

Phyton (Horn, Austria)	Vol. 31	Fasc. 1	81-95	9. 8. 1991
------------------------	---------	---------	-------	------------

Wachstum und Lobendifferenzierung der Blattflechte *Parmelia sulcata*

Von

Sven POLONYI und Roman TÜRK *)

Mit 3 Abbildungen

Eingelangt am 18. April 1990

Key words: Lichens, growth rate, thallus differentiation, air pollution.

Summary

POLONYI S. & TÜRK R. 1991. Growth and lobe differentiation of the foliar lichen *Parmelia sulcata*. – *Phyton* (Horn, Austria) 31 (1): 81-95, 3 figures. – German with English summary.

Growth and thallus differentiation of the foliose lichen *Parmelia sulcata* TAYLOR over a period of 22 months are presented. Thirty individuals from 3 different sites in the metropolitan area of Salzburg (Austria) and the surroundings were observed. The growth rate followed the same pattern over the three sites depending upon the season. Between July and September 1985 virtually all lichens showed a decrease in thallus area. Nevertheless the thallus area of all investigated specimen increased over the 22 month period. Most of the thalli did not grow with the same rate in all directions. These differential growth rates depend upon the orientation of the lobes and upon external factors (competition with neighbouring cryptogams, irregularities of the substrate, moisture conditions etc.). Growth of the lobes is depressed in zones where a thallus-fragmentation occurred. Further differentiation of lobes originates from minute elevated areas which begin to grow in a specific direction and thus form new lobes. The new lobe formation is a continual process which cannot be stopped despite reduction of the thallus area.

Zusammenfassung

POLONYI S. & TÜRK R. 1991. Wachstum und Lobendifferenzierung der Blattflechte *Parmelia sulcata*. – *Phyton* (Horn, Austria) 31 (1): 81-95, mit 3 Abbildungen. – Deutsch mit englischer Zusammenfassung.

In der vorliegenden Untersuchung wurden das Wachstum und die Differenzierung der Thalli von *Parmelia sulcata* TAYLOR über einen Zeitraum von 22 Monaten

*) Prof. Dr. R. TÜRK, Mag. S. POLONYI, Institut für Pflanzenphysiologie, Universität Salzburg, Hellbrunnerstraße 34, A-5020 Salzburg (Austria).

verfolgt. Es wurden die Wachstumsraten und der Verlauf der Differenzierung von rund 30 Exemplaren an drei verschiedenen Standorten im Stadtgebiet von Salzburg festgehalten. An allen drei Standorten folgten die Thalli in ihrem Wachstumsverlauf demselben zeitlichen Muster. Die Größe der Wachstumsraten variierte und war von der Jahreszeit abhängig. In der Zeit von Mitte Juli bis Ende September 1985 kam es bei fast allen Flechten zu einer Abnahme der Thallusgrößen. Dennoch nahm die Fläche der untersuchten Flechten während des gesamten Beobachtungszeitraumes (22 Monate) zu. Die meisten Thalli wachsen nicht mit gleicher Geschwindigkeit nach allen Richtungen, sondern es lassen sich deutlich Zonen eines geförderten und Zonen eines verminderten Wachstums erkennen. Dieser Unterschied in der Wuchsleistung hängt von der Orientierung der Loben und von exogenen Faktoren (Konkurrenz mit anderen Flechtenthalli, Unregelmäßigkeiten des Substrates, unterschiedliche, kleinräumige Feuchtebedingungen etc.) ab. Die weitere Differenzierung von Loben nimmt ihren Ausgang stets von kleinen Höckern, die sich in der Folge vergrößern und zur Ausbildung neuer Lappen führen. Eine Rückbildung dieser Höcker oder neu ausgebildeter Seitenlappen von bereits vorhandenen Loben konnte zu keiner Zeit beobachtet werden. Auch während der Zeit der Flächenabnahme schritt die Differenzierung der Flechtenthalli fort oder stagnierte in einigen Fällen.

1. Einleitung

Vorkommen und Wachstum von Flechten haben eine große Bedeutung bei der Bioindikation von Luftschadstoffen gewonnen. Mit ihrer Hilfe können Aussagen über den Belastungsgrad der Luft mit sauer reagierenden Abgasen getroffen werden. Aufgrund dieser Möglichkeiten wurden schon mannigfaltige Versuche und Untersuchungen an Flechten vorgenommen. Durch Begasungsversuche konnten die Schadensmerkmale und die Reaktionen der Flechten auf genau definierte Schadstoffdosen eruiert werden (z. B. TÜRK & al. 1974).

Aufgrund ihres langsamen Wachstums ist aber nur wenig über die individuelle Thallusentwicklung und die Wachstumsraten von Flechten in situ bekannt (z. B. BESCHEL 1958, RYDZAK 1961, PHILLIPS 1963 u. a.). Gerade im Hinblick auf ihre Verwendung als Bioindikatoren war es für uns von großem Interesse, die Entwicklung und das Wachstum von *Parmelia sulcata* an Standorten mit unterschiedlichem Belastungsgrad und unterschiedlicher Bebauungsdichte im Stadtgebiet von Salzburg und der näheren Umgebung zu untersuchen.

2. Material und Methoden

Das Wachstum von *Parmelia sulcata* TAYLOR wurde an folgenden Orten über einen Zeitraum von 22 Monaten untersucht:

1. Erentrudisalm, 775 m über NN, auf *Tilia platyphyllos* (außerhalb des Stadtgebietes)
2. Hellbrunner Allee, 430 m über NN, auf *Quercus robur*
3. Stadtfriedhof, 435 m über NN, auf *Quercus robur*

An jedem der oben genannten Orte wurden für die Untersuchung Thalli von unterschiedlicher Größe herangezogen, die äußerlich nicht geschädigt erschienen. Es wurden solche Exemplare ausgewählt, die an der gleichen Stammexposition in einer

Stammhöhe zwischen eineinhalb bis zwei Metern wuchsen. Um möglichst gleiche mikroklimatische Bedingungen, die das Wachstum der Flechten beeinflussen könnten, zu gewährleisten, wurden nur Thalli auf Borkenstegen untersucht. Das Wachstum der Flechten wurde photometrisch mit Hilfe einer Spiegelreflexkamera (Canon AE-1) verfolgt. Die Kamera war auf einem Stativ montiert; an einem Bein des Stativs war eine große Schraube angebracht, die es ermöglichte, das Stativ auf der Borke zu fixieren.

