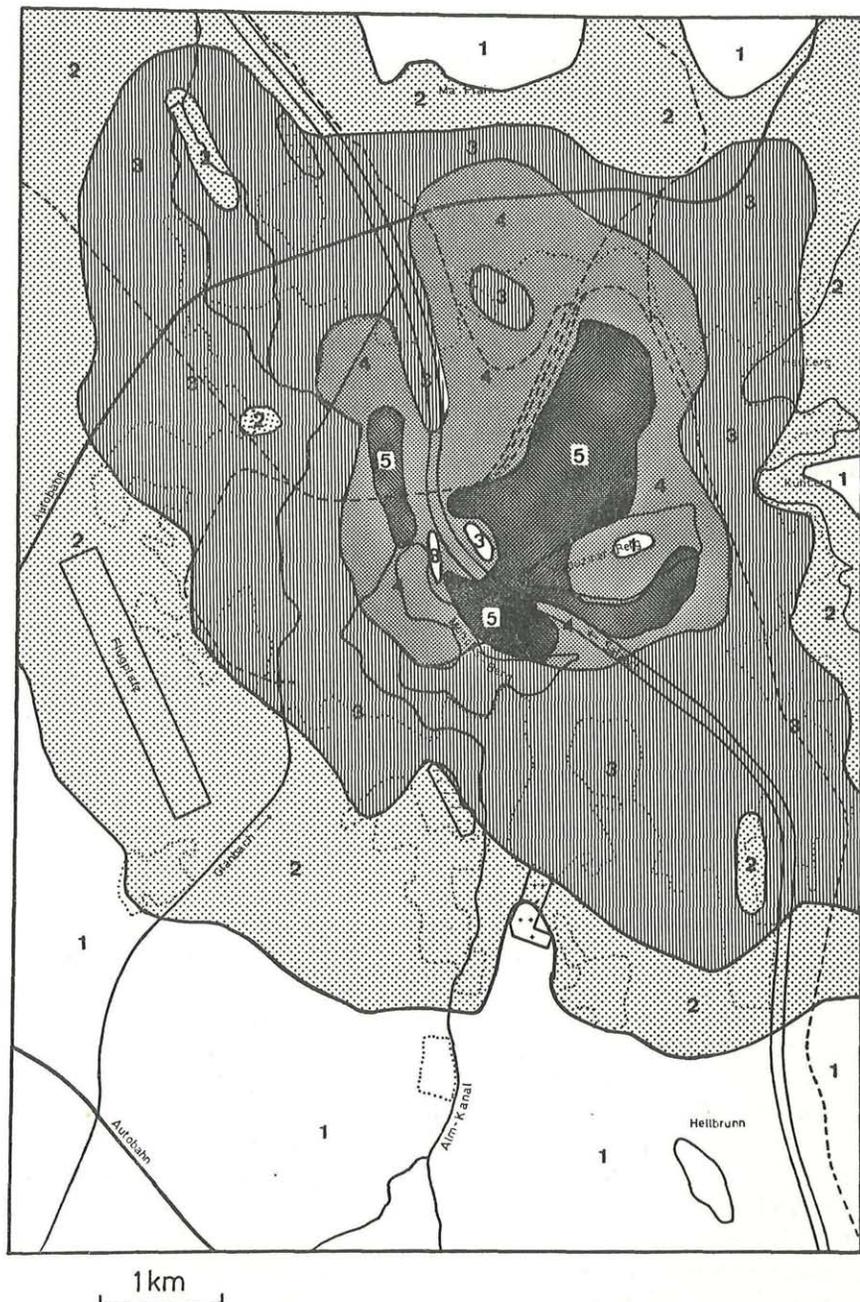


Abb. 1. Flechtenzonenkarte 1974 der Stadt Salzburg. Die Ziffern geben die Zonen an: 1 = Normalzone, 2 = äußere Kampfzone, 3 = Übergangszone, 4 = innere Kampfzone, 5 = Flechtenwüste (nach TÜRK 1975).

die Luftfeuchtigkeit, da die Zungen entlang der Salzach und die Inseln in Gärten und Parks aufzufinden sind und hier wieder auf den hygrisch begünstigten Stammabschnitten (in Schattenlagen, entlang den Stammabflußstreifen etc.).

Da nun diese Ergebnisse an verschiedenen Baumarten gewonnen wurden, deren Borken sich in den chemischen und physikalischen Eigenschaften unterscheiden, war es nun von Interesse, die Verbreitung von Flechten auf einer Baumart im Stadtgebiet von Salzburg zu erfassen und die Expositionsabhängigkeit des Flechtenbewuchses am Stamm in Hinblick auf die standörtlichen Gegebenheiten in der Stadt zu untersuchen. Außerdem untersuchten wir den Wasserhaushalt charakteristischer Arten, um etwaige Korrelationen zu den Verbreitungsgrenzen herauszufinden und um festzustellen, ob und wie weit sich bestimmte Flechtenarten aus dem Freiland und der Stadt in ihrem Wasserhaushalt unterscheiden. Ergänzend dazu bestimmten wir den Schwefelgehalt von *Parmelia sulcata*, der am weitesten verbreiteten Flechte im Gebiet, von ausgesuchten Standorten.

2. Methodik

Wir untersuchten den Flechtenbewuchs von Eichen (*Quercus robur*), da diese Baumart gleichmäßig verstreut im Untersuchungsgebiet vorkommt (vgl. JÜRGING 1975) und da die Borke dieser Baumart ein saures Substrat mit geringer Puffer- und Wasserkapazität darstellt (BARKMAN 1958, SKYE 1968) und sich deshalb Luftverunreinigungen und Änderungen des Wasserhaushaltes deutlich auf die Flechtenvegetation auswirken (WIRTH & TÜRK 1975a, TÜRK & WIRTH 1975).

2.1. Freilandaufnahmen

Wir ermittelten den Anteil der von Flechten bedeckten Stammoberfläche und den Anteil der einzelnen Flechtenarten an dieser Fläche, wobei vier Expositionszoneen entsprechend den vier Haupthimmelsrichtungen unterschieden wurden. Die Haupthimmelsrichtung lag jeweils in der Mitte des Quadranten. Nach Möglichkeit wurden Bäume verwendet, die keine Verletzungen aufwiesen und die einen Stammdurchmesser von 60 bis 70 cm hatten, um Fehlschlüsse durch eventuell altersbedingten geringeren Flechtenbewuchs zu vermeiden. Jeder Baum erhielt in der Höhe von 1,15 bis 1,65 m vom Boden ab gemessen eine 50 cm breite Manschette aus reißfester Plastikfolie (vgl. HURKA & WINKLER 1973, WIRTH & BRINCKMANN 1977) mit einem Kästchenraster, dessen Quadratseitenlänge 5 cm betrug. In jedem Quadranten wurde die Anzahl der Kästchen ermittelt, die über Flechten zu liegen kamen und der Anteil der einzelnen Flechtenarten an der Gesamtbedeckung. Für jede in Abb. 2 angegebene Station wurden nach Möglichkeit mehrere Eichen untersucht, deren Ergebnisse dann gemittelt wurden.

2.2. Untersuchungen über den Wasserhaushalt

Von folgenden Flechten bestimmten wir den Wassergehalt bei unterschiedlichen rel. Luftfeuchten: *Evernia prunastri*, *Hypogymnia physodes*, *Parmelia flaventior*, *P. fuliginosa*, *P. saxatilis*, *P. scortea*, *P. subrudecta*, *P. sulcata* und *Xanthoria parietina*. Hierfür wurden die Flechten in Exsikkatoren eingebracht, in denen sich wässrige Schwefelsäurelösungen bzw. aqua dest. zur Einstellung der Wasserdampfdruckgleichgewichte im Luftraum befanden. Die Schwefelsäurelösungen zum Einstellen der relativen Luftfeuchte von 40%, 60% und 95% wurden nach BIEBL (1965) hergestellt. Die Wägungen erfolgten alle 24 Stunden über einen Zeitraum von 6 Tagen.

