

Natur und Heimat

Floristische, faunistische und ökologische Berichte

Herausgeber

Westfälisches Museum für Naturkunde, Münster

– Landschaftsverband Westfalen-Lippe –

Schriftleitung: Dr. Brunhild Gries

60. Jahrgang

2000

Heft 3

Untersuchungen zur epiphytischen Flechtenflora ausgewählter Stadtbiotope der Stadt Münster, Westfalen

Henning Möller u. Fred J.A. Daniels, Münster

Summary: The epiphytic lichen flora of 10 different urban biotope types was investigated in the town of Münster, Westfalen, Germany. 44 species were recorded. In comparison with the situation for about 10 years ago, only a few additional species could be recorded. However frequency of almost all species strongly increased. The average number of lichen species per tree amounts 8,6 now. In 1988 and 1995 these numbers were respectively 1,5 and 3,5. The biotope types differ in lichen floras. Well vegetated („green“) biotypes appear to have a comparatively rich epiphytic lichen flora and vegetation.

I Einführung

Die Flora der Stadt unterscheidet sich stark von der ihres Umlandes (u.a. DANIELS 1999). Vor allem epiphytische Flechten kommen relativ wenig vor, weil sie insbesondere für Luftschadstoffe (besonders SO₂) sehr empfindlich sind. Auch das trockenere Stadtklima wirkt sich negativ aus (BARKMAN 1958).

Viele westeuropäische Städte erwiesen sich in den 1950er bis 70er Jahren als „Flechtenwüsten“. Auch die Flechtenflora der münsteraner Innenstadt war extrem artenarm (RUNGE 1975, VERHEYEN et al. 1988). Seit einigen Jahren läßt sich jedoch im Zuge einer verbesserten Luftqualität insbesondere in Städten, auch in Münster, eine „Relichenisierung“ beobachten. Die epilithische Flechtenflora Münsters wurde von HOCKE & DANIELS (1993) untersucht und mit 65 Arten beschrieben. Auch bei den epiphytischen Flechten konnte SAAL (1995) eine Zunahme der Besiedlung, vor allem im Innenstadtbereich, feststellen.

Über die Flechtenbesiedlung der unterschiedlichen Stadtbiotope Münsters lagen bis jetzt keine systematischen Untersuchungen vor. In diesem Beitrag soll ermittelt werden, welche Stadtbiotope für eine Besiedlung mit Flechten besonders attraktiv sind und wo einzelne Flechtenarten Verbreitungsschwerpunkte besitzen. Darüber hinaus

werden die Veränderungen der epiphytischen Flechtenflora seit den achtziger Jahren erörtert.

II Die ausgewählten Stadtbiotop

Das Untersuchungsgebiet beschränkt sich auf den Innenstadtbereich der Stadt Münster. Dieser dicht besiedelte Raum besitzt durch unterschiedliche Bebauungstypen, Verkehrswege und Grünflächen eine vielfältige Struktur, welche sich auch auf die Verbreitung der Flechten auswirkt (BESCHEL 1958, WITTIG 1991). Zehn repräsentative Stadtbiotop (Abb. 1, Tab. 1) wurden für die Kartierung der Flechten ausgewählt. Neben allgemeinen Kriterien dieser, in jeder Stadt zu findenden Stadtbiotop wird im folgenden auch auf Besonderheiten der speziell für diese Untersuchung ausgewählten Stadtbiotop (Aufnahmegebiete) in Münster eingegangen.

1. Schloß-/ Burgpark (Aufnahmegebiet Schloßpark)

Dieser Stadtbiotop weist eine sehr geringe Versiegelung und ein günstiges Mikroklima mit hoher Luftfeuchtigkeit auf. Im untersuchten Aufnahmegebiet Schloßpark wird die hohe Luftfeuchtigkeit durch die Wasserfläche des umgebenden Schloßgrabens zusätzlich erhöht. Der dichte Baumbestand bewirkt in diesem Gebiet waldähnliche, d.h. relativ dunkle Lichtverhältnisse.

2. Parkfriedhöfe (Aufnahmegebiet Zentralfriedhof)

Auch für diesen Stadtbiotop ist ein hoher Baumbestand gestaltgebend. Eine relativ geringe Baumdichte bewirkt etwas hellere Lichtverhältnisse (vgl. SUKOPP & WITTIG 1993). Generell ist dieser Stadtbiotop durch einen niedrigen Anteil an direkt vor Ort entstehenden Emissionen gekennzeichnet, was auch bei dem hier untersuchten Zentralfriedhof der Fall ist. Die Flächen sind nur gering versiegelt.

3. Intensiv gepflegte öffentliche Grünanlagen und Parkflächen (Aufnahmegebiet Aasee)

In diesem Stadtbiotop dominieren intensiv gepflegte Scherrasen mit Baumgruppen und Ziersträuchern. Durch die offenen Flächen sind die Lichtverhältnisse als hell einzustufen. Das Aufnahmegebiet Aasee ist in besonderer Weise durch die westliche Lage in der Stadt und durch eine Frischluftschneise gekennzeichnet (vorherrschender Westwind). Daher beeinflussen stadteigene Emissionen dieses Gebiet nur in geringem Maß (STADT MÜNSTER 1992).

4. Einzelhausbebauung mit parkartigen Gärten (Aufnahmegebiet Sentruper Höhe)

Dieser Stadtbiotop unterscheidet sich von den übrigen Biotopen der Baugebietsflächen durch seinen hohen Grünanteil. Dementsprechend ist die Versiegelung hier gering und die Luftfeuchtigkeit relativ hoch. Für das Gebiet Sentruper Höhe spielt außerdem die Lage im Westen der Innenstadt eine Rolle, da so stadteigene Emissionen durch den vorherrschenden Westwind ferngehalten werden.