Als Photomaterial fanden Schwarz-Weiß-Filme (Agfapan) Verwendung. Um vergleichbare Ergebnisse aus einer Serie zeitlich aufeinanderfolgender Fotografien zu erhalten, mußten folgende Fehlerquellen beachtet und korrigiert werden:

1. Mit den wechselnden Feuchtebedingungen der Atmosphäre ist auch der Quellungsgrad der poikilohydrischen Flechtenthalli unterschiedlich, wodurch die Ausdehnung der Flechtenthalli – unabhängig vom Wachstum – an den einzelnen Meßtagen variiert. Um diesen „Quellungsfehler“ zu minimieren und eine möglichst konstante Vergleichsbasis zu schaffen, wurden die Thalli 15 Minuten vor jeder Ablichtung mit ausreichend Aqua dest. besprüht, damit sie einen maximalen Quellungsgrad aufwiesen (vgl. SNELGAR & GREEN 1982).

2. Zwei weitere Fehlerquellen, die bei der fotografischen Abbildung Beachtung finden müssen, sind der Parallaxen- und der Vergrößerungsfehler (HOOKER & BROWN 1977).

Die Meßungenauigkeiten, die durch den Parallaxenfehler entstehen können, betragen nach HOOKER & BROWN 1977 maximal 5%. Wir versuchten, den Parallaxenfehler schon bei der Aufnahme der Thalli zu minimieren, indem der Fokus immer derart eingestellt wurde, daß die Ränder der Thalli im Okular scharf erschienen. Somit befanden sich die Thallus- und die Filmebene in den aufeinanderfolgenden Aufnahmen in annähernd gleich paralleler Lage.

Die Einzelloben von *Parmelia sulcata* sind nicht fest mit dem Untergrund verwachsen und sie behalten ihre Ausrichtung zueinander und ihre Orientierung auf dem Substrat nicht strikt bei. Die Orientierung der Loben kann sich beim Heranwachsen geringfügig verändern. Diese Änderungen wurden bei den Wachstumsmessungen nicht berücksichtigt, da der durch sie verursachte Fehler unter einem Prozent lag.

Der Vergrößerungsfehler wurde mit Hilfe einer Vergleichsfläche korrigiert. Diese war ein Viereck, dessen Eckpunkte am Stamm durch Nägel markiert waren und dessen gedachte Seitenlinien den Thallus umschlossen. Zusätzlich wurde bei jeder Fotografie eine Zentimeterskala abgebildet.

Als Parameter für das Wachstum der Flechten wurde die Gesamtfläche der abgebildeten Thalli herangezogen. Zur Bestimmung der Gesamtfläche wurden die Umrisse der Thalli mit einem Planimeter 20mal umfahren. Der so erhaltene Wert wurde durch die Anzahl der Umfahrungen dividiert. Die durch die Nägel fixierte Vergleichsfläche wurde in gleicher Weise bestimmt. Die Errechnung der Flächenzahlen erfolgte nach der Formel von MOXHAM 1981, die für unsere Zwecke wie folgt erweitert wurde:

$$\text{Fläche} = \frac{\text{Planimeterablesung} \times \text{Vergleichsflächen}}{(\text{Vergrößerung})^2 \times \text{Vergleichsfläche}_1 \times \text{ZP } 1}$$

1, . . . n, Indices der Ablesung aus der 1ten bis nten Aufnahme. ZP 1, Anzahl der Umrundungen mit dem Planimeter.

3. Ergebnisse

3.1. Standort Erentrudisalm

Die anfängliche Größe der Thalli betrug 41 bis 807 mm² (Tab. 1, Spalte 1). Nach elf Monaten erreichten die Flechten Größen von 50 bis 941 mm². Bei den meisten Thalli von *Parmelia sulcata* erfolgte eine kontinuierliche Zunahme der Flächen mit unterschiedlichen Wachstumsraten. Bei allen untersuchten Flechten war eine markante Zäsur zwischen Ende Juli und Mitte September 1985 festzustellen: In diesem Zeitabschnitt verringerten sich die Thallusflächen sowohl beim Standort Erentrudisalm als auch an den Standorten Hellbrunner Allee und Stadtfriedhof. Bei den Thalli Nr. 5 & 7 war zwischen dem 21. 9. 1985 und dem 16. 10. 1985 eine weitere Abnahme der Thallusfläche zu verzeichnen.

Nach elf Monaten betrug die höchste Zuwachsrate 141,0 mm², die niedrigste 9 mm². Den größten Zuwachs erzielte die Flechte mit der größten anfänglichen Fläche, den geringsten jene mit der kleinsten anfänglichen Thallusfläche. Die Reihung der übrigen Exemplare ist nicht proportional ihrer Anfangsgröße. Ein Vergleich der Thalli 1 und 4, die beide einen annähernd gleich großen Zuwachs von ca. 86 mm² erzielten, ergibt, daß sie diesen von zwei stark unterschiedlichen Anfangsgrößen aus erreichten, nämlich von 362 bzw. 233 mm² (Tab. 1).

Tabelle 1

Standort Erentrudisalm, Thallusflächen (in mm²) der Exemplare Nr. 1–9 zu den Zeitpunkten der fotografischen Aufnahme. In Klammer ist der Zuwachs bzw. die Abnahme der Fläche (in mm²) im Bezug zu der Ausgangsfläche angegeben.