Von den Flechtenproben, die einer relativen Luftfeuchtigkeit von 100% ausgesetzt waren, wurde die Austrocknungsgeschwindigkeit durch Wägungen mit einer Balkentorsionswaage in dreiminütigem Abstand bestimmt. Im abgedunkelten Versuchsraum herrschte eine Temperatur von 20° C und eine relative Luftfeuchte von 60%. Das Trockengewicht wurde nach 24-stündiger Trocknung bei 105° C bestimmt, der Wassergehalt auf das Trockengewicht bezogen und in % angegeben (vgl. LANGE 1969).

2.3. Die Bestimmung des Schwefelgehaltes der Thalli von *Parmelia sulcata* von verschiedenen Standorten erfolgte nach JÄGER & STEUBING (1970).¹⁾

3. Ergebnisse

3.1. Folgende Flechtenarten wurden auf der Stammoberfläche zwischen einer Höhe von 1,15–1,65 m über dem Boden auf den Eichen gefunden (Nomenklatur nach POELT 1969); die Zahlen in der Klammer hinter den Artnamen sind die später in der Tabelle 1 verwendeten Artenkennzahlen (vgl. HURKA & WINKLER 1973):

<i>Buellia punctata</i> (HOFFM.) MASSAL.	(1)
<i>Candelariella xanthostigma</i> (PERS.) LETT.	(2)
<i>Cladonia fimbriata</i> (L.) SANDST.	(3)
<i>Evernia prunastri</i> (L.) ACH.	(4)
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) NYL.	(5)
<i>Lecanora chlarotera</i> NYL.	(6)
<i>Lepraria aeruginosa</i> (WIGG.) SM.	(7)
<i>Parmelia caperata</i> (L.) ACH.	(8)
<i>Parmelia elegantula</i> (ZÄHLBR.) RÄS.	
<i>Parmelia exasperatula</i> NYL.	
<i>Parmelia flaventior</i> STIRT.	(9)
<i>Parmelia fuliginosa</i> (FR.) NYL.	(10)

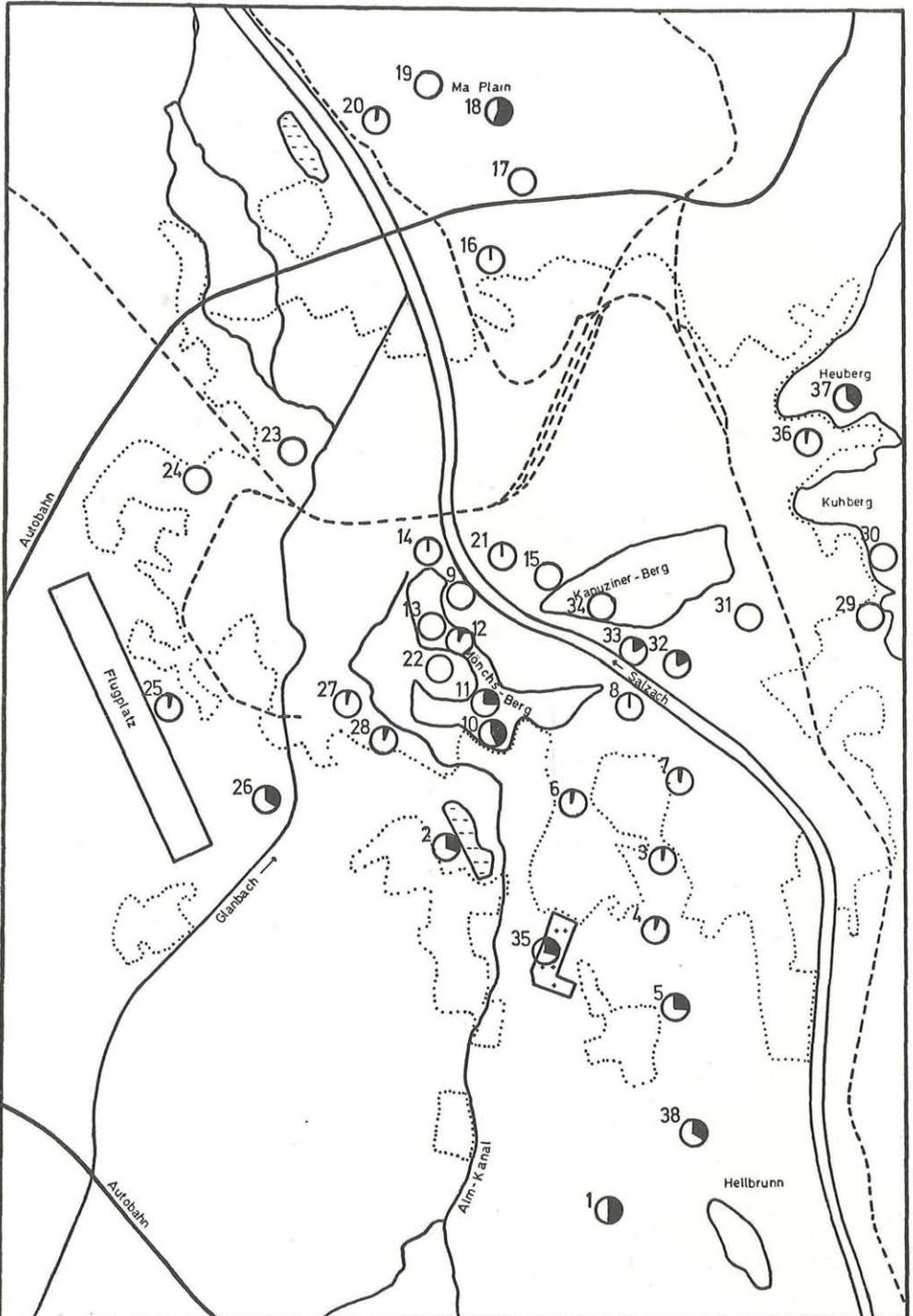
¹⁾ Herrn Prof. Dr. O. L. LANGE, Würzburg, danken wir vielmals für die Bereitstellung der Schwefelbestimmungsanlage.

<i>Parmelia quercina</i> (WILLD.) VAIN.	
<i>Parmelia saxatilis</i> (L.) ACH.	(11)
<i>Parmelia scortea</i> ACH.	(12)
<i>Parmelia subrudecta</i> NYL.	(13)
<i>Parmelia sulcata</i> TH. TAYL.	(14)
<i>Pertusaria albescens</i> (HUDS.) CHOISY	(15)
<i>Phlyctis argena</i> (ACH.) FLOT.	(16)
<i>Physcia ascendens</i> BITT.	(17)
<i>Physconia pulverulenta</i> (SCHREB.) POELT	(18)
<i>Platismatia glauca</i> (L.) CULB. et CULB.	
<i>Usnea hirta</i> (L.) WEB. em. MOT.	
<i>Xanthoria fallax</i> (HEPP) ARNOLD	(19)
<i>Xanthoria parietina</i> (L.) TH. FR.	(20)

3.2. Flechtenbewuchs

In der Abb. 2 geben die schwarzen Sektoren im Kreis (= 100%) die Gesamtdeckung der Flechten in % der Aufnahmefläche wieder. Die Gesamtdeckung der Flechten nimmt vom unverbauten Stadtrand zum dicht verbauten Stadtzentrum hin ab, mit Ausnahme der höher gelegenen Stationen auf den Stadtbergen (Stationen 10; 11) und Stationen in Parkanlagen bzw. in Flußnähe (Stationen 21; 32; 33). An allen Stationen, besonders im Norden der Stadt, zeigen die Blattflechten durch Ausbleichen und unnatürliche Verfärbung der Thallusloben schon äußerlich eine Schädigung an. Sicher tragen die Emittenten von Hallein im Süden und von der Stadt im Norden zu dieser Schädigung im unverbauten Gebiet bei. Im Vergleich mit der Karte der mittleren SO₂-Beaufschlagung (Abb. 3) zeigt