5. Geschlossene Blockrandbebauung (Aufnahmegebiet Kreuzviertel)

Charakteristisch für diesen Stadtbiotop ist die mehrgeschossige, lückenlose Bebau-

ung, welche oft wenig Licht in die Straßenschluchten dringen läßt. Die Straßenseite dieses Biotops ist im Gegensatz zu den Innenhöfen stark versiegelt und meist nur durch offene Baumscheiben aufgelockert. Im Kreuzviertel macht sich zudem die Lage im nördlichen Innenstadtbereich bemerkbar, da hier hohe Schadstoffemissionen vorliegen (STADT MÜNSTER 1992).

6. Moderne Innenstadt (Aufnahmegebiet City)

Dieses ist der Stadtbiotop mit dem geringsten Grünanteil und dem höchsten Versiegelungsgrad (vgl. SUKOPP & WITTIG 1993). Durch die Lage im Zentrum der Stadt macht sich hier die innerstädtische Erwärmung besonders stark bemerkbar. Verbunden mit einer geringen Luftfeuchtigkeit und einer hohen Schadstoffbelastung ist das Mikroklima für einen Epiphytenbewuchs hier als eher ungünstig einzustufen (vgl. WITTIG

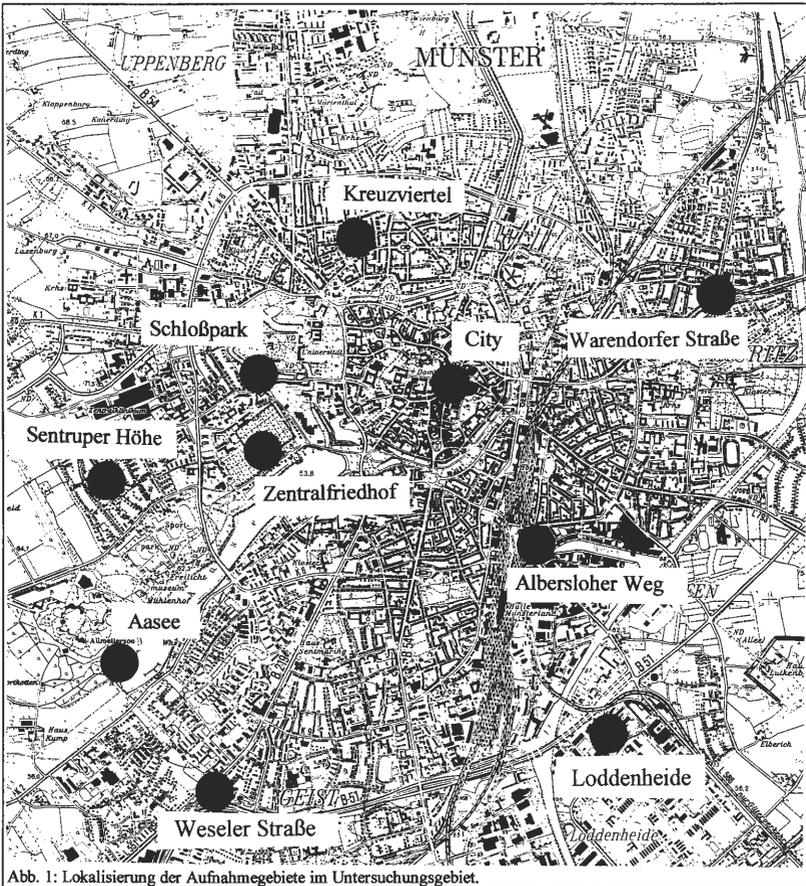


Abb. 1: Lokalisierung der Aufnahmegebiete im Untersuchungsgebiet.

1991). Zum Gebiet der City von Münster ist allerdings anzumerken, dass große Teile des Aufnahmegebietes für den Kfz-Verkehr gesperrt sind und Verkehrsemissionen sich folglich nur zum Teil bemerkbar machen.

Tab. 1: Liste der untersuchten Stadtbiotope.

Nr.	Gruppierung	Stadtbiotop	Aufnahmegebiet	Abk.
1	Grün- flächen	Schloß-/ Burgpark	Schloßpark	Schl
2		Parkfriedhöfe	Zentralfriedhof	Zenf
3		Intensiv gepflegte öffentliche Grünanlagen u. Parkflächen	Aasee	Aas
4	Baugebiets- flächen	Einzelhausbebauung mit parkartigen Gärten	Sentruper Höhe	Sentr
5		Geschlossene Blockrandbebauung	Kreuzviertel	Kreuz
6		Moderne Innenstadt	City	City
7	Verkehrs- flächen	Durchgangsstraßen mit Begleitgrün	Warendorfer Str.	Ward
8		Autobahnähnliche Straßen mit Mittelstreifen	Weseler Straße	Wesl
9	Gewerbe- flächen	Gering versiegelte Gewerbeflächen	Loddenheide	Lodh
10		Stark versiegelte Gewerbeflächen	Albersloher Weg	Albw

7. Durchgangsstraßen mit Begleitgrün (Aufnahmegebiet Warendorfer Straße)

Wie bei allen Stadtbiotopen der Verkehrsflächen stellen die Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs auch hier einen bedeutenden Standortfaktor dar. Trotz hoher Versiegelungsgrade sind die Randbereiche oft mit einem unversiegelten Grünstreifen versehen. Im Aufnahmegebiet Warendorfer Straße ist der Grünanteil etwas erhöht, da angrenzende Parkplatzflächen mit ihrem Baumbestand bei der Kartierung mit einbezogen wurden.

8. Autobahnähnliche Straßen mit Mittelstreifen (Aufnahmegebiet Weseler Straße)

Dieser Biotyp zeichnet sich durch einen hohen Versiegelungsgrad aus, welcher eine starke Erwärmung der Luft und eine niedrige Luftfeuchtigkeit zur Folge hat. Die Schadstoffbelastung in solchen Gebieten ist aufgrund der Emissionen des Straßenverkehrs hoch. Das Aufnahmegebiet Weseler Straße ist im Südwesten der Innenstadt gelegen, wodurch die Zufuhr von relativ frischer Luft gewährleistet wird.