Flechte Nr.	Zeitpunkt der fotografischen Aufnahme						
	15. 5. 85	27. 7. 85	21. 9. 85	16. 10. 85	9. 12. 85	7. 2. 86	16. 4. 86
1	362	439 (77)	409 (47)	429 (67)	438 (76)	445 (83)	448 (86)
2	807	958 (151)	820 (13)	892 (85)	925 (18)	993 (193)	941 (141)
3	233	294 (61)	262 (29)	262 (29)	277 (44)	316 (83)	320 (87)
4	82	127 (45)	112 (30)	110 (27)	122 (40)	143 (62)	146 (65)
5	185	246 (61)	219 (34)	229 (44)	233 (48)	247 (62)	262 (77)
6	41	47 (6)	42 (1)	40 (-2)	42 (2)	47 (6)	50 (9)
7	173	229 (56)	169 (-4)	196 (23)	205 (32)	218 (45)	225 (52)
8	145	195 (50)	168 (15)	174 (29)	180 (35)	201 (56)	175 (30)
9	169	200 (31)	195 (26)	200 (31)	200 (31)	205 (36)	267 (98)

3.2. Hellbrunner Allee

Die Thallusgrößen am Standort Hellbrunner Allee (Tab. 2) lagen zu Beginn der Studie zwischen 43 und 222 mm². Die nach elf Monaten erreich-

ten Flächen lagen zwischen 73 und 319 mm². Die Zuwachsraten des Thallus Nr. 45 (Tab. 2), der eine anfängliche Größe von nur 10 mm² aufwies, waren bis zur Probe Nr. 6 (Mitte Februar) so gering, daß sie unterhalb der Meßgenauigkeit lagen.

Am Standort Hellbrunner Allee tritt wieder – wie an den beiden anderen Standorten (Erentrudisalm und Stadtfriedhof) – die charakteristische Schrumpfung zwischen den Proben Nr. 2 und 3 auf. Es kommt jedoch hier in keinem Fall zu einer unmittelbar darauffolgenden weiteren Schrumpfung. Allerdings ist am Standort Hellbrunner Allee in sechs Fällen, also bei über der Hälfte der Probeexemplare von *Parmelia sulcata* eine Schrumpfung zwischen den letzten beiden Messungen (Mitte Februar bis Mitte April) feststellbar.

In Summe wiesen alle Thalli zu jedem Probenzeitpunkt einen Zuwachs an Fläche gegenüber ihrer anfänglichen Fläche auf. Wieder ist zu beobachten, daß Flechtenpaare von anfänglich gleicher Größe einen unterschiedlich starken Zuwachs erzielten (z. B. Nr. 10 und 16), während Flechten von anfänglich stark unterschiedlicher Größe zumindest über den Zeitraum einiger Monate einen sehr ähnlich großen Betrag des Zuwachses zeigten (Tab. 2).

Den geringsten Zuwachs erzielte die Flechte Nr. 16 (Anfangsgröße 61 mm²) mit letztlich 4 mm². Den größten Absolutbetrag erzielte die Flechte Nr. 13 mit einer Ausgangsgröße von 222 mm², sie erreichte einen Zuwachs von 97 mm². Sie wird gefolgt von der Flechte Nr. 14, die ausgehend von etwa der halben Größe der Flechte Nr. 13 annähernd die gleiche Endgröße erreichte. Der durchschnittliche Zuwachs aller Thalli des Standortes Hellbrunner Allee lag bei 49,4 mm².

Den größten Zuwachs erreichten alle Thalli während der ersten Meßperiode von Mitte Mai bis Ende Juli, unmittelbar bevor die Thalli zu schrumpfen begannen. Einige der Thalli hatten zu diesem Zeitpunkt bereits eine Flächengröße entwickelt, die nach der Abnahme erst wieder bei der letzten Messung erreicht waren (Thalli Nr. 13; 15; 17; 18). In zwei Fällen konnten diese Größen nicht wieder erreicht werden (Thalli Nr. 12 und 16).

Am Standort Hellbrunner Allee war der Durchschnitt der Gesamtfläche der untersuchten Thalli am geringsten. Die Zuwachsraten folgten demselben zeitlichen Muster wie an den Standorten Erentrudisalm und Stadtfriedhof. Auch hier erfolgte zuerst eine Zunahme der Größen bis Mitte Juli und ein Absinken bis Ende September 1985. Allerdings wurde die ursprüngliche Größe schon Mitte November wieder erreicht. Die Gesamtzuwachsraten waren aufgrund der geringeren Größe der Thalli an diesem Standort am kleinsten.

Nach der Schrumpfung der Thalli kam es in den darauffolgenden vier Wochen zu einem so starken Wachstum, daß der vorangegangene Verlust wieder völlig kompensiert wurde.

Tabelle 2

Standort Hellbrunner Allee, Thallusflächen (in mm²) der Exemplare Nr. 10–18 zu den Zeitpunkten der fotografischen Aufnahme. Werte in Klammern vgl. Tabelle 1.

Flechte Nr.	Zeitpunkt der fotografischen Aufnahme						
	15. 5. 85	27. 7. 85	21. 9. 85	16. 10. 85	9. 12. 85	7. 2. 86	16. 4. 86
10	58	88 (30)	75 (17)	86 (28)	–	94 (36)	135 (77)
11	169	199 (30)	180 (11)	194 (25)	–	239 (70)	220 (51)
12	160	206 (46)	178 (18)	202 (32)	–	242 (62)	119 (62)
13	222	316 (94)	289 (67)	310 (88)	–	311 (89)	319 (97)
14	108	157 (49)	145 (37)	157 (49)	–	175 (67)	152 (90)
15	106	140 (34)	113 (7)	130 (27)	–	141 (38)	136 (33)
16	61	67 (6)	62 (1)	66 (5)	–	73 (12)	65 (4)
17	43	73 (30)	63 (20)	78 (35)	–	85 (42)	80 (37)
18	84	138 (54)	111 (27)	127 (43)	–	132 (48)	142 (58)

3.3. Stadtfriedhof

Die anfänglichen Größen der Thalli von *Parmelia sulcata* (Tab. 3) reichten am Standort Stadtfriedhof von 104 bis 269 mm². Die Endgrößen liegen zwischen 105 und 358 mm².