Abb. 2. Lage der im Stadtgebiet Salzburg untersuchten Eichen (= Stationen). Punktierter Linie: äußere Grenze der dicht verbauten Flächen. In der Klammer sind die Flechtenzonen nach der Untersuchung von TÜRK (1975) angegeben. 1: Straße Hellbrunn—Grödig (1); 2: Straße am Westufer des Leopoldskroner Weihers (2); 3: Kreuzung Hellbrunner Allee—Hofhaymer Allee (3); 4: Hellbrunner Allee Mitte (3); 5: Straße Hellbrunner Allee—Morzg (2); 6: Fürsten Allee (3); 7: Hellbrunnerstraße (3); 8: Josef Preis Allee (3); 9: Franz Josefs Kai (4); 10: Mönchsberg, Richterhöhe (3); 11: Mönchsberg, Südseite (3); 12: Mönchsberg über Siegmundsplatz (4); 13: Mönchsberg bei Cafe Winkler (4); 14: Mülln (4); 15: Makartplatz (5); 16: Plain, Itzlingerstraße (4); 17: Plainbergweg (4); 18: Maria Plain (2); 19: Plainberg (3); 20: Bergheim (2); 21: Mirabellgarten (3); 22: Hildmannsplatz (4); 23: Landesnervenklinik (2); 24: Taxham, Europastraße (3); 25: Karolingerstraße (2); 26: Sebastian Kneipp-Straße (2); 27: Bräuhausstraße (3); 28: Moosstraße (3); 29: Parsch, Kreuzbergpromenade (2); 30: Parsch, Gersbergweg (2); 31: Fadingerstraße (4); 32: Franz-Josefs Park (3); 33: Ignaz Rieder Kai (4); 34: Kapuzinerberg, Südhang (5); 35: Kommunalfriedhof (2); 36: Minnesheimpark (3); 37: Heuberg, Weg zur „Schönen Aussicht“ (2); 38: Park Hellbrunn (1).



1 km

sich, daß die Stationen mit hoher Flechtendeckung (über 30%) in Gebieten mit relativ schwacher SO_2 -Belastung (10–13,9 mg $\text{SO}_3/100 \text{ cm}^2$, 28 Tage; KOFLENER *et al.* 1975b) liegen. Mit zunehmender SO_2 -Belastung und zunehmender Nähe zum Stadtzentrum hin nimmt die Flechtendeckung drastisch ab, ausgenommen auf dem Mönchsberg (Stationen 10; 11) und im Franz-Josefs-Park (Stationen 32; 33), wo besondere Bedingungen herrschen, die später noch diskutiert werden. Im allgemeinen ist jedoch die Abnahme der Flechtendeckung und der Artenzahl mit der Zunahme der SO_2 -Belastung korreliert. Es läßt aber auch der geringe Flechtenbewuchs im Mirabellgarten (Station 21) und in der Grünanlage bei der Müllner Kirche (Station 14) erkennen, daß günstige klimatische Bedingungen ein Überleben von Flechten in stärker belasteten Gebieten ermöglichen. Noch klarer kommt diese Tatsache in der Flechtenzonenkarte aus dem Jahre 1974 (Abb. 1; TÜRK 1975) zum Ausdruck. So konnten im Mirabellgarten noch zahlreiche Thalli von *Hypogymnia physodes* aufgefunden werden, sodaß dieses Gebiet definitionsgemäß nach der Methode von BESCHEL (1958) als Zone 3 eingestuft werden mußte, obwohl die SO_2 -Belastung so hoch ist wie in der umgebenden Zone 4. Es wirken sich die stärkeren SO_2 -Belastungen in locker verbauten Gebieten (vgl. Abb. 1 und 3) auf den Flechtenbewuchs nicht so stark aus, wie in den dicht verbauten. Das ist ein Hinweis dafür, daß auch klimatische Faktoren eine Rolle für die Verbreitung von Flechten in mittelmäßig luftverunreinigten Arealen spielen, wobei dem Temperaturfaktor und in weiterer Folge dem Feuchtefaktor die größte Bedeutung zukommt.

Auch die Artenzusammensetzung und die Bevorzugung bestimmter Expositionen auf Eichen im Stadtzentrum weisen auf den Einfluß der klimatischen Faktoren auf das Wachstum bzw. das Überleben von Flechten in vergleichbar hoch belasteten Gebieten hin (Tab. 1). So sind die Eichen der Station 1 (unverbautes Areal) entlang einer einseitigen Allee in allen Expositionen gleichmäßig mit Flechten bewachsen. Ca. 80% der bedeckten Fläche werden von *Parmelia*-Arten eingenommen, in der Nord- und Westexposition kommen die im Salzachtal selten anzutreffenden Arten *Platismatia glauca* und *Evernia prunastri* vor. Der Anteil der Krustenflechten und der leprösen Anflüge ist relativ gering. Ganz ähnlich ist die Artenzusammensetzung in Station 38, allerdings mit geringerem Deckungsgrad. Wie schon erwähnt, zeigen auch in diesen Stationen die Blattflechten durch Ausbleichen der Lobenden eine Schädigung an.

Mit abnehmender Entfernung zum Stadtzentrum hin (Stationen 5; 2; Tab. 1) bleibt die Anzahl der Flechtenarten zwar konstant, jedoch nimmt der Deckungsgrad der Krustenflechten und der leprösen Anflüge stark zu. Die hygriech anspruchsvolleren Flechten *Evernia prunastri* und *Hypogymnia physodes* (vgl. z. B. SCHMIDT 1973) ziehen sich auf die Nordexposition zurück (Station 5) bzw. sie sind nicht mehr aufzufinden (Station 2).

