Fachinformationsdienst Biodiversitätsforschung

UB Universitätsbibliothek Frankfurt am Main

DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft

FID Biodiversitätsforschung

Decheniana

Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der Rheinlande und Westfalens

Über die Verbreitung und Expositionsabhängigkeit der Rindenepiphyten im Stadtgebiet von Bonn - mit 11 Abb., 1 Tabelle u. 1 Karte

Steiner Maximilian

1955

Digitalisiert durch die *Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main* im Rahmen des DFG-geförderten Projekts *FID Biodiversitätsforschung (BIOfid)*

Weitere Informationen
Nähere Informationen zu diesem Werk finden Sie im:
Suchportal der Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main.

Bitte benutzen Sie beim Zitieren des vorliegenden Digitalisats den folgenden persistenten Identifikator:

urn:nbn:de:hebis:30:4-168710

Visual Library

Decheniana Bd. 108, Heft 1	Seite 1—16	Bonn, Mai 1955

Über die Verbreitung und Expositionsabhängigkeit der Rindenepiphyten im Stadtgebiet von Bonn*)

Von Maximilian Steiner und Dieter Schulze-Horn

(Aus dem Pharmakognostischen Institut der Universität Bonn.)

Mit 11 Abb., 1 Tabelle u. 1 Karte.

Schon im Titel dieser Mitteilung ist angedeutet, daß zwei weitgehend getrennte Fragestellungen bearbeitet wurden. Das Beobachtungsmaterial, welches hierfür ausgewertet werden konnte, ist aber in beiden Fällen das gleiche. Deswegen erscheint es zweckmäßig, zuerst kurz über die Methodik der Untersuchung und über einige allgemeine Ergebnisse zu berichten, dann aber in besonderen Abschnitten die Auswertung für die beiden getrennten Fragestellungen durchzuführen. Dort erst soll im Zusammenhang die einschlägige Literatur besprochen werden.

I. Methodik und allgemeine Ergebnisse.

Die Untersuchungen beschränken sich auf das eigentliche Stadtgebiet unterhalb des Venusberges. Dieser selbst blieb aus verschiedenen Gründen methodischer Art unberücksichtigt. Es wurden nur Bäume auf öffentlichen Straßen und Plätzen, nur gelegentlich in privaten Gärten und Vorgärten, einbezogen. Die Stadt Bonn erscheint für Untersuchungen solcher Art besonders geeignet, da sie einen ungewöhnlich großen Bestand an Alleebäumen im engbebauten Stadtinnern aufweist.

Um Zufallsergebnisse möglichst auszuschalten und ein statistisch tragfähiges Zahlenmaterial zu erhalten, wurde der gesamte Baumbestand der einzelnen Straßen und Plätze untersucht. Das war bei der nicht allzu großen Ausdehnung von Bonn eine Aufgabe, die sich gut bewältigen ließ. Es wurden nur die Mittelteile der Baumstämme berücksichtigt unter Ausschluß des Basisteiles, bis zu etwa 50 cm über dem Boden, und des Subkronenteiles (Terminologie nach Ochsner, 1928). Der Bewuchs wurde jeweils nach 8 Himmelsrichtungen aufgeschlüsselt, aber nur die jeweils bevorzugte Exposition notiert. In den allermeisten Fällen richtete sich der Epiphytenbewuchs nur nach einer Seite; wo er jedoch annähernd den ganzen Stammumfang bedeckte, wurde die Seite des stärksten und dichtesten Bewuchses als „Exposition" festgehalten. Fanden sich mehrere, fast gleichstarke Bewuchsflächen, so mußten mehrere Richtungen protokolliert werden. So kommt es also, daß in Tabelle 1 öfters mehr „Expositionen" angegeben wurden, als die Gesamtzahl der Bäume in einer Vertikalspalte beträgt.

*) Der Stadt Bonn sind wir für Gewährung eines Druckkostenzuschusses zu Dank verpflichtet.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg Frankfurt am Main

Der Deckungsgrad wurde auf eine Stammhälfte, also auf 180° des gesamten Stammumfanges bezogen und nach einer sechsstufigen Skala eingeschätzt. Gleichzeitig mit der Deckung wurde auch die ungefähre Dicke des Bewuchses, bei den Algenüberzügen zwischen 1 und 5 mm, berücksichtigt.

5:	100—80 %	der	Bezugsfläche	deckend
4:	80—50 %	„	„	„
3:	50—40 %	„	„	„
2:	40—20 %	„	„	„
1:	< 20 %	„	„	„
+:	Spuren			

Bei sehr dünnen Anflügen wurden, auch wenn sie auf größeren Flächen verteilt waren, nur die Ziffern 1 und 2 angegeben.

Auch bei der Protokollierung der bevorzugten Himmelsrichtung wurden Lage und Dichte des Bewuchses berücksichtigt. Es war also nicht immer und ausschließlich die Expositionslage der ungefähren Mittellinie der bewachsenen Flächen, sondern auch der Ort der größten Bewuchsdichte maßgebend. Bei den Algen war diese Stelle in den meisten Fällen durch die leuchtend hellgrüne Farbe leicht zu erkennen.

Die Liste der Trägerpflanzen umfaßt folgende Arten:

Acer negundo L.
— *platanoides* L.
— *pseudo-platanus* L.
— *saccharinum* L.
Aesculus carnea HAYNE
— *hippocastanum* L.
Ailanthus glandulosa DESF.
Betula pendula ROTH
Carpinus betulus L.
Corylus colurna L.
Crataegus monogyna L.
Fagus silvatica L.
Fraxinus excelsior L.
Juglans regia L.
Libocedrus decurrens FORR.
Malus silvestris MILL.
Picea abies (L.) KARST.
Pyrus communis L.
Platanus acerifolia WILLD.
Populus nigra L.
— — — var. *italica* DUROI
Prunus avium L.
— *domestica* L.
— *cerasifera* EHR.
Quercus robur L.
— *petraea* (MATTUSCHKA) LIEBLEIN
Robinia pseudo-acacia L.
Salix sp.
Sorbus aucuparia L.
Taxus baccata L.
Tilia cordata MIIL.
— *petiolaris* C. K. SCHNEIDER
— *tomentosa* MOENCH
— *platyphyllos* SCOP.
Ulmus laevis PALLAS
— *scabra* MIIL.

Auf den Stämmen dieser Baumarten wurden im Bonner Stadtgebiet folgende Epiphyten festgestellt:

Algen

Pleurococcus vulgaris MENEGH.
Chlorococcum humicolum (NAEG.) RABH.
Clorella vulgaris BEYERINCK
Stichococcus sp.
Trentepohlia umbrina (KÜTZ.) BORNET

Moose

Brachythecium sp.
Bryum capillare var. *flaccidum Br. eur.*
Orthotrichum diaphanum SCHADER
Pylaisia polyantha Br. eur.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg Frankfurt am Main DFG

Flechten[1])
Buellia myriocarpa D. C.
Lecanora chlarotheca NYL.
— *pityrea* ERICHS.
Physcia orbicularis (NECK.) DU RIETZ
— *tenella* BITTER
— *ascendens* BITTER
Lecidea scalaris ACH. (= *Psora ostreata*)
Xanthoria parietina (L.) TH. FR.
— *polycarpa* RIEBER
ferner
Lepraria, meist wohl L. *aeruginosa* und schlecht definierte lepröse Anflüge.

Die in der vorstehenden Liste an erster Stelle aufgeführten Chlorophyceen bilden die bekannten grünen Überzüge, die in größter Einförmigkeit in Bonn wie in anderen Städten an den Baumstämmen auftreten. *Pleurococcus* war weitaus am stärksten vertreten. Es bildete oft einen reinen Belag ohne Beimengung anderer Arten. Seine Bestände sind durch die schon erwähnte hellgrüne Farbe ausgezeichnet. Dagegen sind *Chlorococcum* und *Chlorella* dunkler gefärbt. Die von ihnen gebildeten Überzüge sind von mehr gallertiger Beschaffenheit. Die Bestände aller drei genannten Grünalgen waren oft stark von Pilzhyphen durchsetzt. Man kann darin den Beginn einer Lichenisierung, einer Bildung „unvollkommener Flechten" (vgl. hierzu SCHMID, 1933, auch TOBLER, 1953) sehen. Eine Zonierung des verpilzten Algenrasens im Stadtgebiet ließ sich nicht feststellen. Sie wurden im Stadtinnern und in den äußeren Bezirken etwa gleich häufig vorgefunden. *Stichococcus* war an seiner fädigen, rasenähnlichen Struktur gut kenntlich. Es trat fast nur in den Außenbezirken (Nußallee, Kölnstraße, Rheindorfer Straße) auf, ebenso wie die rotbraunen Überzüge von *Trentepohlia umbrina* (Dottendorf).

Die oft starke Verschmutzung der Borken erschwerte die Beobachtung der Algenarten manchmal sehr erheblich. Es fanden sich sogar unter schwärzlichen Schmutz- und Staubüberzügen bei der mikroskopischen Untersuchung noch Algen. Das gleiche gilt übrigens für die *Lepraria*-Formen. Sie waren vielfach so verunreinigt, daß sie sich kaum von ihrer Umgebung abhoben.