Bei der Betrachtung der Zuwachsraten (Tab. 3) fällt das Exemplar Nr. 19 auf. Die Fläche dieser Flechte nahm nur zwischen der ersten und der zweiten Messung zu, in der darauffolgenden Zeit war ein kontinuierlicher Rückgang der Thallusfläche zu beobachten. Zwischen 16. 10. 85 und 9. 12. 85 erfolgte zwar eine Zunahme der Fläche, der bei der ersten Messung erzielte Wert konnte jedoch nicht mehr erreicht werden. Auch bei den Thalli

Tabelle 3

Standort Stadtfriedhof, Thallusflächen (in mm²) der Exemplare Nr. 19–27 zu den Zeitpunkten der fotografischen Aufnahme. Werte in Klammern vgl. Tabelle 1.

Flechte Nr.	Zeitpunkt der fotografischen Aufnahme						
	15. 5. 85	27. 7. 85	21. 9. 85	16. 10. 85	9. 12. 85	7. 2. 86	16. 4. 86
19	232	244 (12)	187 (–45)	183 (–49)	198 (–25)	193 (–25)	188 (–30)
20	202	246 (44)	150 (–52)	222 (20)	223 (21)	250 (48)	265 (63)
21	112	213 (101)	114 (2)	125 (13)	119 (7)	97 (–15)	105 (7)
22	259	254 (–5)	232 (–27)	254 (5)	254 (–5)	262 (3)	277 (18)
23	104	123 (19)	100 (–4)	121 (17)	118 (20)	112 (26)	138 (52)
24	187	235 (48)	193 (6)	216 (39)	216 (39)	223 (46)	237 (60)
25	135	179 (44)	149 (14)	174 (39)	176 (41)	183 (48)	197 (62)
26	269	314 (45)	302 (33)	330 (61)	338 (69)	349 (80)	358 (89)
27	244	285 (41)	255 (11)	297 (53)	311 (67)	300 (56)	322 (78)

Nr. 20; 22 und 23 kam es zeitweise zu einer Abnahme gegenüber der anfänglichen Größe. Zum größten Flächenverlust kam es bei der Flechte Nr. 21. Sie verlor zwischen 27. 7. 1985 und 21. 9. 1985 99 mm². Die Zunahme und die Abnahme der Thallusgröße erfolgte hier nach demselben Zeitmuster wie an den Standorten Erentrudisalm und Stadtfriedhof (vgl. Tab. 1 und Tab. 2).

Nach 22 Monaten (Tab. 4) wurde der größte absolute Zuwachs am Standort Stadtfriedhof erreicht. Ausgehend von einer anfänglichen durchschnittlichen Größe von 212 mm² wurde am Standort Erentrudisalm eine Größe von 434,7 mm² festgestellt, dies entspricht einem durchschnittlichen Zuwachs von 222,3 mm². Am Standort Hellbrunner Allee betrug die anfängliche durchschnittliche Größe 124,5 mm², die zuletzt erreichte Größe 276,2 mm², dies entspricht einem Zuwachs von 151,6 mm². Am Standort Stadtfriedhof betrugen die entsprechenden Größen 188,8 mm² zu Beginn und 329,7 mm² am Ende der Studie, was einem Zuwachs von 140,9 mm² entspricht. Die absoluten Zuwächse der Einzelthalli vgl. Tab. 4. Zwischen dem 11. und dem 22. Monat waren sowohl die absoluten als auch die

Tabelle 4

Thallusflächen der nach 11 und 22 Monaten noch auffindbaren Exemplare (in mm²). Die Werte in Klammern geben die absoluten Flächenzunahmen (mm²) während der vorangegangenen 11 Monate wieder.

Standort Flechte Nr.	Mai 1985	April 1986	März 1987
1. Erentrudisalm			
1	362	448 (86)	710 (262)
4	233	320 (87)	443 (127)
5	82	146 (64)	190 (44)
7	173	225 (52)	396 (171)
2. Hellbrunner Allee			
10	58	135 (77)	142 (7)
11	169	220 (51)	333 (113)
13	222	319 (97)	507 (188)
14	108	152 (44)	238 (86)
15	106	136 (20)	235 (99)
18	84	142 (58)	202 (60)
3. Stadtfriedhof			
20	202	265 (63)	352 (87)
22	259	277 (18)	310 (33)
23	104	138 (34)	157 (19)
25	135	197 (62)	216 (19)
27	244	322 (78)	943 (621)

relativen Zuwächse im allgemeinen höher als während der ersten 11 Monate. Einzelne Exemplare wichen jedoch von der generellen Tendenz ab. Am Standort Erentrudisalm wuchs die Flechte Nr. 5 während der zweiten Periode weniger stark. Am Standort Hellbrunner Allee traf dies auf ein Exemplar (Nr. 10) zu, am Standort Stadtfriedhof auf zwei Exemplare (Nr. 23 und 25 vgl. Tab. 4).

In der folgenden Tab. 4 sind die Thallusflächen und in Klammer die Zuwachsraten jener Thalli, die nach 22 Monaten Beobachtungszeit noch vorhanden waren, dargestellt. Am Standort Erentrudisalm waren dies noch vier, am Standort Hellbrunner Allee sechs und am Standort Stadtfriedhof noch fünf Exemplare. An allen drei Standorten war während der zweiten Wachstumsperiode ein stärkeres Wachstum feststellbar.