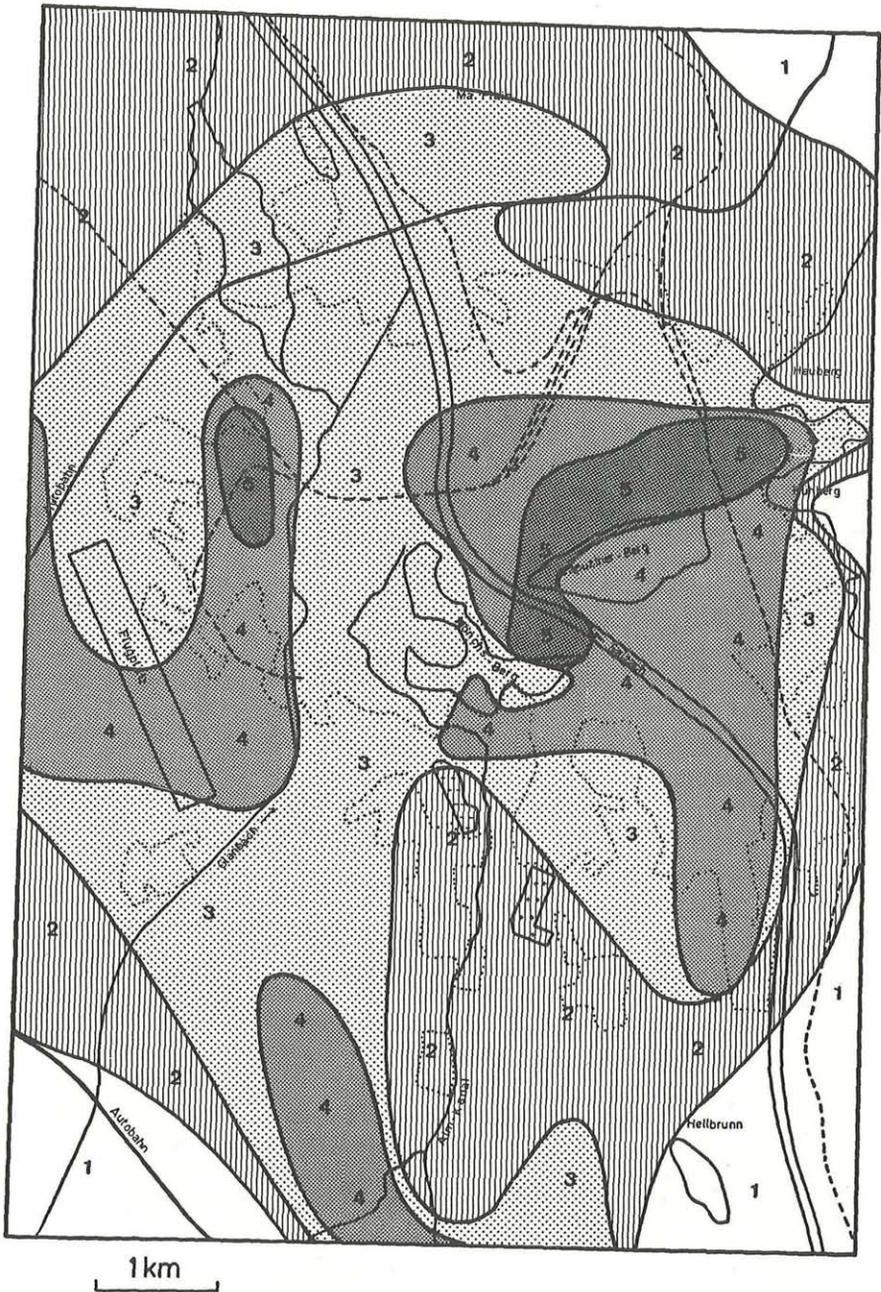


Abb. 3. Karte der mittleren SO₂-Beaufschlagung (Winterhalbjahr 1973/74). Die Ziffern geben folgende Zonen an: 1 = < 10 mg SO₃/100 cm².28 Tage, 2 = 10,0–13,9; 3 = 14,0–16,9; 4 = 17,0–19,9; 5 = > 20,0 mg SO₃/100 cm². 28 Tage (nach KOFLER *et al.* 1975b).

Im Stadtzentrum (Station 14) können sich Flechten nur mehr in den Borkenspalten und an den Regenabflußbahnen am Stamm halten. Hier kommen vor allem lepröse Anflüge, sowie *Parmelia sulcata* und *P. fuliginosa* vor, allerdings in sehr geringer Deckung und mit schweren Schädigungen, die offensichtlich auf den Einfluß von Immissionen zurückzuführen sind.

Die Bedeutung des Windfaktors auf das Flechtenwachstum wird deutlich, wenn man die Stationen auf dem Mönchsberg (10; 11) mit den im Tal liegenden (Stationen 27; 28) vergleicht. So beträgt der Deckungsgrad der Flechten auf dem windexponierten Mönchsberg (Station 10, am Waldrand) 46%, davon sind 70% Blattflechten, während in den schlecht durchlüfteten Stationen im Tal der Deckungsgrad nur 8% erreicht, obwohl die SO₂-Belastung gleich ist (Abb. 3). In den Stationen 27 und 28 dominieren Krustenflechten. Offensichtlich spielen also die gute Durchlüftung und die höhere rel. Luftfeuchtigkeit eine entscheidende Rolle für das Überleben von Flechten. Jedoch zeigt die geringe Artenzahl und das stärkere Aufkommen von *Lepraria* an der Station 10 einen Einfluß der Luftverunreinigungen an.

Auf der anderen Seite transportieren die im Gebiet häufigen Südwinde (TOLLNER 1967, MAHRINGER 1975) die mit Schadstoffen angereicherte Luft zu den nördlich gelagerten Stadtbergen (Stationen 17; 18; 19; 37), wo die Eichen nur in geschützten Lagen (Leeseite der Hauptwindrichtung, Muldenlage; Station 18) einen Flechtenbewuchs aufweisen. Die meisten Eichen, die am Südabhang des Heuberges und des Plainberges stehen, sind am Stamm vollkommen flechtenfrei. Am Heuberg (Station 37) zeigen alle Blattflechten deutliche Schadbilder von SO₂-Immissionen, an vielen Bäumen konnte bereits ein Abblättern der Flechtenthalli von der Eichenborke festgestellt werden.

Der Flechtenbewuchs der Eichen im Franz-Josef-Park (Stationen 32 und 33) zeigt besonders deutlich den begünstigenden Einfluß von klimatischen Faktoren in Parkanlagen und zusätzlich von Staubanflug (Station 33), obwohl die SO₂-Belastung relativ hoch ist. Eichen in dicht verbauten Gebieten mit vergleichbarer SO₂-Belastung (Stationen 31, 34) sind frei von Flechtenbewuchs. Die Eichen der Station 33 stehen neben einer relativ stark befahrenen Straße, sodaß der Staubanflug gefördert wird. Hier ist das vermehrte Aufkommen von neutrophytischen *Physcia*- und *Xanthoria*-Arten bemerkenswert, die im übrigen Untersuchungsgebiet — wenn überhaupt — an den Stammbasen aufgefunden werden. Eine ähnliche Artenzusammensetzung stellte JÜRGING (1975) an Eichen in der Nähe von Staubemittenten in Bayern fest.

In Tab. 2 ist der Anteil einiger Flechtenarten in % der Gesamtbedeckung (= 100%) von Aufnahmeflächen an Eichen außerhalb der verbauten Flächen (Stationen 1; 2; 5; 18; 26; 35; 37 und 38 gemittelt) und vom dicht verbauten Gebiet um das Stadtzentrum (Stationen 6; 7; 8;

Tabelle 1

Gesamtdeckung (in % der Aufnahmeffläche) und Anteil der häufigsten Flechtenarten (in % der bedeckten Fläche), aufgegliedert nach den einzelnen Stammexpositionen auf Eichen in verschiedenen Lagen (= Station) des Stadtgebietes von Salzburg. Artenkennzahlen: 1: *Buellia punctata*; 2: *Candelariella xanthostigma*; 3: *Cladonia fimbriata*; 4: *Evernia prunastri*; 5: *Hypogymnia physodes*; 6: *Lecanora chlorotera*; 7: *Lepraria aeruginosa*; 8: *Parmelia caperata*; 9: *P. flaventior*; 10: *P. fuliginosa*; 11: *P. saxatilis*; 12: *P. scortea*; 13: *P. subrudecta*; 14: *P. sulcata*; 15: *Pertusaria albescens*; 16: *Phlyctis argena*; 17: *Physcia ascendens*; 18: *Physconia pulverulenta*; 19: *Xanthoria fallax*; 20: *Xanthoria parietina*. 10x: *Parmelia elegantula*