9. Gering versiegelte Gewerbeflächen (Aufnahmegebiet Loddenheide)

Dieser Stadtbiotop umfaßt stark versiegelte Parkplatz-, Wege- und Gebäudeflächen mit hohem Anteil an extensiv gepflegten Grünflächen. Im Allgemeinen ist die Schadstoffbelastung solcher Gebiete sehr hoch. Bei dem Aufnahmegebiet Loddenheide handelt es sich um einen sehr hellen Standort, welcher aufgrund der Stadtrandlage schneller abkühlt.

10. Stark versiegelte Gewerbeflächen (Aufnahmegebiet Albersloher Weg)

Derartige Flächen zeichnen sich durch eine hohe Immissionsbelastung und einen sehr

geringen Grünflächenanteil aus. Folglich erwärmt sich dieser Stadtbiotop stark, die Luftfeuchtigkeit bleibt relativ niedrig. In das Aufnahmegebiet Albersloher Weg wurden auch benachbarte Straßen- und Parkplatzflächen einbezogen.

III Methoden

Für jeden Stadtbiotop wurde ein repräsentativer Bereich mit mindestens 50 gleichmäßig über das Gebiet verteilten Bäumen festgelegt. Die zehn flechtenreichsten Bäume in diesem Bereich wurden im Sommer 1998 untersucht. Jeder zu kartierende Baum hatte mindestens 50 cm Stammumfang, einen geraden Wuchs und keine größeren Beschädigungen an der Borke. Als Aufnahmefläche diente die gesamte Stammoberfläche eines Baumes von der Basis bis zu einer Höhe von 200 cm. Alle Flechtenarten wurden bezüglich ihrer Häufigkeit und Deckung beurteilt.

Zur Ermittlung der Daten für den zeitlichen Vergleich der Flechtenflora mit den Ergebnissen älterer Untersuchungen (VERHEYEN et al. 1988, SAAL 1995) wurde eine andere Aufnahmemethode verwandt. Dazu wurde mittels einer „Kartierleiter“ die aufzunehmende Fläche (20 x 100 cm) an den Bäumen begrenzt. Die Kartierleiter wurde immer in der Höhe von 80 bis 180 cm an der flechtenreichsten Seite des Baumstammes angebracht und nur die Flechten innerhalb des von der Kartierleiter umgrenzten Bereichs aufgenommen.

Die Nomenklatur der Flechtenarten richtet sich nach WIRTH (1995), bei der Gattung *Cladonia* nach PURVIS et al. 1992).

IV Ergebnisse und Diskussion

1. Artenzahlen der untersuchten Stadtbiotope

Im gesamten Untersuchungsgebiet konnten 44 Flechtenarten registriert werden. Davon traten 7 Arten in allen bearbeiteten Stadtbiotopen auf, während 3 Arten mit jeweils nur einem Exemplar belegt sind. *Physcia tenella* kommt an jedem untersuchten Baum vor und ist die häufigste Art. Ebenfalls sehr häufig sind *Phaeophyscia orbicularis*, *Buellia punctata*, *Xanthoria polycarpa* und *Parmelia sulcata*. Als Besonderheit kann die Bartflechte *Usnea* cf. *filipendula* angesehen werden, welche in den Aufnahmegebieten Sentruper Höhe und Aasee mit drei Exemplaren gefunden wurde.

Die höchste Artenvielfalt wurde im Aufnahmegebiet Sentruper Höhe erreicht (Tab. 2). Mit 30 Arten war sie noch etwas höher als im ebenfalls artenreichen Gebiet Zentralfriedhof (28 Arten). Die artenärmsten Gebiete stellten der Schloßpark (17 Arten) und die City (20 Arten) dar. Auch bei der Artenzahl pro Baum erweist sich die Sentruper Höhe mit durchschnittlich 14,5 Arten pro Baum als das artenreichste Aufnahmegebiet. Da die Sentruper Höhe unter den Baugebietsflächen den höchsten Grünanteil besitzt und die beiden anderen flechtenreichen Gebiete (Zentralfriedhof und Aasee) Grünflächen sind, scheint sich ein hoher Grünanteil vorteilhaft auf den Flechtenbewuchs auszuwirken. Im Gebiet Schloßpark läßt sich dieses jedoch nicht bestätigen. Hier