3.4. Optische Bewertung der Thalli

Nach elf bzw. 22 Monaten erfolgte eine Bewertung der Thalli von *Parmelia sulcata* nach optischen Kriterien (Tab. 5). Nach elf Monaten war am Standort Erentrudisalm erst ein Exemplar an den Rändern und Spitzen beeinträchtigt (Bewertungsstufe 1). Am Standort Hellbrunner Allee fielen zwei Exemplare in die Bewertungsstufe eins. Die restlichen Thalli wiesen an diesen Standorten keine äußerlich sichtbaren Beeinträchtigungen auf. Am deutlichsten waren zu diesem Zeitpunkt schon die Thalli am Standort

Tabelle 5

Bewertung des Thalluszustandes. 0 = äußerlich keine Schäden erkennbar, 1 = farbliche Veränderungen an den Spitzen und Rändern der Loben, 2 = weniger als 50% der Thallusfläche beeinträchtigt, 3 = mehr als 50% der Thallusfläche beeinträchtigt, * = Thallus nicht mehr vorhanden, ** = Teile des Thallus fragmentiert.

1. Erentrudisalm

Flechte Nr.:	1	2	4	5	7	10	11	17
nach 11 Monaten	0	1	0	0	0	0	0	0
nach 22 Monaten	0	1	1	0	0	*	1	0

2. Hellbrunner Allee

Flechte Nr.:	41	42	44	45	46	47	48	50	51	54
nach 11 Monaten	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
nach 22 Monaten	2	1	2	**	0	0	2	1	1	2

3. Stadtfriedhof

Flechte Nr.:	71	73	75	79	81	82	83
nach 11 Monaten	2	1	1	1	1	2	2
nach 22 Monaten	3	1	3	3	1	2	2

Stadtfriedhof geschädigt. Hier wies jede Probeflechte eine äußerlich sichtbare Beeinträchtigung – offensichtlich durch sauer reagierende Abgase – auf. Vier Exemplare fielen in die Bewertungsstufe eins, drei in die Stufe zwei (weniger als 50% der Thallusfläche geschädigt)!

Nach 22 Monaten hatte sich der Zustand der Thalli von *Parmelia sulcata* an allen Standorten deutlich verschlechtert. Am Standort Erentrudisalm zeigten drei Exemplare die Bewertungsstufe eins. Am Standort Hellbrunner Allee lagen drei Thalli in der Bewertungsstufe eins und vier gehörten der Bewertungsstufe zwei an. Zwei Thalli waren unbeeinträchtigt und ein Thallus war durch mechanische Einwirkung zerstört. Am Standort Stadtfriedhof lagen jeweils zwei Thalli in den Schadstufen eins und zwei. Drei Thalli fielen in die schlechteste Stufe drei (mehr als 50% der Thallusfläche beeinträchtigt).

3.5. Die Entwicklung und Differenzierung einzelner Thalli und Loben von *Parmelia sulcata*

Die morphologische Differenzierung der Thalli nimmt im Laufe ihres Wachstums stetig zu (Abb. 1). Als Beispiele für die Entwicklung und Differenzierung der Thalli wurden zwei Exemplare vom Standort Erentrudisalm gewählt.

Die erste Form ist die „geschlossene“ Form, wie sie der Thallus Nr. 1 (Abb. 1) repräsentiert. Bei der geschlossenen Form schließen die Loben dicht aneinander, d. h. es entstehen randlich keine tiefen Buchten. Auf diese Weise kommt die äußere Umrißform der Thalli der Kreisform sehr nahe. Die Loben überlappen einander regelmäßig. Die zweite Form ist die „offene“ Form, wie sie der Thallus Nr. 2 repräsentiert (Abb. 2). Seine Loben schließen randlich nicht dicht aneinander, und es entstehen dadurch zum Teil sehr tiefe Buchten (Abb. 2). Die äußere Umrißform der „offenen“ Form ist oftmals nicht radiär. Diese Form entsteht wahrscheinlich z. T. dadurch, daß ein zeitweise einseitig gefördertes Wachstum der Loben auftritt (vgl. Abb. 3). Dieses kann einerseits durch die Konkurrenz mit anderen Flechten induziert werden. Andererseits können auch Fragmentationen des Thallus ausschlaggebend für die unregelmäßigen Umrißformen sein. Die morphologisch differenzierte Ausgestaltung der Umrißformen der Loben und der Gesamthalli nimmt bei beiden Formen ständig zu. Das Verhältnis Umfang : Fläche ist im Verlaufe des Wachstums ständig steigend. Zwischen 27. 7. 1985 und 21. 9. 1985, als es zu einer Abnahme der Thallusflächen kam, schritt trotzdem die Differenzierung der Loben weiter fort. Dies ist besonders gut beim Thallus Nr. 2 (Abb. 2) ersichtlich.

Die Loben behalten ihre räumliche Ausrichtung nicht starr bei, sondern sie können ihre Orientierung um gewisse – wenn auch geringe – Winkelbeträge verändern.

