

**Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Geobotanik
in Schleswig-Holstein und Hamburg**

(AG. Floristik . . . von 1922)

Herausgegeben von K. Dierßen

Heft 46

**Erfassung der Flechtenflora der Stadt Kiel
sowie ihre Auswertung unter
immissionsökologischen Aspekten**

von
Doris Zimmer

Kiel 1994

**Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Geobotanik
in Schleswig-Holstein und Hamburg**

(AG. Floristik . . . von 1922)

Herausgegeben von K. Dierßen

Heft 46

**Erfassung der Flechtenflora der Stadt Kiel
sowie ihre Auswertung unter
immissionsökologischen Aspekten**

von
Doris Zimmer

Kiel 1994

"... wirken andere durch die menschliche Tätigkeit bedingte Faktoren ungünstig oder geradezu vernichtend auf die Flechten ein. Dahin gehören vor allen Dingen die in menschlichen Siedlungen und besonders Fabriken sich bildenden Gase aller Art, gegen die die Flechten äußerst empfindlich sind. Sie bewirken ein allmähliches Verschwinden der weitaus meisten Flechten und sind die Ursache, daß in den Städten die prächtigen alten Bäume der Anlagen und die ausgedehnten Steinflächen der Gemäuer und Hafenanlagen nahezu völlig flechtenlos sind. Je größer die Ortschaft, umso auffallender ist diese Erscheinung."

C.F.E. ERICHSEN (1928-1930): Die Flechten des Moränengebiets von Ostschleswig mit Berücksichtigung der angrenzenden Gebiete.

Danksagung

An dieser Stelle sei all jenen herzlich gedankt, die mich bei der Durchführung und Fertigstellung der Arbeit unterstützt haben. Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. L. Kappen für die wissenschaftliche Begleitung des Projektes und insbesondere für die intensive Durchsicht des Manuskripts. Für wertvolle Hinweise und die Ausleihe von Herbarmaterial danke ich Herrn Dr. P. Jacobsen.

Für die Übertragung der "unzähligen" Fundpunkte von Flechten in Verbreitungskarten und technische Arbeiten möchte ich mich insbesondere bei Frau F. Housselle sowie allen weiteren namentlich ungenannten HelferInnen herzlichst bedanken.

Schließlich geht mein herzlicher Dank an meinen Lebensgefährten Holger Abel, der mich auf zahlreichen Exkursionen begleitet hat und ohne dessen Hilfe und Verständnis diese Arbeit nicht zustande gekommen wäre.

Die Untersuchungen wurden mit finanzieller Unterstützung des UMWELT-SCHUTZAMTES KIEL durchgeführt.

INHALTSVERZEICHNIS

1.	EINLEITUNG.....	1
2.	DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET.....	4
2.1	Untersuchungsraum.....	4
2.2	Topographie und Geologie.....	4
2.3	Siedlungsgeschichte und -geographie von Kiel.....	6
2.4	Klima.....	9
2.4.1	Wind.....	9
2.4.2	Niederschläge.....	10
2.4.3	Weitere Klimadaten.....	11
2.4.4	Klimazonen in Kiel.....	12
2.5	Immissionsbelastungen.....	14
3.	BEARBEITUNGSMETHODEN.....	19
4.	DIE FLECHTENFLORA UND IHRE ZONIERUNG IN KIEL.....	21
4.1	Wuchsformtypen und Substratwahl der Flechten.....	21
4.2	Epiphytische Flechten.....	22
4.2.1	Die häufigsten epiphytischen Flechtenarten.....	22
4.2.2	Die Trägerbäume.....	24
4.2.3	Exposition der Aufnahmeflächen.....	25
4.2.4	Die Verbreitung epiphytischer Flechten in Kiel.....	26
4.2.5	Deckungsgrade epiphytischer Blatt- und Strauchflechten.....	48
4.2.6	Verbreitung und Diversität epiphytischer Flechten auf ausgewählten Baumarten Flechten an ausgewählten Trägerbäumen.....	51
4.2.7	Azidifizierung von Baumborken in Kiel.....	57

4.3	Epilithische Flechten auf Kalkgestein.....	59
4.3.1	Häufigkeit und Verbreitung von Kalkflechten in Kiel.....	78
4.4	Flechten auf Silikatgestein.....	69
4.5	Funde von Flechten auf Erdboden.....	77
4.6	Flechten auf Holz.....	78
4.7	Flechten auf Reet.....	78
4.8	Die Flechtenzonierung.....	79
4.8.1	Zonierungskriterien und die Flechtenzonen im Kieler Stadtgebiet.....	79
5.	DISKUSSION.....	87
6.	ZUSAMMENFASSUNG.....	98
7.	LITERATURVERZEICHNIS.....	100