Nr. Flechtenart	Vorkommen in Stadt- biotopen	Vorkom- men an Bäumen	Häufigkeitsindex (Vork. Stadtbiot.x Vork. Baum)	Häufig- keit	Vorkommen an untersuchten Bäumen in Stadtbiotopen									
					Schl	Zenf	Aas	Sentr	Kreuz	City	Ward	Wesl	Lodh	Albw
1 <i>Physcia tenella</i>	10	100	1000	sh	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
2 <i>Phaeophyscia orbicularis</i>	10	82	820	sh	6	5	7	7	10	10	10	10	10	7
3 <i>Buellia punctata</i>	10	75	750	sh	5	8	10	8	9	7	6	10	9	3
4 <i>Xanthoria polycarpa</i>	10	75	750	sh	6	8	9	5	7	4	10	10	9	7
5 <i>Parmelia sulcata</i>	10	70	700	sh	10	7	9	10	7	8	6	5	3	5
6 <i>Physcia adscendens</i>	9	54	486	h	4	3	10	8	7	3	5	5	9	
7 <i>Parmelia glabratula</i>	9	51	459	h	10	6	10	7	6	5	2	3	2	
8 <i>Xanthoria parietina</i>	10	44	440	h	1	1	5	2	4	2	4	9	10	6
9 <i>Hypogymnia physodes</i>	10	43	430	h	3	7	7	9	3	5	4	3	1	1
10 <i>Physcia caesia</i>	9	43	387	h		3	5	6	6	1	6	6	5	5
11 <i>Evernia prunastri</i>	8	46	368	h	8	6	8	9	5	5		3		2
12 <i>Candelariella reflexa</i>	9	36	324	h	2	2	5	9	8	3	3	3		1
13 <i>Phaeophyscia nigricans</i>	9	36	324	h		1	2	1	9	4	6	4	6	3
14 <i>Xanthoria candelaria</i>	9	33	297	h	3	4	6	2	3		5	4	2	4
15 <i>Parmelia subrudecta</i>	9	24	216	v	6	2	3	4	4	1	1	2	1	
16 <i>Lecanora dispersa</i>	8	25	200	v			1	2	2	3	2	4	8	3
17 <i>Lecanora saligna</i>	8	23	184	v		1	1	6		2	2	4	4	3
18 <i>Strangospora pinicola</i>	9	19	171	v		1	3	4	1	4	3	1	1	1
19 <i>Lecanora conizaeoides</i>	7	21	147	v	1	8	1	5		2			2	2
20 <i>Physcia dubia</i>	7	21	147	v				3	5	2		5	3	2
21 <i>Lepraria incana</i>	5	25	125	v	8	7	1	8		1				
22 <i>Lecanora expallens</i>	5	12	60	wv	4	2		3	1			2		
23 <i>Rinodina gennarii</i>	4	12	48	wv				1				1	5	5
24 <i>Candelariella aurella</i>	3	12	36	wv								1	5	6
25 <i>Lecanora muralis</i>	5	6	30	wv		1		1	1		1			2
26 <i>Cladonia coniocraea</i>	3	9	27	wv	1	3		5						
27 <i>Candelariella vitellina</i>	3	8	24	wv				1			5		2	

Tab. 2: Vorkommen der Flechtenarten in den Stadtbiotopen.
sh: sehr häufig; h: häufig; v: verbreitet; wv: wenig verbreitet; s: selten.

28	<i>Parmelia caperata</i>	3	7	21	wv	1	3	3									
29	<i>Lecanora hagenii</i>	2	10	20	wv							5	5				
30	<i>Caloplaca holocarpa</i>	2	8	16	wv								7	1			
31	<i>Candelariella xanthostigma</i>	3	5	15	wv		2		1			2					
32	<i>Cladonia chlorophaea</i>	2	4	8	s	2		2									
33	<i>Hypocenomyce scalaris</i>	1	6	6	s	6											
34	<i>Candelaria concolor</i>	2	2	4	s			1				1					
35	<i>Lecanora chlarotera</i>	2	2	4	s	1						1					
36	<i>Parmelia exasperatula</i>	2	2	4	s					1			1				
37	<i>Usnea cf. filipendula</i>	2	2	4	s		1	1									
38	<i>Lecanora symmicta</i>	1	2	2	s							2					
39	<i>Physcia stellaris</i>	1	2	2	s		2										
40	<i>Opegrapha varia</i>	1	2	2	s	2											
41	<i>Caloplaca citrina</i>	1	1	1	s											1	
42	<i>Parmelia acetabulum</i>	1	1	1	s				1								
43	<i>Physconia distorta</i>	1	1	1	s		1										
44	<i>Physconia grisea</i>	1	1	1	s	1											
Artenzahl absolut						17	28	26	30	22	20	22	26	24	21		
durchschnittliche Artenzahl pro Baum						8,5	12	12	14,5	10,5	8	10	11	11	8,5		

scheinen noch andere Faktoren, wie ungünstige Lichtverhältnisse, eine Rolle zu spielen.

Auch die Aufnahmegebiete Weseler Straße und Loddenheide besitzen eine relativ gut entwickelte Flechtenflora. Da der Grünanteil in diesen Gebieten deutlich niedriger ist als in den oben genannten, müssen hier andere Faktoren eine Förderung der Flechtenflora hervorrufen. Auch eine stärkere Luftbelastung dieser Verkehrs- und Gewerbeflächen wirkt sich offenbar nicht nachteilig auf die „Quantität“, wohl aber auf die „Qualität“ der Flechtenarten aus.

2. Verbreitung der Flechtenarten in den Stadtbiotopen

Die Verteilung der Arten über die einzelnen Aufnahmegebiete variiert stark (Tab. 2). Grosso Modo lassen sich drei Verbreitungstypen erkennen:

1. Eine erste Gruppe von Arten ist relativ gleichmäßig über das gesamte Untersuchungsgebiet verteilt. Auch Arten, die keine ausgesprochene Gleichmäßigkeit in ihrer Verbreitung besitzen, aber keine Schwerpunkte in bestimmten Stadtbiotopen bilden, werden hierzu gezählt. Typische Vertreter dieser Gruppe sind *Buellia punctata*, *Physcia tenella* oder *Xanthoria polycarpa*. Auch *Physcia adscendens* und *Xanthoria candelaria* können hierzu gezählt werden. Es handelt sich um toxitolerante Arten mit einer breiten ökologischen Amplitude (WIRTH 1995). Tendenziell sind diese Arten als neutrophytisch einzustufen und sie bevorzugen leicht eutrophierte Standorte. Allerdings sind sie in ihrer Verbreitung nicht auf solche Standorte angewiesen, so dass sie im gesamten Stadtgebiet günstige Bedingungen vorfinden.

2. Eine zweite Gruppe umfaßt die Flechtenarten mit Verbreitungsschwerpunkten in den Stadtbiotopen der Verkehrs- und Gewerbeflächen. Hierbei handelt es sich um stark toxitolerante Arten, die Eutrophierung ertragen und zum Teil nur auf eutrophierten Borken vorkommen. In erster Linie sind hier *Phaeophyscia orbicularis*, *P. nigricans*, *Xanthoria parietina* und *Lecanora dispersa* zu nennen.