Soziologisch stellten die epixylen Bestände dieser Algen artenarme Gesellschaften des *Schizogonion cruenti*-Verbandes. Man wird sie insbesondere dem *Pleurococcetum vulgaris* OCHSNER zuzuordnen haben.

Unter den Flechten überwiegen an Menge die *Lecanora*-Arten. Sie bilden grünlich-graue, aber nur selten fertile Krusten. Es handelt sich bei den Flechtenanflügen auf den Rinden der Bonner Baumbestände offenbar um kümmerliche Fragmente aus den Verbänden des *Lecanorion subfuscae* und des *Xanthorion parietinae*, speziell der Assoziationen des *Lecanorietum subfuscae* OCHSNER und des *Physcietum ascendentis* OCHSNER. Während in Städten, die eine besser entwickelte epixyle Flechtenflora aufweisen, die Kartierung der Einzelarten im Stadtgebiet interessante Ergebnisse lieferte (vgl. z. B. HAUGSJA), schien uns diese Mehrarbeit für Bonn wenig erfolgversprechend. An die Verbreitung der Flechten insgesamt und ihre Verteilung auf die verschiedenen Stammexpositionen wird bei den späteren Diskussionen noch anzuknüpfen sein.

Die obige Aufzählung zeigt, daß die Epiphytenflora von Bonn außerordentlich arm ist. Lebermoose sowie Farn- und Blütenpflanzen kommen als Rindenbewohner überhaupt nicht vor.

---

[1]) Herrn Dr. J. POELT (München) danken wir auch an dieser Stelle für die bereitwillige Revision einiger Belege *(Lecanora)*.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Es ist bekannt, daß der Epiphytenbewuchs von der Trägerpflanze abhängig ist. Er fehlte in Bonn vollständig an den hier übrigens wenig zahlreichen Nadelbäumen. Platanen zeigten nur an alten Borkenstücken schwache Algenanflüge. Bei Birken fand sich auf den weißen glatten Rindenteilen kein Anflug, auf den rissigen Partien sowohl Algen als auch Flechten. Auf glattrindigen Stämmen fand sich oft ein zwar ausgedehnter, doch niemals sehr dicker Algenbewuchs. Das gleiche gilt für junge Bäume. Bei Bäumen, die erst kürzlich angepflanzt worden waren, war zuweilen ein Flechtenbewuchs festzustellen, der jedoch offensichtlich noch vom früheren Standort (Baumschule) mitgebracht war. Sehr rissig-rauhborkige Stämme wiesen im allgemeinen den stärksten Bewuchs auf. Bei ganz alten Bäumen schien er wieder abzunehmen, vielleicht infolge der stärkeren Beschattung durch das Kronendach.

Bei Stämmen, die große dichtbelaubte Kronen trugen oder eng in einer Reihe standen, so daß ihre Kronen ein geschlossenes Dach bildeten, war zumeist die untere Stammhälfte von den Epiphyten bevorzugt, bei Bäumen mit lichteren, kleineren Kronen die obere. Steht eine Baumreihe an einer Mauer, so ziehen die epiphytischen Algen häufig die der Mauer zugekehrte Stammseite vor. Das ist gut zu sehen z. B. bei den Pappeln unterhalb des Postministeriums am Rheinufer. Im Gegensatz zu den Beobachtungen von Vareschi (1936) konnte bei geneigten Bäumen ein stärkerer Bewuchs auf der Stammoberseite festgestellt werden.

Auch der Wasserabfluß am Stamm wirkt auf das Wachstum der epiphytischen Algen ein. Größere Ansiedlungen von *Pleurococcus* wiesen oft in ihrer Mitte einen dunkleren, wenig oder gar nicht bewachsenen Streifen auf, an dem entlang das Wasser abrinnt. Liquides Wasser scheint dem Wachstum dieser Algen also abträglich zu sein, wie sich auch aus den Untersuchungen von Schmid ergibt. Ein solcher dunkler, algenfreier Streifen war aber durchaus nicht immer vorhanden, auch nicht an Stellen, wo ein reichliches Abfließen von Wasser beobachtet werden konnte. Dieses Wasser benetzt aber die Algen nicht. Es wird von ihrer wasserabstoßenden Oberfläche nur weitergeleitet. Der Algenbewuchs, der an solchen Stellen sehr stark sein kann, deckt seinen Wasserbedarf also offenbar aus der Luftfeuchtigkeit, die in Stammnähe vielleicht aus Wasservorräten der Borke ergänzt wird.

Bei dem sehr spärlichen Auftreten von epixylen Flechten im Bonner Stadtgebiet konnten keine Feststellungen über ihre Abhängigkeit von der Trägerpflanze gemacht werden.

II. Die Verteilung epiphytischer Algen und Flechten im Bonner Stadtgebiet.

Schon den älteren Lichenologen war es wohlbekannt, daß viele Flechtenarten die Städte meiden. Nylander (1866) hat dies bei der Bearbeitung der Lichenen des Pariser Jardin de Luxembourg ebenso hervorgehoben wie Britzelmayr (1875) in seiner Flechtenflora von Augsburg. Besonders eingehend hat sich Arnold (1892) in seiner Lichenenflora von München mit der Flechtenarmut der Großstadt beschäftigt. Durch Vergleich des Flechtenbewuchses der gleichen Bäume konnte er feststellen, wie sehr sich die Standortsbedingungen in der ständig wachsenden Stadt zwischen 1845 und 1892 verschlechtert hatten. Ähnlich präzise Angaben konnte auch Haugsja (1930) auf Grund genau etikettierter Herbar-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

belege für das Osloer Stadtgebiet machen. Bei allen zitierten Arbeiten mit Ausnahme der zuletzt genannten, standen indessen floristische Fragen mehr im Vordergrund.

Der erste, der in einer europäischen Großstadt die Flechtenvegetation soziologisch studierte, um daraus Schlüsse auf die ökologischen Verhältnisse abzuleiten, war HAUGSJA (1930). Er konnte dabei an Vorarbeiten von SERNANDER (1926) anknüpfen, der für das Stadtgebiet von Stockholm bereits diejenige Bezeichnung der Flechtenzonen einführte, welche alle späteren Autoren fast unverändert übernommen haben. Er spricht von der „Flechtenwüste", die durch das völlige Fehlen von epiphytischen Flechten gekennzeichnet ist. Sie liegt mitten in der Stadt und in der Umgebung größerer Industriezentren. Im äußeren Teil findet man Chlorophyceen an den Bäumen, falls das Klima feucht genug ist. In Richtung zur Stadtperipherie folgt die „Kampfzone", die durch das ± spärliche Vorkommen anspruchsloser Arten in meist kümmerlicher Entwicklung gekennzeichnet ist. Sie leitet allmählich zur „Normalzone" über, wo diejenige Flechtenvegetation zu finden ist, die den klimatischen Bedingungen des Großraumes entspricht. An die Arbeit von HAUGSJA über die epixylen Flechten der Stadt Oslo schlossen sich bald ähnliche Untersuchungen von HOEG (1936) über das Stadtgebiet von Stockholm an. Etwa zur gleichen Zeit erschien die sehr eingehende Studie von VARESCHI (1936) über die Epiphytenvegetation von Zürich. Vor kurzem hat SAUBERER (1951) über die Verbreitung rindenbewohnender Flechten in Wien berichtet [2]). Schließlich beschäftigte sich VARESCHI (1954) mit den Verhältnissen von Caracas, der Hauptstadt von Venezuela im tropischen Südamerika. Die Ergebnisse aller zitierten Autoren lassen sich kurz und einheitlich zusammenfassen: in allen untersuchten Großstädten, insbesondere in den dicht bebauten Altstädten und in den Industriebezirken, finden sich Flechtenwüsten. Die Stadtrandgebiete entsprechen der Kampfzone, dem Übergangsgebiet zur Normalzone außerhalb des eigentlichen Areals der Stadt. Auch in der Deutung dieser Zonierung scheinen alle Verfasser darin übereinzustimmen, daß die Verunreinigung der Stadtluft durch Ruß, Staub, Teer und Rauchgase, insbesondere SO_2, die entscheidende Rolle spielt. Sie schließen sich also der Meinung von ARNOLD an, die er in seiner Arbeit über die Flechtenflora von München (1892) mit folgenden Worten ausdrückt: „Es darf behauptet werden, daß das Zusammenwohnen einer großen Bevölkerung und vorzugsweise die Einwirkung des durch den Verbrauch von Stein- und Braunkohlen verursachten Rauches das Verkümmern der Lichenen herbeiführt."

Wie die zitierte Literatur zeigt, sind es insgesamt 5 Städte, deren Lichenenflora zur Kennzeichnung des Stadtklimas genauer studiert wurde. Das ist relativ wenig, wenn allgemeine Gesetzmäßigkeiten erkannt werden sollten.[3]) Schon deshalb hielten wir es nicht für überflüssig, die Verhältnisse in Bonn einer genauen Prüfung zu unterziehen. Das schien aber noch aus einigen weiteren Gründen wünschenswert: Erstens erlaubt der geringe Umfang des Stadtareals von Bonn eine totale Erfassung der gesamten Epiphytenvegetation, wie sie für eine

---

[2]) Frau Dr. A. SAUBERER (Wien) sind wir für die Überlassung einer noch unveröffentlichten Übersichtskarte der Flechtenbezirke im Wiener Stadtgebiet sehr zu Dank verpflichtet.