Station	Exp.	Gesamt- deckung %	Artenkennzahl und Anteil der Flechtenarten in % der bedeckten Fläche																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	N	44	—	—	8	1	6	—	4	—	20	1	21	7	11	17	4	—	—	r	—	—
	E	51	9	2	1	—	1	—	8	—	51	r	6	4	8	6	5	—	—	—	—	—
	S	58	15	—	3	—	—	—	1	—	51	—	3	9	10	2	5	—	—	1	—	—
	W	42	6	1	3	3	4	—	4	—	21	—	13	16	10	3	15	—	—	1	—	—
2	N	20	11	12	—	—	—	r	20	—	—	r	—	—	3	53	—	r	—	—	—	—
	E	38	15	24	1	—	—	—	16	—	3	r	r	—	7	r	31	—	r	3	r	r
	S	47	28	13	r	—	—	—	13	—	17	r	—	2	12	—	14	—	1	r	r	r
W	28	15	16	r	—	—	—	r	34	—	1	r	—	—	2	—	30	—	r	1	r	r
5	N	22	7	2	—	3	3	26	—	—	5	—	1	2	—	35	5	—	—	10	—	—
	E	5	—	6	—	—	—	39	20	—	20	—	—	—	—	10	4	—	—	—	—	—
	S	25	20	16	—	—	—	3	9	—	—	—	—	24	20	—	2	2	1	2	—	—
W	35	8	21	—	—	—	9	—	—	—	12	1	13	2	14	15	—	—	4	—	—	
10	N	66	—	—	r	—	—	—	22	—	—	45x	4	—	—	34	1	1	—	2	—	—
	E	11	—	2	—	—	10	—	72	—	—	8x	—	—	—	—	—	8	—	—	—	—
	S	41	—	2	—	—	—	—	50	—	—	20x	1	5	—	8	4	10	—	—	—	—
W	66	—	—	1	—	—	—	12	—	—	63x	2	—	—	13	3	4	—	1	—	—	
14	N	3	—	—	—	—	—	—	43	—	—	17	—	—	—	40	—	—	—	r	—	—
	E	3	r	—	—	—	—	—	96	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—
	S	4	—	—	—	—	r	—	r	—	—	55	23	—	—	22	—	—	—	r	—	—
W	1	r	—	—	—	—	—	14	—	—	16	—	—	—	70	—	—	—	—	—	—	
18	N	56	22	—	—	1	—	—	2	—	20	17	—	20	6	10	2	—	—	r	—	—
	E	50	14	—	1	—	—	—	3	—	1	25	—	16	27	8	5	—	—	r	—	—
	S	50	79	r	—	—	—	—	4	—	r	3	—	4	5	4	1	—	—	—	—	—
W	83	18	r	1	—	—	—	2	—	3	26	—	24	8	2	16	—	—	r	—	—	
32	N	17	15	8	—	—	—	—	42	—	r	22	—	—	—	13	—	—	—	r	—	—
	E	10	15	4	—	—	—	—	46	—	—	12	—	—	—	8	15	—	—	—	—	—
	S	23	37	20	—	—	—	—	33	—	r	1	—	—	r	1	4	—	—	4	—	—
W	25	15	5	—	—	—	—	45	—	r	17	—	—	4	13	r	—	—	1	—	—	
33	N	3	r	—	r	—	—	—	99	—	—	—	—	—	—	—	r	—	—	—	—	—
	E	8	20	—	—	—	—	—	25	—	—	—	—	—	—	—	r	—	—	30	25	—
	S	20	18	—	20	—	—	—	27	—	—	—	8	—	—	—	—	—	17	4	4	20
W	10	20	3	—	—	—	—	65	—	—	—	2	—	4	—	—	—	—	3	—	3	
37	N	55	—	—	—	—	—	—	30	—	—	—	—	50	8	9	3	—	—	—	—	—
	E	37	10	—	—	—	—	—	1	—	—	10	—	66	—	13	—	—	—	—	—	—
	S	26	25	—	—	—	—	13	r	2	2	12	—	33	—	9	2	—	—	—	—	—
W	35	6	—	—	—	—	2	1	—	—	—	9	—	60	10	12	—	—	—	—	—	

14; 21; 27 und 28 gemittelt) aufgeführt. Die hygriech anspruchsvolleren Flechten *Parmelia flaventior*, *P. saxatilis*, *Evernia prunastri* und *Hypogymnia physodes* kommen im Stadtzentrum nur mehr in West- und Nordexposition vor bzw. auf den Flächen mit Regenabfluß, während sie außerhalb der Stadt in allen Expositionen aufzufinden sind. Obwohl die oben genannten Arten auch hier die West- und Nordexposition bevorzugen, zeigt ihr völliges Verschwinden von der Süd- und Ostexposition im Stadtzentrum an, daß die hygriech Situation für die Flechten im dicht verbauten Stadtkern ungünstig ist. Besonders deutlich kommt diese Tatsache bei *Parmelia*

Tabelle 2

Deckungsgrad der wichtigsten Flechtenarten in % der von Flechten bedeckten Aufnahmefläche (= 100%) auf Eichen außerhalb der bebauten Flächen und vom dicht bebauten Gebiet um das Stadtzentrum (Zahlen in Klammern)

Flechtenart	Exposition			
	S	W	N	E
<i>Buellia punctata</i>	13,1 (7,5)	8,8 (4,1)	1,6 (0,2)	5,5 (2,2)
<i>Evernia prunastri</i>	0,5 (—)	1,3 (—)	0,5 (—)	— (—)
<i>Hypogymnia physodes</i>	0,5 (—)	0,9 (—)	7,9 (—)	1,2 (—)
<i>Parmelia flaventior</i>	20,6 (—)	4,3 (0,3)	4,1 (0,7)	16,6 (—)
<i>Parmelia fuliginosa</i>	7,3 (1,2)	13,2 (2,3)	18,3 (4,0)	4,7 (0,1)
<i>Parmelia saxatilis</i>	0,6 (—)	6,7 (—)	11,2 (0,2)	3,2 (—)
<i>Parmelia scortea</i>	12,1 (—)	17,4 (0,5)	7,2 (0,3)	15,9 (—)
<i>Parmelia subrudecta</i>	15,9 (—)	12,0 (2,4)	5,6 (0,2)	12,1 (—)
<i>Parmelia sulcata</i>	3,8 (—)	11,0 (4,0)	16,1 (5,2)	5,3 (—)

flaventior zum Ausdruck, die außerhalb des Stadtzentrums die hygriech weniger begünstigten Süd- und Ostexpositionen in verstärktem Maß besiedelt, während sie an den Stationen um das Stadtzentrum nur mehr in geringem Maße in der West- und Nordexposition vorhanden ist.

3.3. Schwefelgehalt von *Parmelia sulcata* an verschiedenen Stationen

Der Schwefelgehalt von *Parmelia sulcata* nimmt vom Stadtrand zum Stadtzentrum hin zu (Tab. 3). In allen Stationen, die in den dichter bebauten Gebieten liegen, ist der Schwefelgehalt höher als in den Stationen im Freiland. Es besteht eine enge Korrelation zwischen den Schwefelgehaltswerten und den Werten der mittleren SO₂-Beaufschlagung, die nach der Bleikerzenmethode von KOFLEK *et al.* (1975a) bestimmt wurden (vgl. Abb. 3).

3.4. Wasserhaushalt

Der Wassergehalt der in der Tab. 4 aufgeführten Flechtenarten vom Standort 1 differiert bei den Wasserdampfpartialdrucken, die 40, 60 und 95% rel. Luftfeuchtigkeit entsprechen, nur wenig. Ein steiler Anstieg der Wassergehaltswerte ist bei allen Flechten in der Stufe von 95 bis 100% rel. Luftfeuchtigkeit festzustellen (vgl. z. B. BUTIN 1954). In diesem Bereich zeigen sich deutliche Unterschiede der Wassergehalte

Tabelle 3

Gesamtschwefelgehalt von *Parmelia sulcata* in % des Trockengewichtes an verschiedenen Stationen in Salzburg. Mittelwerte von drei Proben je Standort

Station	Schwefelgehalt in % TG
1	0,16
5	0,16
35	0,18
2	0,19
6	0,22
7	0,23
33	0,24
21	0,24
14	0,27

Tabelle 4

Wassergehalt einiger Flechten vom Stadtrand (Station 1) bei relativen Luftfeuchten von 40; 60; 95 und 100%, angegeben in % des Trockengewichtes. In den Klammern die Werte von Proben aus der Innenstadt (Station 21). Die Werte geben das Mittel von 5 Proben pro Flechtenart und pro relativer Luftfeuchte wieder