Eine anthropogen-bedingte Erhöhung des pH-Wertes der Borken durch Eutrophierung ermöglicht diesen Arten eine Besiedlung von Substraten, die sonst für sie zu sauer wären. Dieses gilt in besonderem Maß für Flechten, die aufgrund starken Staubanfluges einen Substratwechsel von Gestein auf Borke vollziehen können (vgl. BRODO 1973; BARKMAN 1958). Im Untersuchungsgebiet zählen hierzu *Rinodina gennarii*, *Candelariella aurella* und *C. vitellina*. Ihre Verbreitung ist bis auf ein einzelnes Vorkommen von *Rinodina gennarii* und *Candelariella vitellina* in der Sentruper Höhe ausschließlich auf die Stadtbiotope der Verkehrs- und Gewerbeflächen beschränkt. Hier erreichen diese Arten eine starke Verbreitung mit einem Vorkommen in bis zu 60% aller Aufnahmen. Die deutliche Bevorzugung der Gewerbe- und Verkehrsflächen durch „Gesteinsflechten“ belegt, dass die Standortbedingungen hier einen Substratwechsel neutrophytischer Arten ermöglichen.

Die übrigen Flechten mit einem Verbreitungsschwerpunkt in den Verkehrs- und Gewerbegebieten sind auch in den meisten anderen Gebieten vertreten, jedoch in geringerem Umfang. So tritt die im Untersuchungsgebiet zweithäufigste Art, *Phaeophyscia orbicularis*, außer in den Gebieten mit einem hohen Grünanteil in jedem Stadtbiotop in allen Aufnahmen auf. Lediglich am Albersloher Weg liegt das Vorkommen auf

niedrigerem Niveau. Auch bei *Xanthoria parietina* ist eine Bevorzugung der Gewerbe- und Verkehrsflächen ausgeprägt. Bei diesen Flechten handelt es sich um eutrophierungstolerante Arten. Sie besitzen in solchen Gebieten eine höhere Konkurrenzfähigkeit und sind hier somit auch stärker verbreitet. Eine Ausbreitung nitrophytischer Flechtenarten ist seit Mitte der 1980er Jahre allgemein zu beobachten. DE BAKKER (1989) wies eine Förderung dieser Arten durch eutrophierende Einflüsse in landwirtschaftlichen Gebieten nach, auch WIRTH (1985) beschreibt die Ausbreitung eutrophierungstoleranter Arten. Diesbezüglich spielt die sinkende SO₂-Belastung eine Rolle, da nun die immer noch hohen N-Immissionen als ausschlaggebender Faktor für die Besiedlung fungieren (VAN DOBBEN 1993).

3. Für eine dritte Gruppe von Flechten läßt sich der Verbreitungsschwerpunkt in den Biotopen der Grünflächen und in der Sentrupe Höhe ausmachen. Aufgrund der Artenzusammensetzung mit *Evernia prunastri*, *Parmelia glabrata*, *P. subrudecta*, *Hypogymnia physodes*, *Lepraria incana* und *Lecanora conizaeoides* kann diese Gruppe als acidophytisch eingestuft werden (WIRTH 1992). Auch die wenigen Vorkommen von *Parmelia caperata*, *Hypocomyce scalaris*, *Usnea cf. filipendula* und der beiden im Untersuchungsgebiet vertretenen *Cladonia*-Arten sind auf diese Gebiete beschränkt. Die Verbreitung von *Parmelia sulcata* ist ähnlich, jedoch erreicht sie auch in den übrigen Gebieten ein hohes Vorkommen. Hierbei scheint sich ihre höhere Toleranz gegenüber nährstoffreichen und stärker belasteten Standorten (PURVIS et al. 1992; WIRTH 1995) zu bestätigen.

Tab. 3: Anzahl der untersuchten Baumarten in den Stadtbiotopen.

Baumart	Durchschnittliche Anzahl der Flechtenarten	Anzahl der Baumarten										
		Schl	Zenf	Aas	Sentr	Kreuz	City	Ward	Wesl	Lodh	Albw	Summe
<i>Tilia cordata</i>	10,4	10	7		3		6		2	5		33
<i>Acer platanoides</i>	10,8			2				7		2	5	16
<i>Robinia pseudoacacia</i>	9,5					8	4	3				15
<i>Acer pseudoplatanus</i>	13,0		1						4	1	1	7
<i>Crataegus monogyna</i>	16,0				6							6
<i>Quercus robur</i>	8,7			2					3		1	6
<i>Populus nigra</i>	10,3			2					1	1		4
<i>Betula pendula</i>	11,0		2		1							3
<i>Fraxinus excelsior</i>	15,0			2								2
<i>Tilia platyphyllos</i>	8,5										2	2
<i>Salix alba</i>	13,0			1								1
<i>Catalpa bignonioides</i>	11,0			1								1
<i>Carpinus betulus</i>	10,0									1		1
<i>Corylus avellana</i>	10,0					1						1
<i>Pyrus communis</i>	6,0					1						1
<i>Acer campestre</i>	2,0										1	1
												100

Diese Gruppenzuordnung ermöglicht eine Einschätzung der Verbreitungsmuster der Flechtenarten und verdeutlicht qualitative Unterschiede zwischen den Stadtbiotopen. Allerdings ist in diesem Zusammenhang auch der Baumbesatz der einzelnen Stadtbiotope zu berücksichtigen. Aufgrund der artspezifischen Substrateigenschaften der Baumrinden wird die Flechtenflora eines Aufnahmegebietes u.a. auch durch den Baumbesatz beeinflusst (BARKMAN 1958). Wie aus Tab. 3 ersichtlich, weist die Flechtenartenzahl pro Baum bei den einzelnen Baumarten große Unterschiede auf. *Crataegus monogyna* besitzt durchschnittlich die meisten Arten (16). Andere stark besiedelte Baumarten sind *Fraxinus excelsior* (15), *Acer pseudoplatanus* (13), *A. platanoides* (10,8) und *Tilia cordata* (10,4). Leider konnten nicht in allen Stadtbiotopen dieselben Baumarten untersucht werden. Da in fast allen Aufnahmegebieten (außer Schloßpark) mehrere Baumarten kartiert wurden, decken sich die untersuchten Baumarten jedoch zu großen Teilen, zumal nur drei Baumarten 64% der untersuchten Bäume stellten (Tab. 3). Die Einflüsse der Baumarten auf die Ergebnisse lassen sich somit nicht vollständig ausschließen, wobei der große Anteil der drei häufigsten Baumarten und die Streuung der Arten in den Stadtbiotopen die Einflüsse relativieren.