[3]) Nach mündlicher Mitteilung von Prof. Dr. H. GAMS (Innsbruck) hat Dr. R. BESCHEL die Flechtenverteilung in einer Reihe weiterer Städte Österreichs und der Schweiz aufgenommen. Diese Arbeiten sind leider noch unveröffentlicht.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

zuverlässige statistische Auswertung notwendig ist. Zweitens ist Bonn eine sehr industriearme Stadt. Industriegebiete von einigem Ausmaß finden sich nur im äußersten Norden (vgl. die Karte 1). Drittens aber liegt Bonn in einer Umgebung, die an sich schon sehr flechtenarm ist. Dies Letztere bedeutet einen Gegensatz zu den Untersuchungsgebieten der oben zitierten Forscher: Zürich liegt inmitten des flechtenreichen schweizerischen Mittellandes, die Umgebung der skandinavischen Hauptstädte ist ebenfalls reich an Lichenen, Wien ragt wenigstens mit seinen westlichen Außenbezirken in die flechtenreichen Gebiete des Wiener Waldes hinein, und die schönen Bilder, mit denen VARESCHI die Normal- und Übergangszonen von Caracas belegt, können durchaus den Neid der Lichenologen erregen. Wie kümmerlich nimmt sich dagegen die Flechtenflora aus, die auf den Bäumen des Venusberges, des Kottenforstes oder um Godesberg in der Bonner Umgebung zu finden ist! Aus diesem Grunde schien es nicht ohne Interesse, auch den Grünalgenüberzügen, die für die städtischen Flechtenwüsten kennzeichnend sind, in Bonn etwas mehr Aufmerksamkeit zu widmen. Nur die Arbeit von VARESCHI über das Züricher Stadtgebiet schenkt übrigens den Nicht-Lichenen unter den Epiphyten überhaupt eine eingehendere Beachtung.

Erst nach Abschluß unserer Untersuchungen wurden diese nachträglich noch in besonderer Weise gerechtfertigt. Gleichzeitig, aber völlig unabhängig von uns, untersuchte EMONDS das Bonner Stadtklima. Seine Ergebnisse sind 1954 in einer sehr inhalts- und aufschlußreichen Arbeit erschienen. Mit den Angaben von EMONDS, die auf eingehenden meteorologischen und klimatologischen Messungen beruhen, war für unsere eigenen Resultate eine zuverlässige Deutungsgrundlage gegeben. Es bot sich die Möglichkeit, die Ergebnisse der biologischen Bestandesaufnahme und der klimatologischen Analyse in einer Art und Weise zu vergleichen, wie es bisher wohl bei keiner der Arbeiten über die Epiphytenvegetation von Städten möglich war.

Über die Methoden und die leitenden Gesichtspunkte unserer Untersuchungen wurde bereits früher das Wesentliche gesagt. Die wichtigsten Ergebnisse sind in Tabelle 1 und in der Kartenbeilage zusammengefaßt.[4])

Karte 1 zeigt, daß gleichwie in anderen Städten auch in Bonn „Flechtenwüsten" auftreten, in denen epiphytische Flechten vollkommen fehlen. Es sind dies die eng bebauten Bezirke der Altstadt um den Wilhelmsplatz einerseits und die gleichfalls dicht bebauten Wohnquartiere etwa zwischen Hohenzollern- und Ermekeilstraße andererseits. Sie werden durch das offener liegende Bahngelände getrennt. (Der Kenner der örtlichen Verhältnisse wird mit Schmunzeln feststellen, daß in der Mitte der nördlichen „Flechtenwüste" das Gebäude des Land- und Amtsgerichtes liegt, während das Zentrum des südlichen dieser organismenfeindlichen Areale durch das — (alte) Finanzamt gekennzeichnet ist!) Die äußere Umgrenzung dieser Flechtenwüsten entspricht dem Beginn der „Kampf- oder Übergangszone", deren äußere Grenzlinie nicht ganz leicht zu ziehen ist, da auch die „Normalzone" der weiteren Bonner Umgebung — wenigstens was das Rheintal betrifft — keine üppige Flechtenvegetation an den Baumstämmen aufweist. Auf Grund der epixylen Flechtenbestände ergibt sich

[4]) Aus Gründen der Raumersparnis verzichten wir auf die detaillierte Wiedergabe der nach Straßen und Trägerpflanzen aufgegliederten Bestandesanalysen. Die einschlägigen Tabellen sind im Pharmakognostischen Institut der Universität Bonn hinterlegt.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Die Verteilung von A und ihre Expositionsabhängigkeit

	Außenbezirke im S und SE g)	Summe f + g	Summe a bis g
1. Zahl der Bäume	625 (*100 %*)	1232 (*100 %*)	4365 (*100 %*)
2. Zahl der Bäume ohne Algen	32 (*5,1%*)	120 (*9,8%*)	958 (*22,0%*)
3. Algenbewuchs			
a. Exposition keine	51	82	426
N	210 (*35,5%*)	331 (*29,2%*)	1003 (*30,7%*)
NE	194 (*32,7%*)	354 (*31,2%*)	809 (*24,5%*)
E	41 (*6,9%*)	84 (*7,4%*)	228 (*7,0%*)
SE	10 (*1,7%*)	17 (*1,5%*)	96 (*2,9%*)
S	5 (*0,8%*)	10 (*0,9%*)	75 (*2,3%*)
SW	30 (*5,1%*)	108 (*9,5%*)	234 (*7,1%*)
W	40 (*6,8%*)	97 (*8,5%*)	283 (*8,6%*)
NW	62 (*10,4%*)	134 (*11,8%*)	548 (*16,8%*)
Summe [N ➤ NW]	592 (*100 %*)	1135 (*100 %*)	3276 (*100 %*)
b. Stärke +	71	169	823
1	**167**	**381**	**1351**
2	**194**	**363**	**950**
3	170	256	482
4	41	56	111
5	0	0	1
4. Zahl der Bäume ohne Flechten	379 (*60,6%*)	783 (*62,5%*)	3481 (*79,7%*)
5. Flechtenbewuchs			
Exposition keine	2	2	58
N	0 (*0,0%*)	2 (*0,4%*)	4 (*0,5%*)
NE	8 (*3,3%*)	9 (*2,1%*)	19 (*2,3%*)
E	18 (*7,4%*)	26 (*11,8%*)	34 (*4,1%*)
SE	66 (*27,1%*)	92 (*21,2%*)	130 (*15,8%*)
S	29 (*11,9%*)	55 (*12,3%*)	114 (*13,8%*)
SW	79 (*32,4%*)	164 (*37,8%*)	270 (*32,7%*)
W	36 (*14,8%*)	89 (*19,7%*)	200 (*24,2%*)
NW	8 (*3,3%*)	10 (*2,3%*)	55 (*6,7%*)
Summe [N ➤ NW]	244 (*100 %*)	447 (*100 %*)	826 (*100 %*)

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg Frankfurt am Main DFG

TABELLE 1

Die Verteilung von Algen und Flechten als Epiphyten von Baumstämmen im Stadtgebiet von Bonn und ihre Expositionsabhängigkeit

(nach Aufnahmen von D. Schulze-Horn)