Anhang A: Kommentierte Artenliste der Flechten Kiels

Anhang B: Gefährdungsgrade der in Kiel gefundenen
Flechten nach der Roten Liste Schleswig-Holsteins
(JACOBSEN, 1992), ihre Wuchsform und Substratwahl

Flechten sind Doppelorganismen aus Pilzen, den Mycobionten, und Algen, den Photobionten. Ihre symbiotische Lebensweise ermöglicht es ihnen, weltweit selbst solche Standorte zu besiedeln, die für Sproßpflanzen zu ungünstige Klima- und Substratbedingungen bieten. Sie leben an der Rinde von Bäumen, an Holz, offenem Gestein, auf nährstoffarmen Böden und sind auf Pflanzenresten oder Moosen zu finden. Daneben besiedeln sie aber auch künstliche Substrate wie Mörtel, Beton (und weitere kalkhaltige Unterlagen), Ziegel, Leder, Glas und vieles mehr (BRIGHTMAN & SEWARD, 1977).

Die Symbiosepartner bilden ein charakteristisch geformtes Lager, den Thallus, der vereinfacht drei Wuchsformtypen zugeordnet werden kann: er kann strauchförmig (fruticos), blattförmig (folios) oder krustenförmig (crustos) ausgebildet sein (HENSSEN & JAHNS, 1974).

Als wechselfeuchte Organismen sind Flechten in ihrem Wassergehalt vom Feuchtezustand der Umgebung abhängig (NASH & WIRTH, 1988). Viele Flechten können sowohl lang andauernde Trockenheit als auch große Temperaturschwankungen gut ertragen (KAPPEN, 1973).

Da Flechten ein echtes Abschlußgewebe fehlt, sind sie vor allem Einflüssen aus der sie umgebenden Luft ausgesetzt, so auch allen Schadstoffen. Neben sauer reagierenden Luftschadstoffen wie NO_x , HF und HCl wirken auch Ozon und PAN schädigend. Vor allem dem Schwefeldioxid (SO_2) wird in seiner Wirkung auf Flechten große Bedeutung zugemessen. Es entsteht bei der Verbrennung von Heizölen und Kohle und verbindet sich mit dem Wasserdampf der Luft und dem Wasser zu schwefliger Säure (H_2SO_3), die vor allem bei niedrigem pH physiologische Schädigungen in den Zellen der Flechten hervorruft (TÜRK & WIRTH, 1975).

Im Winterhalbjahr, wenn bedingt durch die Heizperiode die höchsten atmosphärischen Schadstoffkonzentrationen auftreten, ergeben sich solche Schädigungen verstärkt, weil die Flechten in dieser Jahreszeit ihr physiologisches Aktivitätsmaximum haben. Unter den wärmeren und trockeneren Sommerbedingungen werden sie häufiger physiologisch inaktiv und somit widerstandsfähiger gegen Schadstoffe.

Ein Rückgang von Flechten in europäischen Städten wird seit langem beobachtet. Bereits in der Mitte des letzten Jahrhunderts wurde im Zentrum von

Paris eine deutliche Verarmung der Flechtenvegetation auf Baumstämmen und Ästen festgestellt (NYLANDER, 1866) und dies auf die Verunreinigungen der Stadtluft zurückgeführt.

Doch anthropogene Einflüsse äußern sich nicht nur in einer veränderten Zusammensetzung der Luft, sondern auch in der Zerstörung wichtiger Standorte für Flechten und haben so zum Verschwinden von Arten geführt oder aber auch durch Schaffung künstlicher Substrate einige Flechtenarten gefördert (SEAWARD, 1987).

Seit einiger Zeit werden die Flechten aufgrund ihrer artspezifisch unterschiedlichen Toleranz gegenüber Schadstoffen der Luft als Bioindikatoren in urban-industriellen Zentren angewendet und so die Luftqualität angezeigt. Dabei werden Gebiete unterschiedlichen Flechtenbewuchses in abgewandelter Form nach den erstmals von SERNANDER (1926) für Stockholm aufgestellten "Flechtenzonen" gegliedert. SERNANDER teilte den epiphytischen Flechtenbewuchs in Stockholm in drei Zonen ein:

- die Flechtenwüste, als weitgehend flechtenfreie Zone
- die Kampfzone, mit spärlichen Vorkommen und kümmerlich entwickelten Blattflechten
- die Normalzone, in der die Flechenvorkommen denen des natürlichen Großklimas entsprechen.