3. Zeigerwerte der Flechten

In Abb. 2 sind für verschiedene Kategorien die Zeigerwerte der Flechtenarten nach WIRTH (1992) in jedem Stadtbiotop dargestellt.

Es zeigt sich, dass einerseits die Verkehrs- und Gewerbeflächen und andererseits die Grünflächen und die Sentruper Höhe auch ökologisch eine unterschiedliche Flechtenflora aufweisen. In den Stadtbiotopen der Verkehrs- und Gewerbeflächen dominieren neutrophytische Arten mit hohen Lichtansprüchen. Diese Standorte sind für die meisten Acidophyten offensichtlich nur schwer besiedelbar. Wahrscheinlich spielt hierbei eine pH-Wert-Erhöhung der Rinden durch den verkehrsbedingten Staubanflug eine entscheidende Rolle. Auch wachsen in den Verkehrs- und Gewerbeflächen nur wenige Arten mit geringen Nährstoffansprüchen.

Der Schloßpark ist besonders durch Flechten mit geringen Licht- und Nährstoffansprüchen gekennzeichnet. Ausgesprochene Nitro- und Neutrophyten kommen hier nicht vor, wohl dagegen viele Acidophyten. Durch die Lage im Westen der Innenstadt (Frischlufzufuhr!) und die filternde Wirkung der dichten Vegetation ist dieser Stadtbiotop einer geringeren Eutrophierung ausgesetzt als die meisten anderen Aufnahmegebiete.

Aasee, Zentralfriedhof und Sentruper Höhe sind die einzigen Aufnahmegebiete, in denen Arten mit geringer Toxizität vorkommen. Auch hier dominieren Flechten mit geringen Nährstoffansprüchen. Insgesamt ist hier eine reiche Flechtenflora entwickelt, welche von einem großen Anteil an acidophytischen Arten bestimmt wird.

4. Veränderungen

Ein Vergleich mit den Ergebnissen der Untersuchungen von SAAL (1995) und VERHEYEN et al. (1988) erlaubt eine Bewertung der Entwicklung der epiphytischen Flechtenflora Münsters seit den 80er Jahren.

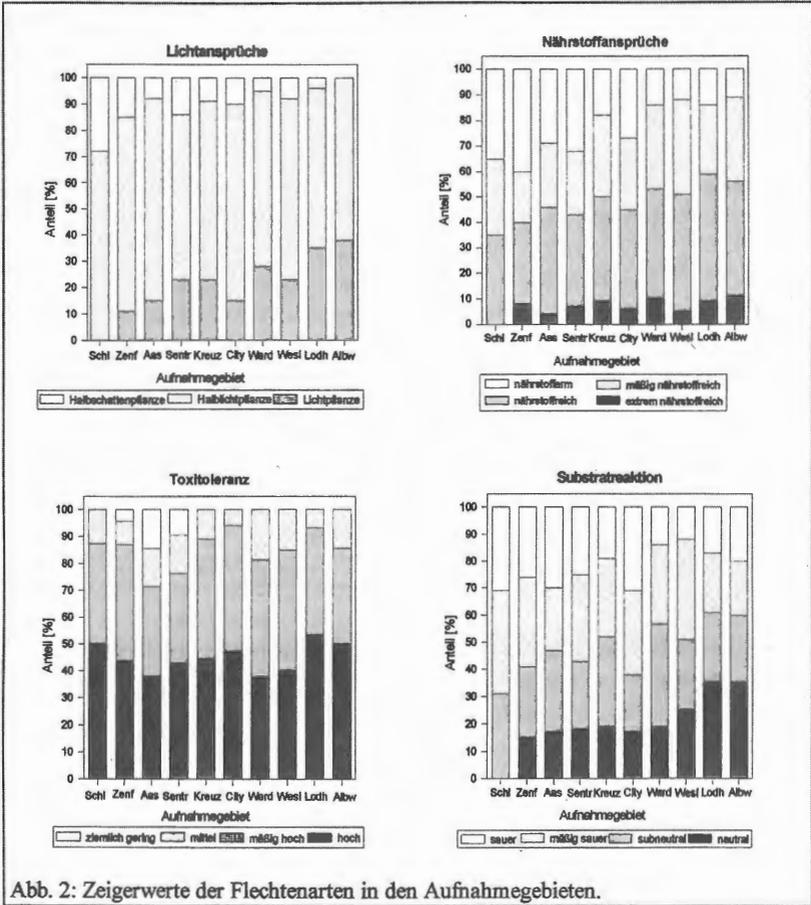


Abb. 2: Zeigerwerte der Flechtenarten in den Aufnahmegebieten.

Die Artenzahl hat sich in diesem Zeitraum nicht stark verändert: 1988 und 1995 wurden jeweils 42 Flechtenarten erfasst, wir fanden 44 Arten. Gegenüber den beiden älteren Untersuchungen wurden 7 Arten neu gefunden, 5 Arten konnten nicht mehr nachgewiesen werden. 37 Flechtenarten wurden während allen Untersuchungen registriert. Bei den nicht mehr oder neu verzeichneten Arten handelt es sich überwiegend um Einzelfunde bzw. um geringe Vorkommen.