	Stadtinneres						Außenbezirke	Außenbezirke	Summe	Summe
	Straßenzüge				Plätze	Summe	im N und NW	im S und SE		
	a) N–S	b) W–E	c) NW–SE	d) NE–SW	e)	a bis e	f)	g)	f + g	a bis g
1. Zahl der Bäume	473 (100 %)	308 (100 %)	907 (100 %)	457 (100 %)	988 (100 %)	3133 (100 %)	607 (100 %)	625 (100 %)	1232 (100 %)	4365 (100 %)
2. Zahl der Bäume ohne Algen	76 (16,1%)	74 (24,0%)	235 (25,9%)	174 (38,2%)	279 (28,3%)	838 (26,7%)	88 (14,0%)	32 (5,1%)	120 (9,8%)	958 (22,0%)
3. Algenbewuchs										
a. Exposition keine	48	32	111	17	136	344	31	51	82	426
N	208 (55,6%)	52 (22,5%)	138 (21,4%)	88 (31,4%)	186 (30,3%)	672 (30,9%)	121 (22,3%)	210 (35,5%)	331 (29,2%)	1003 (30,7%)
NE	46 (12,3%)	45 (19,5%)	120 (18,6%)	88 (31,4%)	156 (25,6%)	455 (21,2%)	160 (29,4%)	194 (32,7%)	354 (31,2%)	809 (24,9%)
E	17 (4,6%)	19 (8,6%)	34 (5,3%)	20 (7,2%)	54 (8,9%)	144 (6,7%)	43 (7,9%)	41 (6,9%)	84 (7,4%)	228 (7,0%)
SE	7 (1,9%)	4 (1,8%)	34 (2,3%)	9 (3,2%)	25 (4,1%)	79 (3,7%)	7 (1,3%)	10 (1,7%)	17 (1,5%)	96 (2,9%)
S	9 (2,4%)	23 (10,0%)	13 (2,0%)	2 (0,7%)	18 (2,9%)	65 (3,0%)	5 (0,9%)	5 (0,8%)	10 (0,9%)	75 (2,3%)
SW	6 (1,6%)	13 (5,6%)	45 (7,0%)	27 (9,7%)	35 (5,6%)	126 (5,9%)	78 (14,3%)	30 (5,1%)	108 (9,5%)	234 (7,1%)
W	30 (8,0%)	49 (21,2%)	58 (9,0%)	13 (4,6%)	36 (5,8%)	186 (8,7%)	57 (10,4%)	40 (6,8%)	97 (8,5%)	283 (8,6%)
NW	51 (13,6%)	26 (11,2%)	203 (31,5%)	33 (11,8%)	101 (16,8%)	414 (19,4%)	72 (13,3%)	62 (10,4%)	134 (11,8%)	548 (16,8%)
Summe [N ➤ NW]	374 (100 %)	231 (100 %)	645 (100 %)	280 (100 %)	611 (100 %)	2141 (100 %)	543 (100 %)	592 (100 %)	1135 (100 %)	3276 (100 %)
b. Stärke +	82	97	232	93	150	654	98	71	169	823
1	195	91	290	103	291	970	214	167	381	1351
2	88	56	161	76	206	587	169	194	363	950
3	55	16	66	17	72	226	86	170	256	482
4	10	3	7	7	28	55	15	41	56	111
5	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
4. Zahl der Bäume ohne Flechten	421 (89,0%)	272 (88,4%)	722 (79,6%)	394 (89,0%)	889 (90,0%)	2698 (86,2%)	404 (66,6%)	379 (60,6%)	783 (63,5%)	3481 (79,7%)
5. Flechtenbewuchs										
Exposition keine	23	1	16	0	16	56	0	2	2	58
N	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (2,4%)	2 (0,5%)	2 (1,0%)	0 (0,0%)	2 (0,4%)	4 (0,5%)
NE	1 (3,4%)	0 (0,0%)	5 (3,0%)	0 (0,0%)	4 (4,8%)	10 (2,6%)	1 (1,5%)	8 (3,3%)	9 (2,1%)	19 (2,3%)
E	1 (3,4%)	2 (5,7%)	5 (3,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	8 (2,1%)	8 (5,9%)	18 (7,4%)	26 (6,1%)	34 (4,1%)
SE	1 (3,4%)	0 (0,0%)	29 (17,2%)	2 (3,2%)	6 (7,1%)	38 (10,0%)	26 (12,7%)	66 (27,1%)	92 (21,2%)	130 (15,8%)
S	1 (3,4%)	8 (26,7%)	31 (18,4%)	4 (6,3%)	15 (17,9%)	59 (15,6%)	26 (12,7%)	29 (11,9%)	55 (12,7%)	114 (13,8%)
SW	3 (10,3%)	15 (42,9%)	54 (32,0%)	18 (28,5%)	16 (19,1%)	106 (28,0%)	85 (41,9%)	79 (32,4%)	164 (37,8%)	270 (32,7%)
W	21 (72,4%)	10 (28,6%)	29 (17,2%)	19 (30,2%)	32 (38,1%)	111 (29,3%)	53 (26,1%)	36 (14,8%)	89 (19,7%)	200 (24,2%)
NW	1 (3,4%)	0 (0,0%)	16 (9,5%)	20 (31,8%)	8 (9,5%)	45 (11,9%)	2 (1,0%)	8 (3,3%)	10 (2,3%)	55 (6,7%)
Summe [N ➤ NW]	29 (100 %)	35 (100 %)	169 (100 %)	63 (100 %)	83 (100 %)	379 (100 %)	203 (100 %)	244 (100 %)	447 (100 %)	826 (100 %)

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

als Grenze zwischen der „Innenstadt“ und den „Außenbezirken“ eine Linie, die im Norden etwa über den Kaiser-Karl- und den Augustusring läuft, im Süden etwa über den Rheinweg und das Bundeshaus (siehe die gebrochenene Linie in der Kartenskizze).

Die zahlenmäßigen Unterlagen hierfür liefert Tabelle 1. Daraus ist zu entnehmen, daß von den insgesamt 4365 untersuchten Straßenbäumen im Stadtgebiet von Bonn 3491 (≈ 80 %) keinen Aufwuchs an Flechten zeigten. Der Unterschied zwischen Innenstadt und Außenbezirken ist recht deutlich. Die Aufnahmen in erster weisen im Mittel 86,2 % flechtenfreie Bäume auf, die Außenbezirke haben nur 62,5 %. Dabei schneiden die südlichen Außenbezirke mit 60,6 % noch deutlich besser ab als die nördlichen.

Aus der gleichen Zusammenstellung (Tabelle 1) ergibt sich aber, daß auch für die grünen Algen die Lage der Trägerpflanzen im Stadtgebiet bedeutungsvoll ist. Die Zahl der algenfreien Baumstämme nimmt deutlich vom Stadtzentrum nach außen hin ab. Im Stadtinnern wurden mehr als ein Viertel (26,7 %) der Bäume ohne jeglichen Algenbewuchs festgestellt, in den Außenbezirken ist es nicht ganz 1/10 (9,8 %), wobei wieder der Süden der Stadt günstigere Bedingungen verrät (5,1 %) als der Norden und Nordosten (14,6 %). Die gleiche Reihenfolge, S > N > Stadtinneres, findet sich wenigstens angedeutet auch in den Zahlen für die Stärke des Algenbewuchses. Auf eine weitere quantitative Auswertung dieser letzteren auf Schätzung beruhenden Werte sei vorerst verzichtet.

Es erscheint zweckmäßig, die Gegenüberstellung unserer Ergebnisse mit den Angaben der bioklimatischen Untersuchungen von Emonds zurückzustellen und zunächst die Expositionsabhängigkeit der Rindenepiphyten von Bonn zu besprechen.

III. Die Expositionsabhängigkeit der Epixylen im Bonner Stadtgebiet.

Systematische, auf quantitativen Erhebungen beruhende Arbeiten über die Expositionsabhängigkeit der Rindenepiphyten fehlen bisher fast ganz. Natürlich ist speziell den Flechtensoziologen die Bedeutung der Exposition als Standortsfaktor für epixyle und epipetre Flechten und andere Kryptogamen durchaus bekannt. Schon Ochsner (1928) weist in seiner Arbeit auf seine Wichtigkeit hin. Es gibt sogar einige Diagramme für die Verteilung einiger Lebensformen von epiphytischen Kryptogamen (Blattflechten, Krustenflechten, Leucodon-, Radula-, Orthotrichumform der Moose) auf die Stammexpositionen eines untersuchten Pappelbestandes. Besonders Frey (z. B. 1952) zieht in seinen flechtensoziologischen Arbeiten die Exposition zur Kennzeichnung der Standesansprüche regelmäßig heran. Statistisch auswertbare Zahlenangaben sind im Schrifttum aber kaum vorhanden. Ein Vergleich zwischen verschiedenen Untersuchungsgebieten ist noch kaum möglich. Was speziell die Stammepiphyten betrifft, so weiß der allgemeine Sprachgebrauch zwar, daß die „Moose“ auf der „Wetterseite“ wachsen. Durch welche Klimafaktoren diese aber gekennzeichnet ist, weiß man nicht. Ebensowenig ist über die Expositionswahl einzelner Arten oder Gruppen epiphytischer Pflanzen Genaueres zu erfahren. Schon seit längerer Zeit hat sich deshalb der eine von uns (M. St.) eingehender mit der Expositionsabhängigkeit epixyler Flechtenarten, speziell im Tiroler Wipptal, beschäftigt. In einer ersten Mitteilung (Steiner, 1952) konnte gezeigt werden, daß dort inner-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

halb der nitrophilen Gesellschaft des *Physcietum ascendentis* gewisse Arten eine sehr ausgeprägte Expositionswahl zeigen, daß z. B. *Xanthoria parietina* vorzugsweise an den Nord- und Ostflanken, *Xanthoria substellaris an* den Süd- und Westflanken der Baumstämme auftritt, so daß die Ausscheidung einer Subassoziation mit *Xanthoria substellaris* der oben genannten Gesellschaft vorgeschlagen werden konnte.

Einige vorläufige Beobachtungen an den Algen- und Flechtenbewüchsen der Alleebäume in Bonn ließen erkennen, daß hier nicht nur eine sehr deutliche Abhängigkeit von der Himmelsrichtung besteht, sondern daß sich diese auch je nach der Richtung des Straßenzuges offensichtlich ändert. Bei unserer Aufnahme der Epiphytenvegetation des Bonner Stadtgebietes wurde also auf diese Dinge besonders geachtet. Wie das geschah, wurde in Abschnitt I (S.) angedeutet. Besonderer Wert wurde auch hier auf eine quantitative Erfassung gelegt, um trotz der nicht unbeträchtlichen Variation im Einzelfalle ein statistisch tragfähiges Zahlenmaterial an die Hand zu bekommen. Wegen der Ergebnisse sei auf Tabelle 1 und Fig. 1—9 verwiesen.

Bei der Auswertung für die Expositionsabhängigkeit des Epiphytenbewuchses schieden natürlich alle Fälle aus, bei denen keine Begrenzung einer bestimmten Himmelsrichtung durch die epixylen Flechten erkennbar war. Unter den 3407 mit Algen bewachsenen Bäumen waren dies insgesamt 426 (= 12,5 %), unter den 874 flechtentragenden Bäumen 58 (= 6,7 %). Diese nicht auswertbaren Fälle betragen also insgesamt kaum 10 %. In allen übrigen Fällen ließ der Aufwuchs eine deutliche Bevorzugung einer bestimmten Himmelsrichtung erkennen.