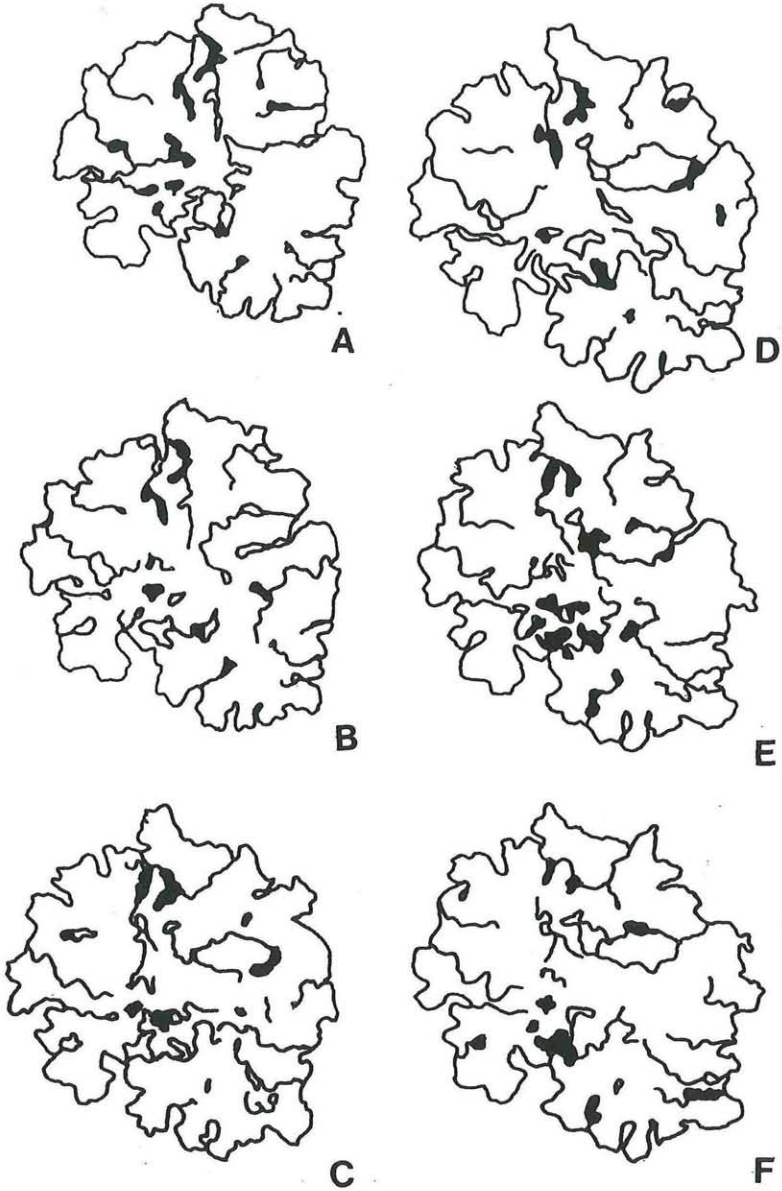


Abb. 1: Thallusdifferenzierung von *Parmelia sulcata* (Thallus Nr. 1; Erentrudisalm) zu den Probezeitpunkten: A: 15. 5. 1985; B: 27. 7. 1985; C: 21. 9. 1985; D: 16. 10. 1985; E: 7. 2. 1986; F: 16. 4. 1986.

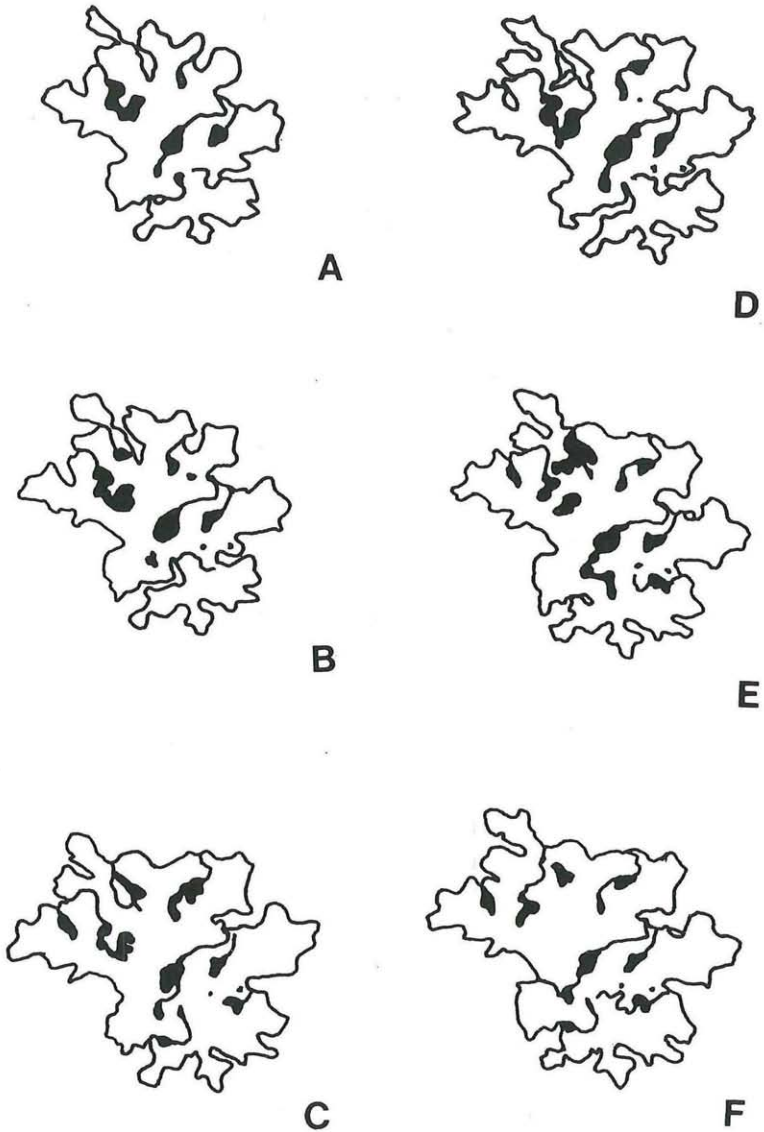


Abb. 2: Thallusdifferenzierung von *Parmelia sulcata* (Thallus Nr. 7; Erentrudisalm) zu den Probezeitpunkten: A: 15. 5. 1985; B: 27. 7. 1985; C: 21. 9. 1985; D: 16. 10. 1985; E: 7. 2. 1986; F: 16. 4. 1986.