Im Gegensatz zur Anzahl an Flechtenarten hat sich die Häufigkeit der meisten Arten stark vergrößert. Während in den 80er Jahren durchschnittlich 1,5 Arten pro Baum registriert wurden und SAAL (1995) 3,5 Arten pro Baum nachwies, konnten in dieser Untersuchung durchschnittlich 8,6 Flechtenarten pro Baum festgestellt werden. Unter Einbeziehung des gesamten Stammbereiches, also auch außerhalb der Kartierleiter,

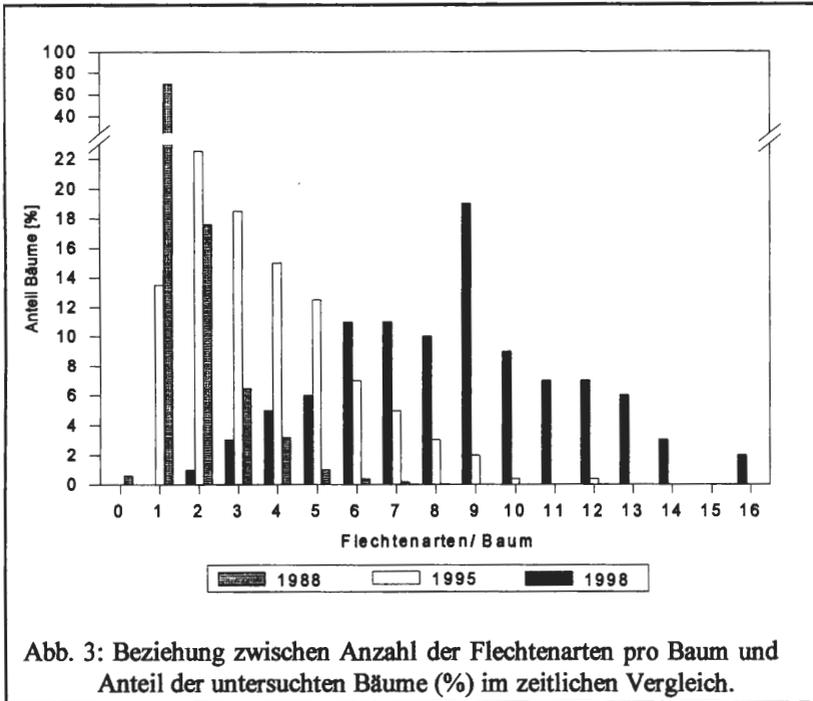


Abb. 3: Beziehung zwischen Anzahl der Flechtenarten pro Baum und Anteil der untersuchten Bäume (%) im zeitlichen Vergleich.

waren es sogar 10,6 Arten. Der Anteil der untersuchten Bäume, aufgliedert nach der Anzahl der Flechtenarten pro Baum, ist für alle Untersuchungen in Abb. 3 dargestellt. Deutlich ist eine Zunahme des Anteils an Bäumen mit einer hohen durchschnittlichen Artenzahl zu erkennen. Dabei fällt auf, dass die Artenzahl in den vergangenen drei Jahren stärker zugenommen hat, als in der zehnjährigen Spanne zwischen den 80er Jahren und 1995. Dieser Anstieg des Flechtenbewuchses spiegelt sich auch bei der Häufigkeit der einzelnen Flechtenarten wider. In Tab. 4 ist die zeitliche Entwicklung der relativen Häufigkeiten aller in dieser Untersuchung registrierten Arten dargestellt. Es läßt sich insgesamt eine Verschiebung des Artenspektrums erkennen. Toxitolerante Acidophyten nehmen ab, während neutrophytische Flechten zunehmen. Besonders interessant ist das vereinzelte Vorkommen von empfindlicheren Acidophyten in dieser Untersuchung.

Lecanora conizaeoides ist die einzige Flechtenart, für die seit den 80er Jahren ein deutlicher Rückgang festzustellen ist (Tab. 4). Da diese Art sehr toxitolerant ist, wird sie indirekt durch saure Luftschadstoffe gefördert (vgl. WIRTH 1985; KIRSCHBAUM & WIRTH 1997). Durch die derzeit zurückgehende Luftbelastung wird sie von anderen konkurrenzkräftigeren Arten verdrängt. In den letzten drei Jahren läßt sich auch für die ebenfalls toxitoleranten und acidophytischen Arten *Lepraria incana* und *Lecanora exallens* ein Rückgang beobachten.

Tab. 4: Prozentuales Vorkommen der epiphytischen Flechtenarten im Stadtgebiet Münsters im zeitlichen Vergleich.

	Anteil des Vorkommens an den untersuchten Bäumen [%]		
	1988	1995	1998
<i>Buellia punctata</i>	7,6	26,2	64
<i>Caloplaca citrina</i>	-	0,4	-
<i>Caloplaca holocarpa</i>	-	-	8
<i>Candelaria concolor</i>	-	1,4	1
<i>Candelariella aurella</i>	0,05	1	10
<i>Candelariella reflexa</i>	0,8	6,6	33
<i>Candelariella vitellina</i>	0,1	0,6	7
<i>Candelariella xanthostigma</i>	0,05	3	4
<i>Cladonia chlorophaea</i>	-	-	1
<i>Cladonia coniocraea</i>	-	2,6	6
<i>Evernia prunastri</i>	0,7	3,6	32
<i>Hypocomyce scalaris</i>	1,7	3,6	4
<i>Hypogymnia physodes</i>	3,5	4,6	35
<i>Lecanora chlarotera</i>	-	0,4	1
<i>Lecanora conizaeoides</i>	94,4	54,4	13
<i>Lecanora dispersa</i>	0,4	5,4	19
<i>Lecanora expallens</i>	0,02	16,4	8
<i>Lecanora hagenii</i>	0,05	1	9
<i>Lecanora muralis</i>	0,1	0,8	3
<i>Lecanora saligna</i>	0,05	3	17
<i>Lecanora symmicta</i>	-	-	2
<i>Lepraria incana</i>	21	51,2	16
<i>Opegrapha varia</i>	-	-	2
<i>Parmelia acetabulum</i>	0,02	-	-
<i>Parmelia caperata</i>	-	0,2	6
<i>Parmelia exasperatula</i>	0,05	3,2	2
<i>Parmelia glabratula</i>	0,1	1	42
<i>Parmelia subrudecta</i>	0,2	1	17
<i>Parmelia sulcata</i>	3,3	17,8	65
<i>Phaeophyscia nigricans</i>	-	-	33
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	0,7	31	69
<i>Physcia adscendens</i>	0,8	14,2	39
<i>Physcia caesia</i>	0,3	4,6	31
<i>Physcia dubia</i>	0,2	2,2	17
<i>Physcia stellaris</i>	-	-	1
<i>Physcia tenella</i>	5,8	54,6	94
<i>Physconia distorta</i>	-	-	-
<i>Physconia grisea</i>	0,03	0,2	1
<i>Rinodina gennarii</i>	0,02	-	6
<i>Strangospora pinicola</i>	0,03	0,4	17
<i>Usnea cf. filipendula</i>	-	0,2	1
<i>Xanthoria candelaria</i>	0,5	5,2	19
<i>Xanthoria parietina</i>	0,4	16,6	33
<i>Xanthoria polycarpa</i>	0,4	19,4	69