Betrachten wir zunächst die Verteilung der Algenüberzüge auf die verschiedenen Stammexpositionen (Fig. 1—9, ausgezogene Polygone). In allen Fällen erweist sich die Nordhälfte des Stammumfanges wesentlich stärker besiedelt als die Südhälfte; in den meisten Fällen, ausgenommen ist nur Fig. 6 u. 8, ist sogar die reine Nordexposition gegenüber allen anderen Himmelsrichtungen deutlich bevorzugt. Im Durchschnitt für das ganze untersuchte Stadtgebiet (Fig. 1) sind 30,7 % aller Algenüberzüge nach Norden exponiert. NE folgt mit 24,5 %, NW mit 16,8 %. Alle übrigen Stammexpositionen liegen mit ihrem Prozentanteil unter 10 %, das Minimum liegt auf der Südflanke mit nur 2,3 % der registrierten Algenvorkommen. Die Reihenfolge der Expositionen und ihr Gewicht in Prozentzahlen bleibt fast das gleiche, wenn nur die Innenstadt berücksichtigt wird (Fig. 2). Sehr ähnlich ist auch die Windrosenverteilung der Algen auf den Bäumen freier Plätze (Fig. 3). Dieses dürfte also am ehesten den Richtungseinfluß der Klimafaktoren im Stadtgebiet überhaupt widerspiegeln. Die gute Übereinstimmung des letzten Diagramms mit der Windrose der Algenexposition im gesamten Stadtgebiet zeigt aber, daß diese als einigermaßen reprä-

---

Fig. 1—9 Windrosen der Expositionsabhängigkeit des Epiphytenbewuchses an Baumstämmen in Bonn.

(——— Algen — — — Flechten)

Fig. 1. Gesamtes Stadtgebiet
Fig. 2. Gesamte Innenstadt
Fig. 3. Innenstadt, Plätze
Fig. 4. Innenstadt, N-S-Straßen
Fig. 5. Innenstadt, W-E-Straßen
Fig. 6. Innenstadt, NW-SE-Straßen
Fig. 7. Innenstadt, NE-SW-Straßen
Fig. 8. Außenbezirke in N-NW
Fig. 9. Außenbezirke in S-SE
Fig. 10. Station Bonn
Fig. 11. Station Troisdorf

Fig. 10—11 Windrosen des Ventilationsgrades nach Emonds (1954)

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg Frankfurt am Main

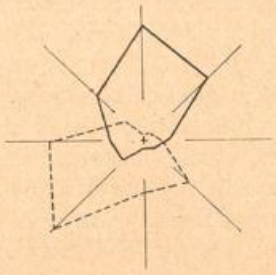


Fig. 1

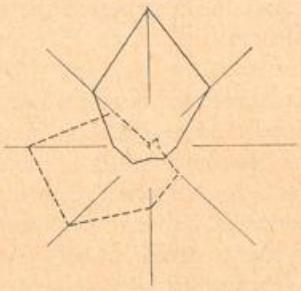


Fig. 2

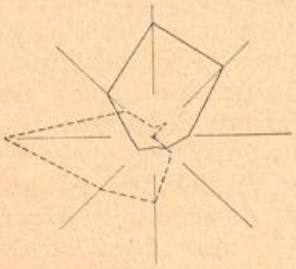


Fig. 3

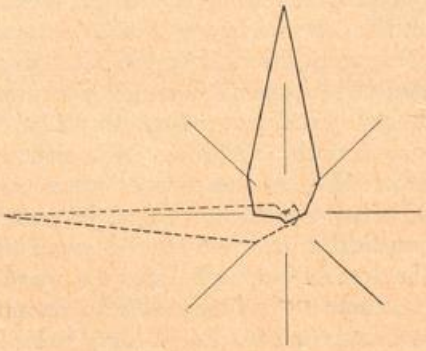


Fig. 4

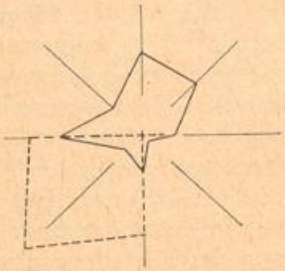


Fig. 5

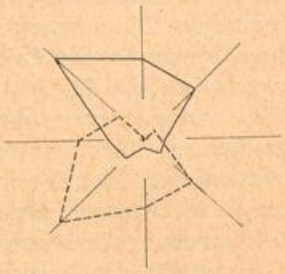


Fig. 6

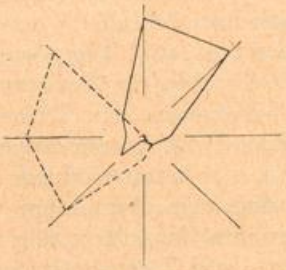


Fig. 7

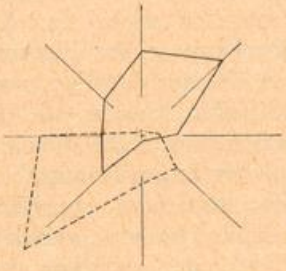


Fig. 8

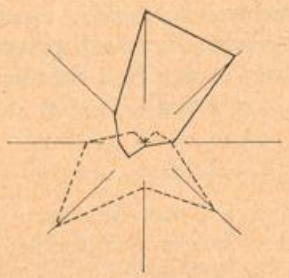


Fig. 9

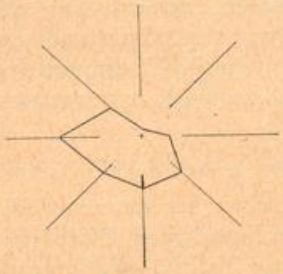


Fig. 10

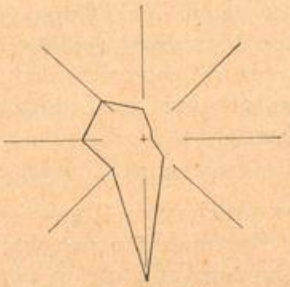


Fig. 11

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

sentativ betrachtet werden kann, daß also durch die große Zahl der untersuchten Straßen- und Einzelbäume die modifikativen Wirkungen der Straßenrichtungen sich gegenseitig aufheben.

Von großem Interesse ist es, die Ergebnisse zu betrachten, die sich für die verschiedenen Richtungen der Straßenzüge (in der Innenstadt) ergeben. In N-S-Straßen (Fig. 4) ist das Nordmaximum besonders stark hervorgehoben (55,6 %). NE und NW folgen in weitem Abstand mit 12,3 % bzw. 13,6 %, mehr als 80 % aller Algenüberzüge haben eine Stammexposition zwischen NW und NE. Genau im Gegensatz hierzu erscheint die Windrose für die W-E-Straßen „flachgedrückt" (Fig. 5). Das Maximum für N ist wesentlich niedriger geworden (22,5 %), der Westen folgt mit 21,2 %, weiterhin NW und NE mit 11,2 bzw. 19,5 %; selbst die Südexposition hat ihren Anteil mit 10,0 % gut verdreifacht. Alles in allem bedeutet das eine sehr starke Verminderung des Gegensatzes N-S und eine merkliche Bevorzugung der Westexposition. Für die Verhältnisse bei den Straßen, die zu den Haupt-Himmelsrichtungen diagonal verlaufen, also NW-SE bzw. NE-SW, ergibt sich ein einheitliches Resultat: Der Schwerpunkt der Algenverteilung ist von Norden nach NW bzw. NE verlagert. Das Übergewicht der N-Exposition gegenüber NW ist bei der ersteren überhaupt verloren gegangen (21,4 bzw. 31,5 %), bei den letzteren haben N und NE die gleichen Prozentanteile (je 31,4 %). Zum Schluß sei noch die Algenverteilung in den südlich-südöstlichen und in den nördlich-nordwestlichen Außenbezirken von Bonn kurz betrachtet. In beiden Fällen ist eine NE-Verschiebung des Verteilungsdiagramms festzustellen, die bei den Nordbezirken sogar zu einem Übergewicht von NE gegenüber NW (29,4 bzw. 23,3 %) führt.

Bei der Diskussion der Windrosen der Flechtenverteilung (Fig. 1—9, gebrochene Linien) ist zu beachten, daß diese auf einer viel kleineren Zahlengrundlage beruhen als bei den Algen: nur rund 20 % der untersuchten Bäume wiesen ja überhaupt einen Flechtenbewuchs auf. Trotzdem treten einige Regelmäßigkeiten überaus deutlich hervor. Die Flechten bevorzugen nicht wie die Algen die Nordflanke, sondern die W-SW-Flanke der Stämme. Die verschiedenen ökologischen Ansprüche dieser beiden Epiphytengruppen kommen in diesem Unterschied der Expositionswahl sehr klar zum Ausdruck. In fast allen Fällen ist das Flechtenmaximum gegenüber dem Algenmaximum um ca. 90° entgegengesetzt dem Uhrzeigersinne verschoben. Im Diagramm der nördlichen Außenbezirke ist die Divergenz zwischen Algen- und Flechtenmaximum fast 180°. Das gleiche gilt in etwa für die Verhältnisse in den südlichen Außenbezirken. Für die Doppelgipfligkeit der Flechtenverbreitung im letzteren Fall kann noch keine befriedigende Erklärung gegeben werden. Im allgemeinen entspricht einem breiten Maximum der Verteilung der Algen auch ein ähnliches für die Flechten. Andererseits entspricht dem spitzen N-Maximum der Algen in den N-S-Straßenzügen der inneren Stadtteile ein noch extremeres W-Maximum (72,4 %) der Flechten.