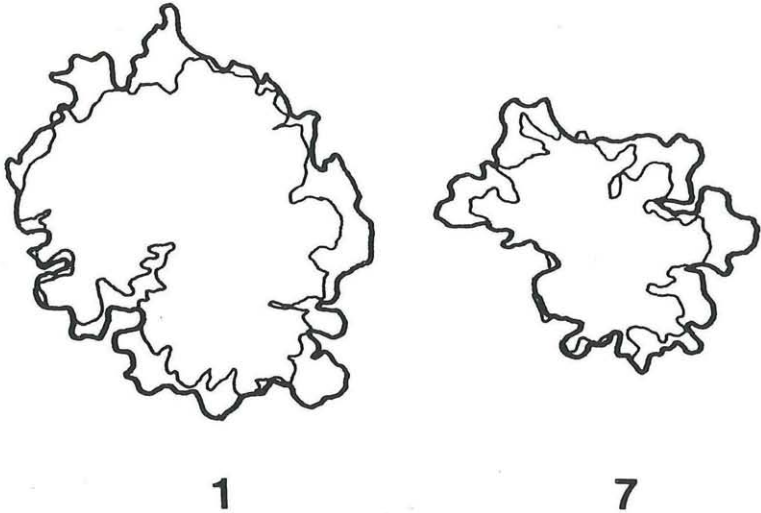


Abb. 3: Veränderung der Thallusumrisse zwischen 15. 5. 1985 (dünne Linie) und 16. 4. 1986 (dicke Linie) von *Parmelia sulcata* (Thalli Nr. 1 und Nr. 7; Eretrudisalm).

4. Diskussion

Die Wachstumsraten der Flechte *Parmelia sulcata* zeigten an den einzelnen untersuchten Standorten unterschiedliche Tendenzen: Am höchstgelegenen Standort Eretrudis-Alm (775 NN) wies sie die größten durchschnittlichen Zuwachsraten auf, die im allgemeinen um ca. 30% höher waren als an den im Tal (430 NN) gelegenen Standorten Hellbrunner Allee und Stadtfriedhof. Dies ist einerseits auf die durch die Höhenlage bedingten günstigeren klimatischen Verhältnisse (relative Luftfeuchtigkeit, Niederschlagsraten, günstigere Temperaturfolgen) und andererseits auf die geringere Belastung der Atmosphäre mit Schadstoffen zurückzuführen. Auf diesen Umstand weist auch die geringere äußerlich sichtbare Schädigung der Flechtenthalli hin.

Obwohl alle Flechten unabhängig von den Standorten dasselbe Zeitmuster in ihrem Wachstum aufwiesen, waren die Wachstumsraten der einzelnen Exemplare verschieden. Unabhängig von den Wachstumsbedingungen an den einzelnen Standorten erreichten einerseits Flechtenpaare von anfänglich annähernd gleicher Größe oftmals stark unterschiedliche Zuwachsraten. Auf der anderen Seite wiesen manche Exemplare trotz unterschiedlicher Ausgangsgröße annähernd gleiche Zuwachsraten auf.

Die jährlichen radialen Zuwachsraten lagen im Bereich jener Werte, wie sie auch von anderen Autoren gefunden wurden. So fanden z. B. BESCHEL 1958 für *Parmelia sulcata* jährliche Zuwachsraten zwischen 0,75 und 3,5 mm, DEGELIUS 1964 rund 2,22 mm und BRODO 1965 0,91–1,91 mm.

Schon lange ist bekannt, daß das Wachstum der Flechten saisonale Unterschiede aufweist, die auf klimatische Schwankungen zurückzuführen sind (RYDZAK 1961, PHILLIPS 1963, HALE 1970). Den größten Einfluß hat in Gebieten, die nicht von Immissionen belastet sind, die Verfügbarkeit von Wasser in Form von Niederschlägen, Tau oder Nebel auf die Flechten. So konnte ARMSTRONG 1973 anhand einer Untersuchung an den beiden foliosen Species *Parmelia glabratula* und *P. fuliginosa* zeigen, daß die Wachstumsgipfel dieser Flechten mit den größten Niederschlagsmengen im Jahr korrespondierten. Er fand in seiner Studie drei saisonale Wachstumsgipfel. Ein Gipfel lag im Juni, einer im November und ein dritter, etwas kleinerer, am Beginn des Jahres.

In der vorliegenden Studie konnte nur ein jährlicher Wachstumsgipfel der Flechtenthalli festgestellt werden. Dieser fiel jedoch zeitlich nicht mit der größten durchschnittlichen Niederschlagsmenge des Jahres zusammen, sondern es kam während der Zeit mit den größten Niederschlagsmengen in auffälliger Weise zu einer Abnahme der Thallusflächen.

Eine Abnahme der Thallusflächen wurde offensichtlich auch von anderen Autoren gemessen. So ist z. B. den von RYDZAK (1961) veröffentlichten Diagrammen über den jährlichen Zuwachs epiphytischer Flechten eine Schrumpfung der untersuchten Thalli zu entnehmen. Diese Verminderung der Thallusgröße ist ähnlich dem auch in vorliegender Studie gefundenen Fall: Eine einmalige Schrumpfung von einzelnen Exemplaren wurde im Verlauf des Jahres nicht kompensiert und die ursprüngliche Größe nicht wieder erreicht. Ein ähnliches Wachstumsverhalten ist einer Tabelle der Arbeit von MOXHAM 1981 über die Wachstumsraten von *Xanthoria parietina* zu entnehmen. In diesem Falle wiesen einzelne Thalli sogar mehrmals im Jahr Schrumpfungen auf. Ein derartiger Verlauf konnte in einigen Fällen auch an Exemplaren in der vorliegenden Untersuchung gefunden werden. MOXHAM 1981 ließ aber bei der Auswertung ihrer Messungen diese Verlustraten (bis zu 28 mm²) unberücksichtigt.

Es stellt sich nun die Frage, wie es in einer Zeit sehr hoher Niederschläge zu einer Schrumpfung der Thalli kommen konnte, da offensichtlich die Verfügbarkeit von Wasser einen sehr großen Einfluß auf das Wachstumsvermögen der Flechten ausübt. Ein gesteigertes Wasserangebot erhöht nur solange die photosynthetische CO₂-Aufnahmerate und damit das Wachstum, als eine bestimmte Sättigungsgrenze des Wassergehaltes der Thalli nicht überschritten wird. Bei einer vollständigen Sättigung der Thalli mit tropfbar flüssigem Wasser kommt es zu einer starken Verminderung der Photosyntheserate (vgl. COXSON & al. 1983). Wenn ein trockener Thallus benetzt und völlig gesättigt wird, kommt es zunächst zu einem Verlust an Kohlehydraten, der normalerweise aber durch die folgende Assimilation wieder wettgemacht wird. Wenn jedoch nach dieser Phase eine rasche Austrocknung der Thalli erfolgt, wird ein Nettoverlust an Kohlehydraten zu verzeichnen sein. Die optimale Photosyntheseleistung wird von den Thalli

also nicht im maximalen Hydrationszustand erbracht, sondern, je nach Species, bei einer Sättigung von 50–80% (COXSON & al. 1983).