Kernbereiche von Städten mit dichter Bebauung und hohem Verkehrsaufkommen sowie einer Konzentration von Industrie und Gewerbebetrieben stellen sich als sehr flechtenfeindlich dar; oft ist jeglicher Bewuchs aus diesen Bereichen verschwunden.

Übersichten über die vielfältige Literatur hierzu geben beispielsweise HAWKSWORTH (1971), HAWKSWORTH & ROSE (1976), JÜRGING & BURKHARDT (1982), KRÜGER-DANIELSON (1982), NASH & WIRTH (1988) und RICHARDSON (1988) sowie von HENDERSON fortlaufend eine regelmäßige Zusammenstellung neuerer Literatur in der Zeitschrift "Lichenologist" unter der Rubrik "Literature on Air Pollution and Lichens".

Lichenologische Arbeiten in Schleswig-Holstein dienten früher weitgehend der floristischen Erfassung (ERICHSEN, 1957; KLEMENT, 1949; WOELM, 1988; ERNST, 1988; u.a.). Doch bereits FISCHER-BENZON (1901) führt aufgrund seiner Beobachtung der Flechtenflora in Schleswig-Holstein den

Rückgang vieler Flechtenarten im Bereich der Stadt auf die Auswirkungen des Hausbrandes zurück. Er schreibt unter anderem: "...im übrigen sieht man deutlich, wie die Stadt den Flechten das Dasein verleidet... . Vielleicht ist es der Steinkohlenruß, der den Flechten verderblich wird; jedenfalls sieht man an solchen Stellen, die häufig dem Steinkohlenrauch ausgesetzt sind, nie eine Flechte."

In den ausführlichen neueren Untersuchungen der Flechtenflora von Schleswig-Holstein diskutiert JACOBSEN (1987; 1992) vor allem auch die Verbreitung von Flechten hinsichtlich ihrer anthropogenen Beeinflussung. Seit 1992 wird die Flechtenvegetation von Schleswig-Holstein von der Autorin landesweit in Dauerquadraten beobachtet.

Für das Stadtgebiet von Kiel lagen bisher nur wenige Beobachtungen vor. Noch im 19. Jahrhundert wurde im Düsternbrooker Gehölz in Kiel in der Nähe der Forstbaumschule auf Buchen die äußerst immissionsempfindliche Lungenflechte *Lobaria pulmonaria* nachgewiesen (Hennings 1875, Kiel-Herbar). Heute ist diese Flechte nur noch an einem einzigen Standort in ganz Schleswig-Holstein zu finden.

Weitere Angaben zu einzelnen Flechtenfunden aus Kiel stammen vor allem von ERICHSEN (1928-30; 1957 u.a.). 1926 machte TRÜMPENER im Rahmen seiner Dissertation "Über die Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration für die Verbreitung von Flechten" genauere Angaben über den Flechtenbewuchs an Bäumen einzelner Bezirke in Kiel. Er stellte unter anderem günstige Verhältnisse für den epiphytischen Flechtenbewuchs in stadtnahen Parkanlagen und Villenvierteln fest, jedoch: "In den Verkehrsstraßen, wo die Bäume im Pflaster stehen, nur durch eine winzige Fläche nackten Bodens davon getrennt, weisen sie überhaupt keinen Flechtenbewuchs auf, nicht einmal an den Stammbasen".

Im Unterschied zu vielen anderen Städten Deutschlands lag für Kiel eine aktuelle Erfassung der Flechtenvegetation bisher nicht vor. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, dies nachzuholen. Es soll ein Überblick über die im Stadtgebiet von Kiel vorkommenden Flechtenarten gegeben werden, sowie ihre Verbreitung unter immissionsökologischen Aspekten als auch weiteren auffallenden anthropogenen Einflüssen diskutiert werden. Verbreitungskarten von Flechten sollen im Hinblick auf Langzeitbeobachtungen möglicher Veränderungen der Flechtenflora von Kiel zu späteren Vergleichskartierungen dienen.

2 DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET

2.1 Untersuchungsraum

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich bis zur politischen Stadtgrenze der die südliche Förde umgebenden Landeshauptstadt Schleswig-Holsteins.

Die Einwohnerzahl liegt bei über 249.000 Einwohnern (STATISTISCHES LANDESAMT S-H, 1992).