IV. Klimafaktoren und Epiphytenverteilung.

Emonds hat die Ergebnisse seiner bereits mehrfach zitierten Untersuchungen in einer Kartenskizze der wohnklimatischen Gliederung des Bonner Stadtgebietes zusammengefaßt, die in unserer Tafel 1 wiedergegeben ist. Die wichtigsten Ergebnisse, die aus unseren eigenen Epiphytenstudien gezogen wurden, sind in dieser Kartenskizze zum Zwecke des Vergleiches eingetragen worden. Die Überein-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

stimmung der mit gänzlich verschiedenen Methoden gewonnenen Resultate ist bemerkenswert gut.

Man erkennt deutlich, daß die von uns festgestellten „Flechtenwüsten" Bonns sich weitgehend mit den als „wohnklimatisch sehr schlecht" ausgeschiedenen Gebieten der Güteklasse V in Bezug auf Lage und Umfang weitgehend decken. Die Abweichung in der Grenzziehung beträgt im ungünstigsten Falle etwa 200 m. Unser nördliches flechtenfreies Areal entspricht bei EMONDS zwei Teilgebieten, dem zentralen „Geschäftsviertel" Bonns (V/1) und der Nord-Altwohnstadt (V/2). Für den wohnklimatisch etwas besseren Korridor zwischen beiden mag man in unserer Kartenskizze in dem von SW einspringenden Winkel eine Andeutung sehen.

Auch unsere Grenze zwischen „Innenstadt" und „Außenbezirken" deckt sich weitgehend mit der Grenze zwischen den wohnklimatischen Gütestufen III (mittelmäßig) und II (gut) bei EMONDS. Nur südlich des Bundeshauses, zwischen Bahndamm und Koblenzer Straße, ergibt sich eine größere Abweichung von etwa 600 m [5]). Die überraschend gute Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen der beiden Arbeiten lassen wohl den Schluß zu, daß zwischen dem Vorkommen der Epiphyten und den von EMONDS durch exakte Messungen ermittelten mesoklimatischen Verhältnissen ein direkter Kausalzusammenhang besteht. Das Stadtkerngebiet (Gütestufe V des Wohnklimas), das sich mit den „Flechtenwüsten" weitgehend deckt, ist nach EMONDS gekennzeichnet durch geringste Ventilation, geringe Tagesamplitude der Temperatur, größte nächtliche Überwärmung, große Nebelgefährdung, geringste Ozonkonzentration, sehr große Schwülegefährdung und sehr große, bzw. große Staubkonzentration (hierzu aber S. 13). Die durch die bebaute Stadtoberfläche reduzierte Ventilation begünstigt die Ausbildung einer Dunsthaube. Das führt wieder zu dem für das Stadtklima kennzeichnenden Treibhauseffekt: „Es wird zwar weniger Strahlung hereingelassen, aber noch weniger von der in Wärme übersetzten Energie wieder hinaus" (EMONDS S. 52). Die nächtliche Übertemperatur des Stadtkerns hat ganz zweifellos eine stark verminderte Tauhäufigkeit zur Folge. Es scheint uns, daß dieser Faktor bei allen Diskussionen über die Flechtenfeindlichkeit des Stadtklimas besondere Beachtung verdient. Auf die Bedeutung der Wasseraufnahme aus dem nächtlichen Tauniederschlag für den Wasser- und Stoffhaushalt der Flechten hat erst kürzlich BUTIN (1954) hingewiesen. In diesem Zusammenhang verdient noch ein anderer Hinweis von EMONDS (S. 52) Erwähnung, daß die Stadt schon deshalb absolut und relativ trockener ist als das Freiland, weil schätzungsweise $^2/_3$ der Niederschläge sofort durch das Kanalsystem abgeführt werden.

Unter ganz anderen Gesichtspunkten müssen selbstverständlich die Richtungseffekte gedeutet werden, die beim Studium der Expositionsabhängigkeit der Epiphyten im Stadtgebiet gefunden wurden.

Die Windrosen der Algenverteilung auf den Baumstämmen (Fig. 1—9) zeigen eine deutliche Bevorzugung der Nordrichtung. Es läge nahe, dies als eine Vorliebe der Algen für die „Schattenseite" zu deuten. Tatsächlich wird ja die Nord-

---

[5]) Die Abweichungen sind kaum erstaunlich, wenn man in Betracht zieht, daß sowohl in der Arbeit von EMONDS als in der hier vorliegenden eine gewisse Willkür bei der Ziehung der Grenzlinien sicher unvermeidlich war. Es ist deshalb notwendig zu betonen, daß unsere eigene Kartenskizze bereits einige Monate vor Erscheinen der EMONDS'schen Arbeit vorlag und daß sie nur für die Veröffentlichung zu Vergleichszwecken in die Karte von EMONDS übertragen wurde.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

flanke eines Baumes unter sonst gleichen Bedingungen durch ein Minimum an Einstrahlung und damit an Erwärmung und Verdunstung gekennzeichnet sein. Das starke Hervortreten des N-S-Gegensatzes in den nach S offenen Straßen mit N-S-Verlauf würde dazu ebenso gut passen wie auch die starke Dämpfung dieses Gegensatzes in den W-E-Straßen. Dagegen muß diese Erklärung für die Unterschiede zwischen den NW-SE- und den NE-SW-Straßen versagen. Eine einfache Überlegung zeigt nämlich, daß das Strahlungsklima der Baumstämme in den Straßen beider Arten keine Unterschiede aufweisen wird, wenn man ein Material auswertet, das sich aus Bäumen beider Straßenseiten zusammensetzt, wie das in unseren Untersuchungen tatsächlich geschehen ist. Es ist also sehr wahrscheinlich, daß ein anderer Richtungsfaktor zumindest mitbeteiligt ist. Dabei fällt der Blick naturgemäß auf die Windverhältnisse. Die Windrose des Ventilationsgrades (Windhäufigkeit × Windstärke) (Fig. 10 nach Emonds) zeigt im Bonner Stadtgebiet ein ausgesprochenes Maximum aus West. Es folgen SW, S, SE, das Minimum liegt bei NE. Vergleicht man damit die Windrose der Algenverteilung im gesamten Stadtgebiet, so entspräche der starken Ventilation aus SW-SE gut das Maximum der Algenverteilung auf der Leeflanke der Bäume zwischen NW und NE. Das Maximum der Luftbewegung aus W findet freilich kein Gegenstück in einem Algenmaximum nach E. Die Ventilationsrichtungen wurden an der frei exponierten Wetterstation bestimmt. Sie werden sicherlich durch Abschirmung oder Umlenkung, je nach der Richtung der Straßenzüge, eine Abänderung erfahren. Ein Beispiel im größeren Maßstabe gibt hierfür die von Emonds ausführlich diskutierte symmetrische Ablenkung der Winde durch den Rheintalgraben. Unter diesem Aspekt ließe sich die Algenverteilung in den NW-SE- und NE-SW-Straßen ebenso wie in den N-S-Straßen als eine Vorliebe für die Leeflanke der Bäume, insbesondere für die gegen S-Winde geschützte Flanke auffassen.

Es sei schließlich noch darauf hingewiesen, daß die Windrose des Ventilationsgrades von Friesdorf (südlich von Bonn) ein ausgesprochenes S-Maximum aufweist, und daß Emonds diese Verhältnisse auch für die südlichen Außenbezirke von Bonn annimmt (Fig. 11). Mit allem Vorbehalt darf in diesem Zusammenhang auf die in eben diesen Außenbezirken (Fig. 9) im Vergleich zur Innenstadt (Fig. 2) stärker ausgeprägte N-Spitze der Algenexposition hingewiesen werden.

Noch schwieriger ist es, aus den Klimafaktoren Anhaltspunkte für eine ganz befriedigende Erklärung der Expositionsverteilung der Flechten zu finden. Die regelmäßigen Zusammenhänge zwischen den Windrosen der Algen- und Flechtenverteilung, von denen früher die Rede war, lassen vermuten, daß ähnliche Faktoren wie dort eine Rolle spielen mögen. Vielleicht ist die „Westtendenz" der Flechtenüberzüge damit zu erklären, daß wenigstens die konvektiven Regen durch Winde aus NW- bis SW-Richtung gebracht werden, daß die Westflanke der Bäume also die Prallseite für den Regen darstellt.

Eine abschließende Diskussion über die hier berichteten ökologischen Fragen wird erst möglich sein, wenn ähnliche Aufnahmen des Epiphytenbestandes von anderen Städten, so wie es hier getan werden konnte, präzisen Angaben über das Lokalklima gegenübergestellt werden können.