Mögliche Gründe für die Abnahme der Thallusflächen könnten sein:

1. Die starke Belaubung während dieser Zeit (Vegetationsperiode) könnte durch die daraus folgende Beschattung die Photosyntheserate verringert haben.
2. Durch die hohen Niederschlagsmengen könnten trockene Depositionen von Schadstoffen an der Borke plötzlich und in hohen Konzentrationen aktiviert worden sein.
3. Zu dieser Zeit war bei einem Monatsmittelwert der Temperatur von 13° C für den Monat September der Beginn der Heizperiode anzusetzen, was zu einem plötzlichen Anstieg der Immissionswerte führte.
4. Die plötzlich sinkenden Temperaturen könnten zu einer Kontraktion der Hyphen geführt haben.

Auffallend dabei ist, daß die Differenzierung der Thalli auch während Zeiten der Schrumpfung nicht eingeschränkt war, sondern weiter fortschritt oder in einigen Fällen stagnierte. Die Weiterdifferenzierung der Loben schien jeweils von vorher angelegten „Knospen“ d. i. kleinen Höckern am Lobus auszugehen. An den Thalli lassen sich jeweils Zonen mit gefördertem Wachstum von Zonen mit unterdrücktem Wachstum unterscheiden (siehe Abb. 3).

Die Steuerung dafür dürfte von exogenen Faktoren abhängig sein. Als solche sind die Konkurrenz mit anderen Flechten bzw. anderen Epiphyten denkbar. Auch Fragmentationen der Thalli führen zu einer Verminderung der Wuchsleistung der betroffenen Loben, wie die vorliegenden Untersuchungen zeigen. Denn es konnte beobachtet werden, daß nach dem Abbrechen eines Lobenendes das Flächenwachstum an der Bruchstelle in weiterer Folge stark reduziert war. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß die nun distale Zone einem ursprünglich weiter innen gelegenen Teil des Thallus angehörte, wo offensichtlich das Dickenwachstum mehr gefördert ist.

5. Danksagung

Wir danken Herrn Dr. W. RUETZ (Teisendorf, Deutschland) für die Korrektur der englischen Zusammenfassung.

6. Literatur

- ARMSTRONG R. A. 1973. Seasonal growth and growth-rate colony size relationships of six species of saxicolous lichens. – *New Phytologist* 72: 1023–1030.
- BESCHEL R. 1958. Flechtenvereine der Städte, Stadtflechten und ihr Wachstum. – *Ber. naturwiss.-med. Ver. Innsbruck* 52, 156 pp.
- BRODO I. M. 1961. Transplant experiments with coritcolous lichens using new technique. – *Ecology* 42: 838–841.

- COXSON D. S., BROWN D. & KERSHAW K. A. 1983. The interaction between CO₂ diffusion and the degree of thallus hydration in lichens: some further comments. – *New Phytologist* 93: 247–260.
- DEGELIUS G. 1964. Biological studies of epiphytic vegetation on twigs of *Fraxinus excelsior*. – *Acta Horti Gotoburg.* 27: 11–55.
- HALE M. E. 1970. Single-lobe growth-rate patterns in the lichen *Parmelia caperata*. – *Bryologist* 73: 72–81.
- HOOKE T. N. & BROWN D. H. 1977. A photographic method for accurately measuring the growth of crustose and foliose saxicolous lichens. – *Lichenologist* 9: 65–75.
- MOXHAM T. H. 1981. Growth rates of *Xanthoria parietina* and their relationship to substrat texture. – *Cryptogamie, Bryol. Lichenol.* 2: 171–180.
- PHILLIPS H. C. 1963. Growth rate of *Parmelia isidiosa* (MÜLL. ARG.) HALE. – *Journal Tennessee Academy Sci.* 38: 95–96.
- RYDZAK J. 1961. Investigations on the growth rates of lichens. – *Annales Universitatis Mariae Curie-Sklodowska Section C*, 16, 1–15.
- SNELGAR W. P. & GREEN T. G. A. 1982. Growth rates of *Stictaceae* Lichens in New Zealand Beech Forests. – *The Bryologist* 3: 301–306.
- TÜRK R., WIRTH V., LANGE O. L. 1974. CO₂-Gaswechsel-Untersuchungen zur SO₂-Resistenz von Flechten. – *Oecologia (Berl.)* 15: 33–64.

Phyton (Horn, Austria) 31 (1): 95–96 (1991)

Recensio

HAUSEN Björn M., unter Mitarbeit von **NOTHDURFT H.** 1988. **Allergiepflanzen – Pflanzenallergene.** Handbuch und Atlas der allergieinduzierenden Wild- und Kulturpflanzen. – Teil 1. Kontaktallergene. – Gr. 8°, VIII + 331 Seiten, 169 Abbildungen (farbig); geb. – Ecomed Verlag Landsberg/München. – ISBN 3-609-64080-4.

Im Vorwort und im ersten Kapitel wendet sich der Autor gegen den bei Laien häufigen Glauben, daß Pflanzenprodukte alle „gesund“ und „ungefährlich“ etc. seien

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1990/91

Band/Volume: [31_1](#)

Autor(en)/Author(s): Polonyi Sven, Türk Roman

Artikel/Article: [Wachstum und Lobendifferenzierung der Blattflechte Parmelia sulcata. 81-95](#)