Das Stadtgebiet umfaßt eine Fläche von 111,7 km² (STATISTISCHES LANDESAMT, 1989; Stand 31.12.88). Davon nehmen ein:

Gebäude und Freiflächen	29,0 %
Verkehrsflächen	19,8 %
Betriebsflächen	2,0 %
Landwirtschaftliche Flächen	38,1 %
Waldflächen	2,7 %
Erholungsflächen	1,4 %
Flächen anderer Nutzung (Friedhöfe und "Unland")	1,9 %
Wasserflächen	4,3 %

In Nord-Süd-Ausdehnung erstreckt sich die Stadt über eine Länge von max. 20,4 km, in Ost-West-Richtung über max. 12,3 km. Ihre Lage an der Kieler Förde bedingt die Teilung in "Ost"- und "Westufer". Der Nord-Ostsee-Kanal zerschneidet den nördlichen Abschnitt des Westufers, das Ostufer wird durch die Schwentine geteilt.

2.2 Topographie und Geologie

Das Gebiet Kiel und Umgebung wird zwei Naturräumen zugeordnet: dem Naturraum Schwansen, Dänischer Wohld und dem Ostholsteinischen Hügel- und Seenland.

Die Topographie der Stadt ist geprägt von der kuppigen bis flachen Jungmoränenlandschaft des ostholsteinischen Hügellandes. Eine grundlegende Kennzeichnung erfährt das Gebiet durch seine größte glaziale Hohlform, das