	40	60	95	100%	Relative Luftfeuchte.
					Relativer Wassergehalt
<i>Evernia prunastri</i>	12	13	39	90%	
<i>Hypogymnia physodes</i>	12 (8)	13 (11)	39 (37)	78 (86)	
<i>Parmelia flaventior</i>	12	13	36	63	
<i>Parmelia fuliginosa</i>	11 (24)	14 (21)	37 (51)	77 (98)	
<i>Parmelia saxatilis</i>	14	16	42	82	
<i>Parmelia scortea</i>	13	19	39	83	
<i>Parmelia subrudecta</i>	10	14	37	79	
<i>Parmelia sulcata</i>	10 (13)	13 (17)	40 (46)	62 (99)	
<i>Xanthoria parietina</i>	13	17	39	83	

bzw. der Quellungsfähigkeit der einzelnen Flechtenarten, wobei *Evernia prunastri* als Strauchflechte die höchsten Werte erzielt, während die Werte der übrigen Blattflechten darunter liegen. Eine Aussage über hygrisch bedingte Verbreitungsgrenzen der einzelnen Flechtenarten ist aus dieser Tabelle nicht möglich. Jedoch weisen die Proben von *Parmelia fuliginosa* und *P. sulcata* aus dem Stadtzentrum (Werte in Klammern) erheblich höhere Wassergehaltswerte auf als die Proben vom Stadtrand. Bei *Hypogymnia physodes* konnte dieser Tatbestand nicht so deutlich gefunden werden.

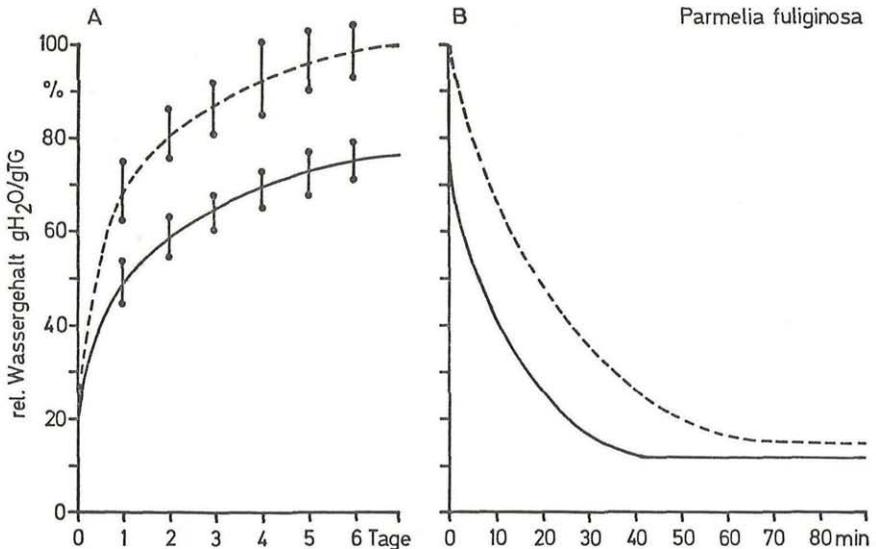


Abb. 4. *Parmelia fuliginosa*: Aufsättigungs- und Austrocknungsverlauf von Proben von Station 1 (durchgezogene Linie) und Station 21 (gestrichelte Linie).

Die Aufsättigungsgeschwindigkeit der Proben aus der Innenstadt ist bei *Parmelia fuliginosa* und *P. sulcata* größer als die der Proben, die vom Stadtrand stammen (Abb. 4; 5). Die Proben von *Hypogymnia physodes* zeigen nur geringfügige Unterschiede (Abb. 6). Das läßt auf die Fähigkeit von *P. fuliginosa* und *P. sulcata*, sich modifikativ auf die hygrisch ungünstigeren Bedingungen im Stadtzentrum anzupassen, schließen.

Aufgrund des höheren Sättigungsgrades, den die Proben von der Innenstadt erreichen (*P. fuliginosa* und *P. sulcata*), dauert es auch längere Zeit, bis sie bei Austrocknung denselben Wassergehalt erreichen wie die Proben vom Stadtrand (Abb. 4; 5). Bei *Hypogymnia physodes* ist das Austrocknungsverhalten der Proben beider Standorte nicht signifikant verschieden (Abb. 6).

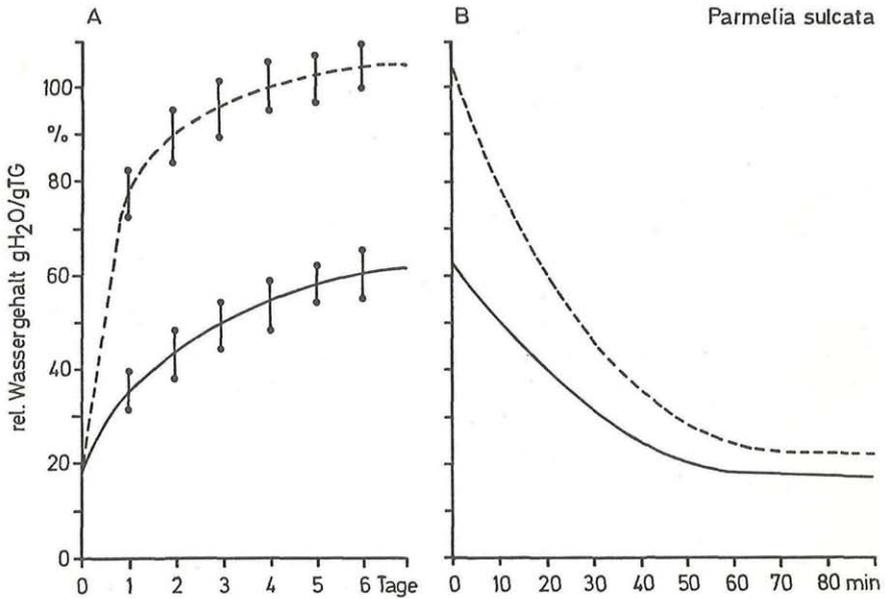


Abb. 5. *Parmelia sulcata*: Aufsättigungs- und Austrocknungsverlauf von Proben von Station 1 (durchgezogene Linie) und Station 21 (gestrichelte Linie).

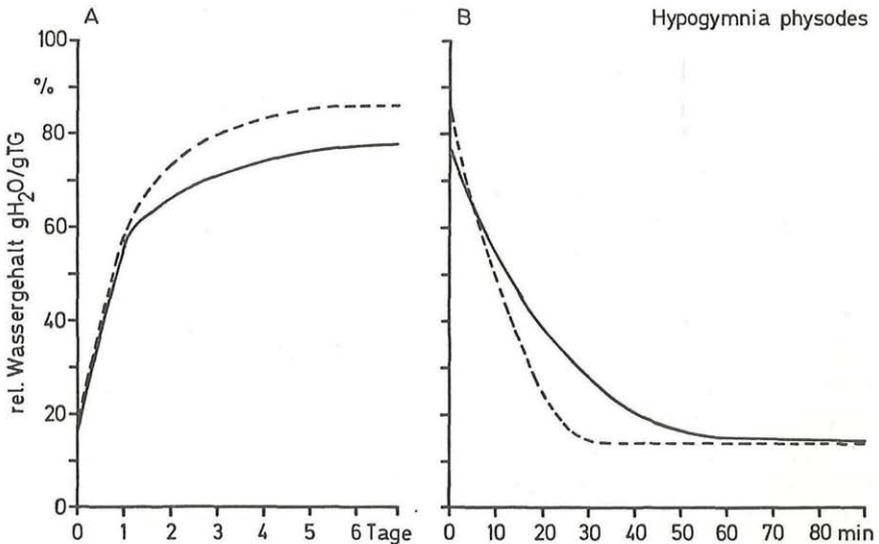


Abb. 6. *Hypogymnia physodes*: Aufsättigungs- und Austrocknungsverlauf von Proben von Station 1 (durchgezogene Linie) und Station 21 (gestrichelte Linie).