Bei der Erörterung der Epiphytenverteilung in Bonn wurden von uns vor allem Befunde über das Stadtklima herangezogen. Die gute Übereinstimmung der Resultate der biologischen und klimatologischen Analyse (vgl. Karte 1)

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

scheint das zu rechtfertigen. Im Gegensatz dazu haben die meisten bisherigen Untersucher der Epiphytenvegetation in Städten (HAUGSJA, HOEG, VARESCHI 1936, 1953, SAUBERER) auf die Luftverunreinigung durch Rauchgase, Ruß, Staub und Teer besonderes Gewicht gelegt. Die Bedeutung dieser Faktoren soll gar nicht in Abrede gestellt werden, zumal wenigstens in einem, anscheinend freilich extremen Fall (Umgebung von Pittsburg, MROSE, 1941) die experimentelle Analyse des Rauchgaseinflusses positive Ergebnisse gebracht hat. Immerhin scheint es uns nützlich, auf Grund unserer Bonner Untersuchungen einige Tatsachen anzumerken, die als Argumente in den Diskussionen eine Rolle spielen könnten, wie sich der Einfluß von „Stadtluft" und „Stadtklima" auf die Epiphytenfeindlichkeit der Städte verteilt.

1. Wenn früher (S. 11) davon die Rede war, daß die flechtenfreien Stadtkerngebiete von Bonn „große" bis „sehr große" Staubkonzentrationen aufweisen, so ist das durchaus relativ zu nehmen. EMONDS (S. 32) selbst hat konimetrische Untersuchungen durchgeführt. Sein Ergebnis ist: „Die ermittelten Konzentrationen sind, verglichen mit anderen Berichten, so gering, daß nur der Konzentrationsunterschied von Stadt und Freiland als hinreichend gesichert anzunehmen ist." Diese Differenz ist aber auch sehr gering (etwa 10 : 6). Wenn die Luft sehr staubrein ist, dürften auch andere Verunreinigungen (etwa SO_2 oder Teer) keine Rolle spielen. Und das ist gar nicht erstaunlich, da im inneren Stadtgebiet von Bonn so gut wie keine rauch- oder stauberzeugende Industrie vorhanden ist. Wenigstens hier dürften Luftverunreinigungen für das Zustandekommen der Flechtenwüste also gar keine große Bedeutung haben. Für die relativ saubere Luft in Bonn spricht übrigens auch das gute Gedeihen der als rauchempfindlich bekannten Coniferen (*Sequoia, Cedrus* u.a.m.).

2. Der etwas stärker industrialisierte Norden von Bonn hat auf die Epiphytenvegetation anscheinend ebenso wenig einen hemmenden Einfluß wie die durch die Stadt ziehende Bahnlinie, die täglich immerhin von etwa 210 Zügen mit Dampflokomotiven befahren wird. Für letztere läßt sich sogar eher das Gegenteil sagen: die Baumreihen entlang der Eisenbahn (Weststraße, Thomasstraße) haben einen relativ guten Flechtenbewuchs.[6])

3. Die Feststellungen, die, wenigstens im Bonner Stadtgebiet, für die Epixylen gemacht werden, treffen durchaus nicht für die epipetren und epigäischen Kryptogamen zu. Schon eine flüchtige Orientierung zeigt, daß auf Mäuerchen und Steinsockeln von Gartenzäunen und am Grund schattiger Hausmauern eine relativ gut entwickelte Flechtenvegetation zu finden ist (*Placodium saxicolum, Caloplaca* sp. div., *Lecanora* sp. div. u. a.). An gut gedeihenden Moosen fehlt es an diesen Standorten ebensowenig wie auf nackter Erde in den zahlreichen Vorgärten der Häuser. Diese Feststellungen gelten durchaus auch für die Stadtgebiete, in denen epixyle Flechten gar nicht oder nur in äußerst reduzierter Vitalität vorkommen.[7])

---

[6]) In unmittelbarer Umgebung einer stark tätigen Fumarole am oberen Rand des Solfataro von Pozzuoli bei Neapel konnte der eine von uns recht gut entwickelte Flechtenbestände (*Clad. foliacea* u. a.) feststellen. Die SO_2-Konzentration der Luft war an diesen Standorten gewiß höher als in irgendeiner Industriestadt! Freilich fehlen Ruß und Teer.

[7]) Für Zürich kommt VARESCHI (1936) im Gegensatz hierzu zur Auffassung: „wo die Epixylenvegetation auftritt, verliert sich auch die epipetre Vegetation". Genauere Analysen der nicht epixylen Kryptogamen liegen aber bisher noch von keiner Stadt vor.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Es ist nun in keiner Weise einzusehen, daß Luftverunreinigungen auf die Epiphyten der Baumstämme anders wirken sollten als auf den Aufwuchs von Erde und von Steinen. Die Annahme einer verschiedenen Empfindlichkeit der in Frage stehenden Organismen könnte sich auf keinerlei präzise Beobachtungen stützen. Der Einwand, daß eine karbonatische Gesteinsunterlage etwa auf Säuren aus der Luft abstumpfend wirke, entfällt auf alle Fälle für Sandstein oder Basalt. Hingegen kann es als sicher gelten, daß sich die beiden Arten von Standorten vor allem in ihrem hygrischen Mikroklima sehr gründlegend unterscheiden.

4. Schließlich darf noch darauf hingewiesen werden, daß nach allen Autoren bei der Annäherung an die Stadtzentren zuerst die Strauchflechten ausfallen, dann die Laubflechten und schließlich in der Kampfzone nur Krustenflechten auf den Baumrinden zu finden sind. Die Annahme spezifischer Unterschiede in der Rauchgastoleranz ist auch hier höchst unsicher und unbefriedigend. Dagegen drüfte kaum ein Zweifel bestehen, daß die 3 verschiedenen Wuchstypen der Flechten verschiedene Grade der Abhängigkeit von den Klimafaktoren im umgebenden Luftraum repräsentieren. Strauchflechten werden mehr als Laubflechten und diese wieder mehr als Krustenflechten durch Lufttrockenheit gefährdet sein, wobei vor allem auf den Taufaktor hingewiesen werden muß. Seine Bedeutung für den Wasserhaushalt gerade von epixylen Strauchflechten hat BUTIN (1954) gezeigt.

Wir sind also nicht ganz sicher, ob nicht bisher dem Faktor Luftverunreinigung bei der Erklärung der Epiphytenfeindlichkeit eine zu große, um nicht zu sagen ausschließliche Bedeutung beigemessen wurde. Das Bonner Beispiel scheint zu zeigen, daß die rein klimatischen Faktoren zumindest eine sehr große Beachtung verdienen.[8])

[8]) Herr Direktor O. KLEMENT (Hannover), dem ich nach Fertigstellung des Manuskriptes einen Durchschlag zur Durchsicht übersandte, wies mich nachträglich auf eine vor kurzem an schwer zugänglicher Stelle erschienene polnische Arbeit hin (RYDZAK, J., Rozmieszczenie i ekologia porostów miasta Lublina. — Dislokation und Ökologie der Flechten der Stadt Lublin. — Annal. Univers. Mariae Curie-Sklodowska Lublin (Polonia) VIII/9, Sect. C, 1953) und machte mir seine Übersetzung dieser Veröffentlichung zugänglich.

RYDZAK untersucht nicht nur die epiphytische Flechtenvegetation von Lublin, die sehr reichhaltig ist (55 Arten aus 19 Gattungen), sondern auch die Flechten auf Steinen, Mörtel und ähnlichen Substraten (35 Arten aus 16 Gattungen). Die Schlußfolgerungen, die der Verf. hinsichtlich der ökologischen Situation bei den Stadtflechten zieht, sind sehr bemerkenswert. Da seine Arbeit bei uns kaum zugänglich ist, seien daraus einige Sätze (in der Übersetzung von O. KLEMENT) wörtlich zitiert:

„Daraus ersehen wir, daß die Annahme einer Einwirkung von SO_2 auf die Dislokation von Flechten in den Städten zu einem Unsinn führt und ein Beispiel für eine kollektive wissenschaftliche Suggestion ist."

„Über Vorkommen, Dislokation, schwache Entwicklung und Elimination von Flechtenarten in den Städten entscheidet nicht ein einziger Faktor, im gegebenen Falle das allgemein beschuldigte Schwefeldioxyd und noch andere, die Luft verunreinigende Gase, sondern ein Komplex von vielen Faktoren, welche das Verhältnis von Luft- und Untergrundfeuchtigkeit in der ganzen Stadt und an den einzelnen Standorten gestalten."

„Die vom Verfasser beschriebenen Flechtenwüsten, Kampfzonen und Zonen mit normalentwickelter Flechtenflora decken sich mit der Dislokation von Temperatur und einer bestimmten relativen Luftfeuchtigkeit im Stadtgebiet und sind das Resultat eines Kampfes mit der Luftdürre, das Resultat des Kampfes um Wasser und nicht des Kampfes mit schädlichen Gasen."

Auf Grund von Untersuchungen in einem, im einzelnen sehr verschiedenartigen Gebiete werden hier also sehr entschieden dieselben Schlußfolgerungen ausgesprochen, die uns nach unseren Studien im Bonner Stadtgebiet nahezuliegen schienen.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

V. Zusammenfassung.

1. Im gesamten Bonner Stadtgebiet mit Ausschluß des Venusberges wurde der Epiphytenbewuchs an den Stämmen sämtlicher Bäume öffentlicher Straßen und Plätze aufgenommen. Hierbei wurde sowohl der Verteilung des Aufwuchses im Stadtgebiet als auch der bevorzugten Stammexposition systematische Beachtung geschenkt.