Seit den 80er Jahren breiten sich alle *Xanthoria*-Arten, viele *Physcia*-Arten, *Phaeo-physcia orbicularis* und auch *Buellia punctata* kontinuierlich aus. Bei diesen Flechten handelt es sich vornehmlich um euryöke, eutrophierungs- und toxtolerante Arten mit überwiegend subneutralen Substratansprüchen.

Einige weniger toxtolerante Arten konnten sich besonders in den letzten drei Jahren stark ausbreiten. Neben *Parmelia caperata*, *P. glabratula* und *P. subrudecta* zählt auch die Strauchflechte *Evernia prunastri* zu diesen Arten. HEIBEL (1999) stuft diese Arten als typische Wiederbesiedler flechtenarmer Zonen ein. Die Zunahme dieser empfindlicheren Flechten in den letzten Jahren deutet auf eine fortschreitende Luftverbesserung hin. Auch das Vorkommen der Bartflechte *Usnea cf. filipendula* im inneren Stadtbereich stützt diese Vermutung. Diese Ausbreitung und Wiederbesiedlung durch Flechten liegt in einem Trend, der sich für ganz NRW beobachten lässt (HEIBEL 1999).

Literatur

- BARKMAN, J.J. (1958): Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. Assen. - BESCHEL, R. (1958): Flechtenvereine der Städte, Stadtflechten und ihr Wachstum. Ber. naturwiss.-med. Ver. Innsbruck 52. Innsbruck. - BRODO, I.M. (1973): Substrate ecology. In: The Lichens (AHMADJIAN, V., HALE, M.E., eds.), New York, London: 401-441. - DANIELS, F.J.A. (1999): Pflanzen und Pflanzengesellschaften. Natur in der Stadt der 90er Jahre. In: Lebensraum Stadt (HELMSTÄDTER, E., MOHRMANN, R.-E., ed.), Münster: 73-82. - DE BAKKER, A.J. (1989): Effects of ammonia emission on epiphytic lichen vegetation. Acta Botanica Neerlandica 38: 337-342. - HEIBEL, E. (1999): Untersuchungen zur Biodiversität der Flechten von Nordrhein-Westfalen. Abh. Westf. Mus. Naturk. 61(2), Münster. - HOCKE, B. & DANIELS, F.J.A. (1993): Über die epilithische Flechtenflora und -vegetation im Stadtgebiet von Münster. Natur u. Heimat 53: 41-54. - KIRSCHBAUM, U. & WIRTH, V. (1997): Flechten erkennen - Luftgüte bestimmen. Stuttgart. - PURVIS, O.W., B.J. COPPINS, D.L. HAWKSWORTH, P.W. JAMES, D.M. MOORE (1992): The lichen flora of Great Britain and Ireland. Natural History Museum Publ. in association with The British Lichen Society. London. - RUNGE, F. (1975): Flechtenverbreitung und Luftverunreinigung im Stadtinnern Münsters. Natur u. Heimat 35: 14-16. - SAAL, A. (1995): Untersuchungen der epiphytischen Flechtenvegetation im Stadtgebiet von Münster. Unveröffentl. Diplomarbeit. Münster. - STADT MÜNSTER (1992): Stadtklima Münster. Werkstattberichte zum Umweltschutz 1/ 1992. - TÜRK, R. (1991): Die Organisationsform der Flechten als Grundlage der Bioindikation von Luftfremdstoffen mit Hilfe von Flechten. VDI-Berichte: 73-80. - VAN DOBBEN, H.F. (1993): Vegetation as a monitor for deposition of nitrogen and acidity. Dissertation Universität Utrecht. - VERHEYEN, T., HIRSCHMANN, L. & SCHREIBER, K.-F. (1988): Die epiphytische Flechtvegetation als Bioindikator für die Luftqualität im Stadtgebiet von Münster. Arbeitsber. Landschaftsökologie Münster 7. Münster. - WIRTH, V. (1985): Zur Ausbreitung, Herkunft und Ökologie anthropogen geförderter Rinden- und Holzflechten. Tüxenia 5: 523-535. - WIRTH, V. (1992): Zeigerwerte von Flechten. In: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa (ELLENBERG, H., ed.). Scripta Geobotanica 18: 215-237. Göttingen. - WIRTH, V. (1995): Die Flechten Baden-Württembergs. 2 Teile, Stuttgart. - SUKOPP, H., WITTIG, R. (1993): Stadtökologie. Stuttgart, Jena, New York. - WITTIG, R. (1991): Ökologie der Großstadtflorea. Stuttgart.

Anschrift der Verfasser:

Henning Möller, Prof. Dr. Fred J. A. Daniels, Institut für Ökologie der Pflanzen,
Hindenburgplatz 55, 48143 Münster.