4. Diskussion

Die vorliegenden Untersuchungen über den Flechtenbewuchs an Eichen und dessen Expositionsabhängigkeit am Stamm weisen neben dem Einfluß von Luftverunreinigungen (vor allem SO_2) auch auf den Einfluß der klimatischen Veränderungen im dicht verbauten Stadtgebiet Salzburgs hin. Die Schwefeldioxidbelastung von Salzburg ist im Vergleich zu anderen österreichischen Städten wie Wien, Graz, Linz gering (KOFLENER *et al.* 1975a). Dennoch werden in einigen Stadtteilen SO_2 -Werte erreicht, die das Flechtenwachstum zumindest stark einschränken, sodaß das Auftreten von „Flechtenwüsten“ (vgl. Abb. 1) zum größten Teil auf das Schwefeldioxid zurückzuführen ist, worauf auch die Schwefelwerte von *Parmelia sulcata* hindeuten. Für eine Erklärung der übrigen Zonierungen im Stadtbereich reichen die Immissionswerte allein nicht aus.

Während die schädigende Wirkung von Schwefeldioxid und anderen Schadstoffen (HF , HCl) auf Flechten unumstritten ist, wie eine Fülle von experimentellen Arbeiten zeigt (z. B. HILL 1971, BADDELEY *et al.* 1971, 1972, NASH 1971, 1973, PUCKETT *et al.* 1973, ARZANI 1974, TÜRK *et al.* 1974, WIRTH & TÜRK 1975b), gestaltet sich die Beantwortung der Frage, welchen Einfluß die veränderten stadtklimatischen Bedingungen auf das Überleben und Wachstum von Flechten haben, schwierig (vgl. RYDZAK & KRYSIAK 1970; LEBLANC & RAO 1973). Denn eine Trennung der Wirksamkeit der beiden Faktorenkomplexe „Luftverunreinigungen“ und „Stadtklima“ auf das Flechtenwachstum ist nur in sehr begrenztem Maße möglich.

Jedoch scheint durch die Artwahl der untersuchten Trägerbäume (*Quercus robur*) eine Möglichkeit für diese Differenzierung — wenn auch in beschränktem Umfang — gegeben zu sein. Denn die Borke der Eichen zeichnet sich durch eine geringe Pufferkapazität im sauren Bereich (in Hinblick auf das SO_2) einerseits und eine geringe Wasserkapazität (in Hinblick auf die Trockenheit im Stadtgebiet) andererseits aus (BARKMAN 1958, SKYE 1969), sodaß für das Flechtenwachstum ungünstige Veränderungen der atmosphärischen Bedingungen im Stadtbereich nur zu einem kleinen Teil vom Substrat abgepuffert werden können. Dementsprechend eng ist die Korrelation zwischen der Abnahme des Flechtenbewuchses auf den Eichen und der Zunahme der mittleren SO_3 -Beaufschlagung (vgl. Abb. 1 und 2).

Die Tatsache, daß die im allgemeinen hygrioch empfindlicheren Blattflechten außerhalb der Stadt gleichmäßig verstreut im Aufnahme-streifen am Stamm vorkommen, in dicht verbauten Gebieten — sofern die Schwefeldioxidimmissionen noch ein Flechtenwachstum zulassen — aber nur in West- und Nordexposition aufzufinden sind, ist ein deutlicher Hinweis auf die Begrenzung des Flechtenvorkommens durch das Stadtklima. Nach TOLLNER (1967) und MAHRINGER (1975) liegen die Temperaturen

im verbauten Gebiet Salzburgs im Jahresdurchschnitt um etwa 1°C höher als außerhalb des geschlossenen Siedlungsgebietes; der Unterschied des Wasserdampfpartialdruckes beträgt etwa 1 mm, die rel. Luftfeuchtigkeit ist gelegentlich im gesamten Stadtgebiet um 20 bis 30% geringer als in der Umgebung. Auch der für das Flechtenwachstum wichtige Taufall (BUTIN 1954) ist in der Stadt seltener.

Ferner ist der Einfluß des durch größere Lufttrockenheit ausgezeichneten Stadtklimas daran zu sehen, daß in Arealen mit gleicher SO_2 -Belastung Flechten an hygrisch günstigeren Standorten vorkommen — im Falle von *Quercus robur* entweder in Parkanlagen oder in Flußnähe — oder auf Bäumen mit Borken von hoher Wasserkapazität (*Fraxinus excelsior*, *Tilia spec.*), deren Standorte allerdings nicht auf Park- oder Grünanlagen beschränkt sind.

So stellten z. B. auch EHRENDORFER *et al.* (1971) in Graz und SCHMIDT (1973) in Stuttgart fest, daß bei gleicher Immissionsbelastung die schädigende Wirkung auf Flechten durch höhere Feuchtigkeit kompensiert werden kann. Es ist also bei einer Interpretation von Ergebnissen, die durch emittentenbezogene Flechtenkartierungen gewonnen werden, den Feuchteverhältnissen am Standort Rechnung zu tragen. Wie ein Vergleich der Flechtenkarte 1974 (Abb. 1) mit der Karte der mittleren SO_3 -Beaufschlagung zeigt, ist nur die Flechtenwüste und ein Teil der inneren Kampfzone mit den SO_3 -Werten korrelierbar. Die Inseln der Zone 3 und das zungenförmige Eindringen der Zone 4 in die Flechtenwüste (Zone 5) sind nur zu erklären, wenn man die für das Flechtenwachstum günstigeren lokalen Feuchteverhältnisse in den Park- und Grünanlagen und in der Flußnähe berücksichtigt.

Trotz der relativ hohen SO_2 -Belastung wurde auf dem windoffenen Gelände des Mönchsberges (Standort 10, 11; Abb. 2) ein reiches Vorkommen von Flechten auf den Eichen in NW- und W-Exposition festgestellt. Offensichtlich wird hier das Flechtenwachstum durch den Regenaufprall gefördert, da die Niederschlag bringenden Winde zumeist aus dieser Richtung kommen. Auch diese Windwirkung hat letztlich günstigere Feuchtebedingungen für die Flechten an diesem Standort zur Folge.

Als die toxitolerantesten Flechten erwiesen sich (nur unter Berücksichtigung der Aufnahmeflächen auf den Eichen) die Krustenflechte *Buellia punctata* und die Blattflechten *Parmelia sulcata* und *P. fuliginosa*. *Hypogymnia physodes* läßt aufgrund ihres weiten Eindringens in den Stadtbereich vermuten, daß sie eine höhere Toxizität besitzt als andere Blattflechten wie z. B. *Parmelia flaventior*, *P. scortea* etc. (vgl. auch WIRTH 1976); doch ist ihr Vorkommen auf hygrisch günstige Habitats beschränkt.

Wie aus den Versuchen über den Wasserhaushalt von *Parmelia sulcata* und *P. fuliginosa* zu ersehen ist, haben diese Flechten die Fähigkeit, sich den ungünstigen Feuchtebedingungen im Stadtgebiet anzupassen.

Nimmt man als untere Grenze des Feuchtekompensationspunktes der Photosynthese etwa 20 bis 25% rel. Wassergehalt an (BUTIN 1954, BERTSCH 1966, BLUM 1973), so vermögen die Flechten aus der Stadt bei Austrocknung aufgrund ihrer höheren Wasserkapazität über eine längere Zeitspanne hin eine apparente Photosynthese aufrecht zu erhalten als die Proben aus dem Freiland. Dadurch ist diesen Flechten die Möglichkeit gegeben, das geringere Feuchteangebot im dicht verbauten Stadtkern wenigstens teilweise zu kompensieren. *Hypogymnia physodes* zeigt diese Fähigkeit nicht. Weitere Aufschlüsse über diesen Problemkreis können nur durch CO₂ Gaswechselfmessungen gewonnen werden.