2. Die Epiphytenvegetation ist arm. Es überwiegen eintönige Überzüge von Grünalgen, vor allem *Pleurococcus vulgaris*.

3. Nach der Flechtenverteilung im Stadtgebiet lassen sich gleich wie in anderen Städten eine Flechtenwüste und eine Kampfzone unterscheiden.

4. Während die Algen vorwiegend auf der Nordflanke der Baumstämme zu finden sind, bevorzugen die epixylen Flechten die Westseite der Stämme. Die allgemeine Verteilungsregel erfährt je nach der Richtung der Straßenzüge gesetzmäßige Abänderungen.

5. Die Ergebnisse werden mit den Angaben der Literatur und mit den Untersuchungen von Emonds über das Wohnklima von Bonn verglichen. Es zeigt sich, daß die Aufnahme der Flechtenvegetation zu ähnlichen Schlußfolgerungen führt wie die genaue klimatologische Analyse.

6. Bei der Expositionswahl der Epiphyten dürften neben dem expositionsabhängigen Strahlungsklima die Ventilationsverhältnisse eine sehr maßgebende Rolle spielen.

Es wird darauf hingewiesen, daß für die Epiphyten- und spezielle Flechtenfeindlichkeit der Städte rein klimatische Ursachen neben oder sogar vor der Luftverunreinigung ausschlaggebend sein dürften.

LITERATUR:

Arnold, F., Zur Lichenenflora von München. München, 1892.

Britzelmayr, M., Die Lichenen der Flora von Augsburg. Ber. naturk. Ver. Augsburg **23**, 31 (1875).

— Beiträge zur Lichenenflora von Augsburg. Ebenda **25**, 96 (1879).

Butin, H., Physiologisch-ökologische Untersuchungen über den Wasserhaushalt und die Photosynthese bei Flechten. Biol. Zbl. **73**, 459 (1954).

Emonds, H., Das Bonner Stadtklima. Arb. z. Rhein. Landeskunde (Bonn), H. 7 (1954).

Frey, E., Flechtenflora und -vegetation des Nationalparks im Unterengadin. 1. Teil. Ergebn. wiss. Unters. d. Schweiz. Nationalparks **3** (N.F.) (1952)

Haugsjå, P. K., Über den Einfluß der Stadt Oslo auf die Flechtenvegetation der Bäume. Nyt. Mag. Naturvidensk. (Oslo) **68**, 1—115 (1930).

Hoeg, O. A., Zur Flechtenflora von Stockholm. Ebenda **75**, 129—136 (1936).

Kajanus, B., Morphologische Flechtenstudien. Arkiv f. Botanik **10**, (1911).

Mrose, H., Die Verbreitung baumbewohnender Flechten in Abhängigkeit vom Sulfatgehalt der Niederschlagswässer. Biokl. Beibl. **8**, (1941).

Nylander, W., Les Lichens des Jardins de Luxembourg. Bull. Soc. bot. de France **13**, (1866).

Ochsner, F., Studien über die Epiphytenvegetation der Schweiz (insbesondere des schweizerischen Mittellandes). Jahrb. d. St. Gall. Natw. Ges. **63**/II. 1—108 (1928).

Sauberer, A., Die Verteilung rindenbewohnender Flechten in Wien, ein bioklimatisches Großstadtproblem. Wetter u. Leben (Wien), **3**, 116—121 (1951).

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Schmid, G., Zur Ökologie der Luftalgen. Ber. dtsch. bot. Ges. **45**, 518 (1927).

— Die Verpilzung aerophiler Algen. — Zum Flechtenproblem. Flora **128**, 209 (1933).

Sernander, R., Stockholms natur. Uppsala und Stockholm 1926.

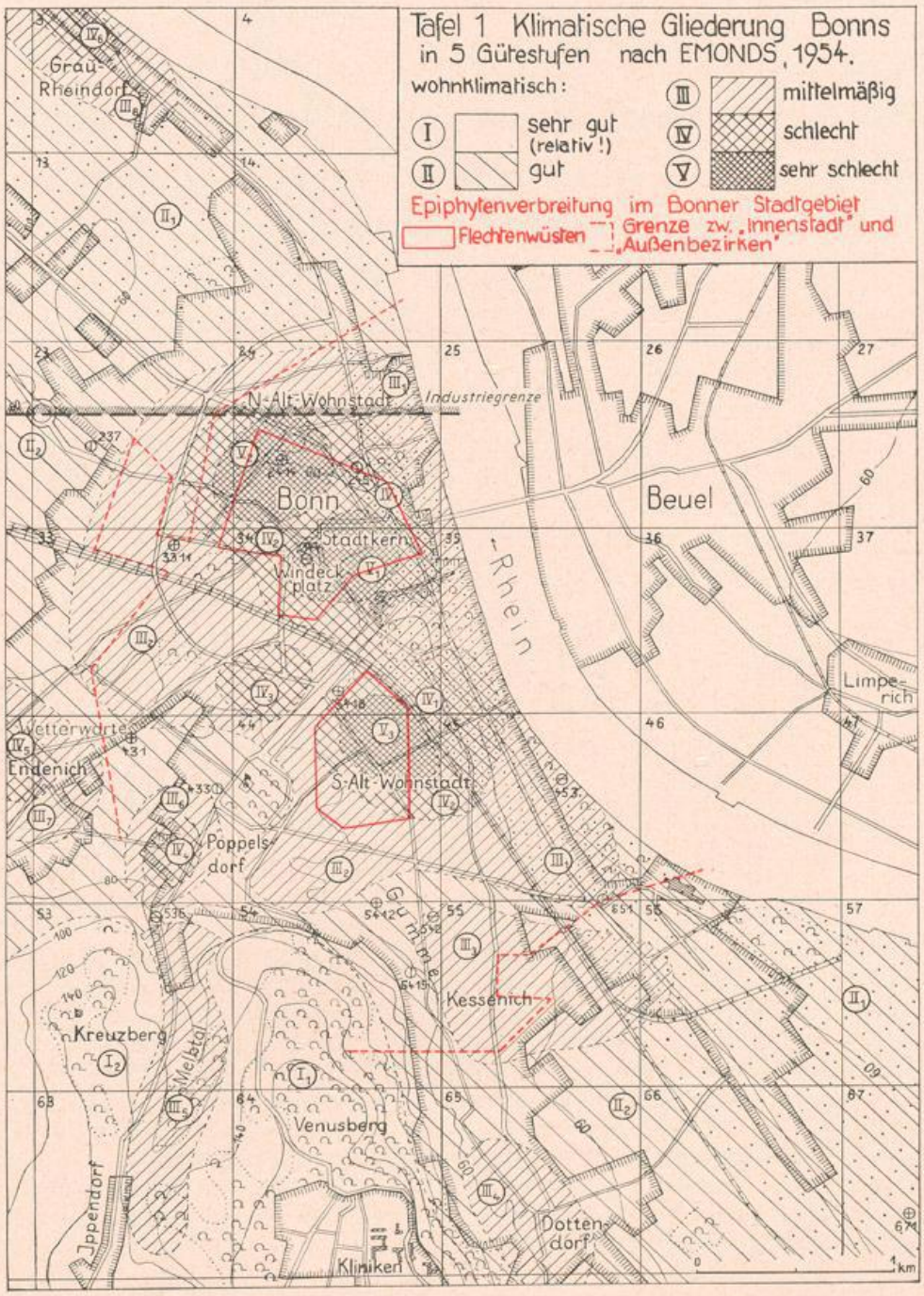
Steiner, M., Zur Expositionsabhängigkeit epixyler Flechtengesellschaften. Ber. dtsch. bot. Ges. **65**, 255 (1952).

Tobler, F., Unvollkommene Flechten. Ebenda **66**, 30 (1953).

Vareschi, V., Die Epiphytenvegetation von Zürich. Ber. schweiz. bot. Ges. **46**, 445—488 (1936).

— La Influencia de les Bosques y Parques sobra el Arie de la ciudad de Caracas. Acta Cientifica Venezolana **4**, 89—95 (1953).

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main


Tafel 1 Klimatische Gliederung Bonns in 5 Gütestufen nach EMONDS, 1954.
wohnklimatisch:
I sehr gut (relativ!)
II gut
III mittelmäßig
IV schlecht
V sehr schlecht
Epiphytenverbreitung im Bonner Stadtgebiet
Flechtenwüsten
Grenze zw. „Innenstadt" und „Außenbezirken"
Grau-Rheindorf
N-Alt-Wohnstadt
Industriegrenze
Bonn
Stadtkern
Windeckplatz
Beuel
Rhein
Limperich
Wetterwarte
Endenich
S-Alt-Wohnstadt
Poppelsdorf
Kessenich
Kreuzberg
Melbtal
Venusberg
Ippendorf
Kliniken
Dottendorf
0 1 km

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Decheniana

Jahr/Year: 1955

Band/Volume: 108

Autor(en)/Author(s): Steiner Maximilian

Artikel/Article: Über die Verbreitung und Expositionsabhängigkeit der Rindenepiphyten im Stadtgebiet von Bonn 1-16