Worauf die höhere Wasserkapazität der Flechtenproben von *Parmelia sulcata* und *P. fuliginosa* aus dem Stadtgebiet zurückzuführen ist, konnte nicht gefunden werden. Es waren keine morphologischen und anatomischen Unterschiede (wie Thallusdicke, Dicke der einzelnen Schichten, wie Rinden-, Gonidien- und Markschichte) bei einer mikroskopischen Untersuchung von Querschnitten erkennbar. Als mögliche Erklärung bietet sich eine geringere Imprägnierung der Hyphen mit hydrophoben Flechtenstoffen in den Proben von der Innenstadt an (vgl. SIEVERS 1908, zit. nach HENSSEN & JAHNS 1974).

Literatur

- ARZANI G. 1974. Ökophysiologische Untersuchungen über die SO₂-, HCl- und HF-Empfindlichkeit verschiedener Flechtenarten. — Dissertation Gießen.
- BADDELEY M. S., FERRY B. W. & FINEGAN E. J. 1971. A new method of measuring lichen respiration: Response of selected species to temperature, pH and sulphur dioxide. — *Lichenologist* 5: 18—25.
- —. 1972. The effects of sulphur dioxide on lichen respiration. *Lichenologist* 5: 283—291.
- BARKMAN J. J. 1958. Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. — Assen: Van Gorcum & Comp. N. V.
- BERTSCH A. 1966. Über den CO₂-Gaswechsel einiger Flechten nach Wasserdampfaufnahme. — *Planta (Berl.)* 68: 157—166.
- BESCHEL R. 1958. Flechtenvereine der Städte, Stadtflechten und ihr Wachstum. — *Ber. Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck* 52: 1—158.
- BIEBL R. 1965. Austrocknungsresistenz tropischer Urwaldmoose auf Puerto Rico. — *Protoplasma* 59: 277—297.
- BLUM O. B. 1973. Water relations. In: AHMADJIAN V. & HALE M. E. (eds.) *The Lichens*. — Academic Press, New York and London. pp.: 381—400.
- BUTIN H. 1954. Physiologisch-ökologische Untersuchungen über den Wasserhaushalt und die Photosynthese bei Flechten. — *Biol. Zentralbl.* 73: 459—502.
- EHRENDORFER F., MAURER W., KARL R. & KARL E. 1971. Rindenflechten und Luftverunreinigung im Stadtgebiet von Graz. — *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark* 100: 151—189.
- HENSSEN A. & JAHNS H. M. 1974. *Lichenes*. Thieme Verlag Stuttgart.

- HILL D. J. 1971. Experimental study of the effect of sulfite on lichens with reference to atmospheric pollution. — *New Phytol.* 70: 831—836.
- HURKA H. & WINKLER S. 1973. Statistische Analyse der rindenbewohnenden Flechtenvegetation einer Allee Tübingens. — *Flora* 162: 61—80.
- JÄGER H.-J. & STEUBING L. 1970. Fraktionierte Schwefelbestimmung in Pflanzenmaterial zur Beurteilung einer SO₂-Einwirkung. — *Angew. Bot.* 44: 209—221.
- JÜRGING P. 1975. Epiphytische Flechten als Bioindikatoren der Luftverunreinigung. — *Bibliotheca Lichenologica* 4. Cramer, Vaduz.
- KOFLER W., BENDER J. & PRAST H. 1975a. Erhebung der Belastung der Luft mit Schwefeldioxid und Staub im Bundesland Salzburg und Beurteilung der ermittelten Ergebnisse aus hygienischer Sicht. In: *Die Belastung der Luft durch SO₂ und Staub im Land Salzburg*. — Amt der Salzburger Landesregierung. Abt. 7. pp. 13—34.
- MAHRINGER H., PRAST H., RASSAERTS H., SCHINNER M., BIEBL P. & LENDL W. 1975b. Lufthygienisch-meteorologische Studie des Bundeslandes Salzburg. In: *Die Belastung der Luft durch SO₂ und Staub im Land Salzburg*. — Amt der Salzburger Landesregierung. Abt. 7. pp. 47—84.
- LANGE O. L. 1969. Experimentell-ökologische Untersuchungen an Flechten der Negev-Wüste. I. CO₂-Gaswechsel von *Ramalina maciformis* (DEL.) BORY unter kontrollierten Bedingungen im Laboratorium. — *Flora*, Abt. B. 158: 324—359.
- LEBLANC F. & RAO D. N. 1973. Evaluation of the pollution and drought hypothesis in relation to lichens and bryophytes in urban environments. — *Bryologist* 76: 1—19.
- MAHRINGER W. 1975. Beiträge der Meteorologie bei der Untersuchung der Luftverunreinigung im Raum Salzburg. In: *Die Belastung der Luft durch SO₂ und Staub im Land Salzburg*. Amt der Salzburger Landesregierung. Abt. 7. pp. 85—97.
- NASH T. H. 1971. Lichen sensitivity to hydrogen fluoride. — *Bull. Torrey Bot. Club* 98: 103—106.
- 1973. Sensitivity of lichens to sulfur dioxide. — *Bryologist* 76: 333—339.
- POELT J. 1969. Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. — *Lehre*.
- PUCKETT K. J., NIEBOER E., FLORA W. P. & RICHARDSON D. H. S. 1973. Sulphur dioxide: Its effect on photosynthetic ¹⁴C fixation in lichens and suggested mechanisms of phytotoxicity. — *New Phytol.* 72: 141—154.
- RYDZAK J. & KRYSIAK K. 1970. Lichen flora of Tomaszow Mazowiecki —. *Vegetatio* 21: 375—397.
- SCHMIDT R. 1973. Ökologische und soziologische Gliederung der Flechtenvegetation in Obstbaumbeständen des mittleren Neckarraumes unter besonderer Berücksichtigung von Immissionsschäden. — *Dissertation Hohenheim*.
- SKYE E. 1968. Lichens and air pollution: A study of cryptogamic epiphytes and environment in the Stockholm region. — *Acta Phytogeogr. Suec.* 52: 1—123.
- TOLLNER H. 1967. Das Stadtklima von Salzburg. — *Mitt. Österr. Geogr. Ges.* 109: 100—114.

- 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. Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz (Hg.).
- WIRTH V. & LANGE O. L. 1974. CO₂-Gaswechsel-Untersuchungen zur SO₂-Resistenz von Flechten. — *Oecologia (Berl.)* 15: 33—64.
- & WIRTH, V. 1975. The pH dependence of SO₂ damage to lichens. — *Oecologia (Berl.)* 19: 285—291.
- WIRTH V. 1976. Über den Einfluß des SO₂ auf die Flechtenvegetation und die Indikation der SO₂-Belastung durch Flechten. — *Schriftenreihe für Vegetationskunde* 10: 203—213.
- & TÜRK R. 1975a. Über die SO₂-Resistenz von Flechten und die mit ihr interferierenden Faktoren. — *Verhandl. Ges. f. Ökologie, Erlangen* 1974: 173—179.
- & TÜRK R. 1975b. Zur SO₂-Resistenz von Flechten verschiedener Wuchsform. — *Flora* 164: 133—143.
- WIRTH V. & BRINCKMANN B. 1977. Statistical analysis of the lichen vegetation of an avenue in Freiburg (South-West Germany), with regard to injurious anthropogenous influences. — *Oecologia* 28: 87—101.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn](#)

Jahr/Year: 1978

Band/Volume: [18_3_4](#)

Autor(en)/Author(s): Türk Roman, Christ Renate

Artikel/Article: [Untersuchungen über den Flechtenbewuchs an Eichen im Stadtgebiet Salzburgs und über den Wasserhaushalt einiger charakteristischer Flechten. 107-126](#)