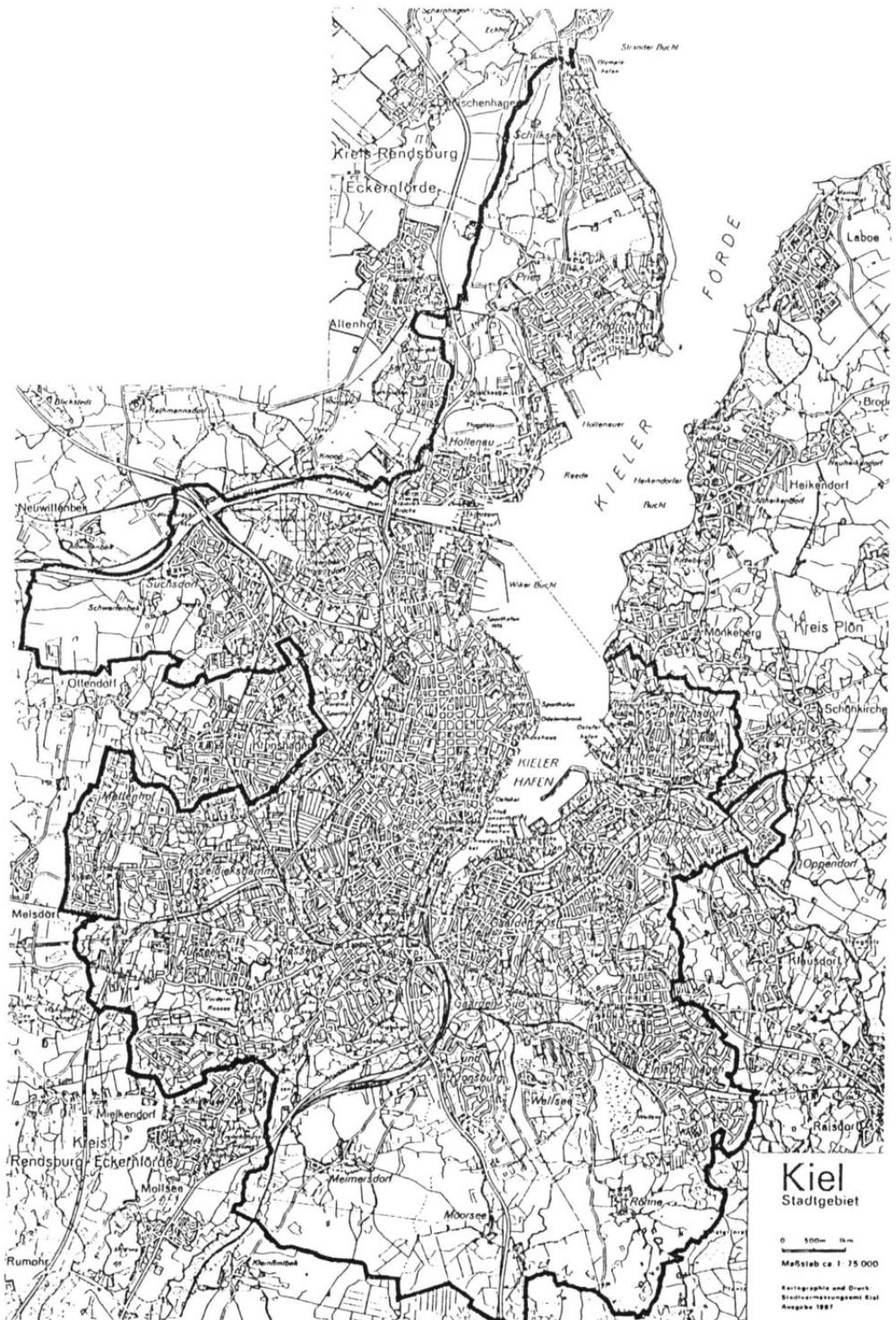


Abb.1: Das Untersuchungsgebiet

einschneidende Tal der Kieler Förde. Die höchste Erhebung ist der südlich gelegene Wohlersberg mit 74,2 m über NN.

Jüngere Endmoränenzüge der Weichseleiszeit sind unter anderem zwischen Bülk und Schwedeneck, Russee und Achterwehr, als Hornheimer Riegel zwischen Russee und Raisdorf und im Raum um Schönkirchen erkennbar. Weiterhin prägen flache glaziale Hohlformen, beispielsweise die Schmelzwasserrinne Eiderthal, das Schwentinetal, die Kuhfurtsau, die Fuhlenseeniederung und die Kronshagener-Ottendorfer Au das Gebiet.

2.3 Siedlungsgeschichte und -geographie von Kiel

Kiel wurde zwischen 1233 und 1242 auf einer etwa 18 ha großen Halbinsel zwischen der Förde und dem Kleinen Kiel angelegt und erhielt 1242 das Stadtrecht (STEWIG, 1971, Abb.2). Bis zum 15. Jahrhundert zählte die Stadt nicht mehr als 2500 Einwohner.

In der Mitte des 17.Jahrhunderts entwickelte sich die südwestliche Vorstadt. Zu dieser Zeit hatte Kiel nur regionale Bedeutung als Handels- und Residenzstadt und lag abseits der großräumigen Verkehrsverbindungen.

Erst die Eingliederung in den dänischen Staat (1773) und die Neuordnung des Fernverkehrs milderten die Abseitslage Kiels. Die Bedeutung der Stadt als preußische Marinestation (ab 1864) ließ durch die neu geschaffenen Arbeitsplätze in der Werft und Kriegsindustrie die Einwohnerzahl sprunghaft ansteigen, was eine Stadterweiterung auf dem Werftufer nördlich und südlich der Altstadt sowie auf dem Ostufer zur Folge hatte. 1869 begann eine ringförmige Erweiterung der Stadt Kiel bis zur südlich gelegenen Ringstraße; es folgte ein schachbrettartig angelegter Ausbau von der Annenstraße bis zur Kiel-Wik im Norden. Hierdurch wurde der alte Baumbestand beider Bereiche weitgehend zerstört. Der stark ansteigenden Bevölkerungszahl trug man mit der Errichtung von fünfstöckigen Mietshäusern Rechnung.

Bis zum ersten Weltkrieg wurden neun Gebiete eingemeindet (Abb.3): Brunswik (1869), Wik (1893), Projensdorf (1909), Gaarden-Ost (1901), nachfolgend weitere Gemeinden des Ostufers (Ellerbek, Wellingdorf, Hassee, Hasseldieksdamm und Gaarden-Süd, 1910).

Nach dem ersten Weltkrieg verlagerte sich das Wohngebiet in die Randzonen der Stadt (STEWIG, 1983). Die Gartenstädte Schulensee und Elmschenhagen entstanden (Abb.2). Verstärkt wurde auf die Entwicklung von Grüngürteln und Parks Wert gelegt. Es folgten weitere Eingemeindungen (Holtenau, Pries, Friedrichsort, Neumühlen-Dietrichsdorf, Kronsburg und

Elmschenhagen, Abb.2).

Die auch nach dem Zweiten Weltkrieg weitergehende Ansiedlung am Stadtrand wurde auf Schwerpunkte konzentriert. Völlig neu wurde dabei Mettenhof angelegt (Baubeginn 1965, Abb.2). Durch Eingemeindungen kamen schließlich Suchsdorf (1958), Schilksee (1959), Mettenhof (1963) und 1970 Russee, Meimersdorf, Mooree, Wellsee und Rönne zu Kiel (Abb.3).

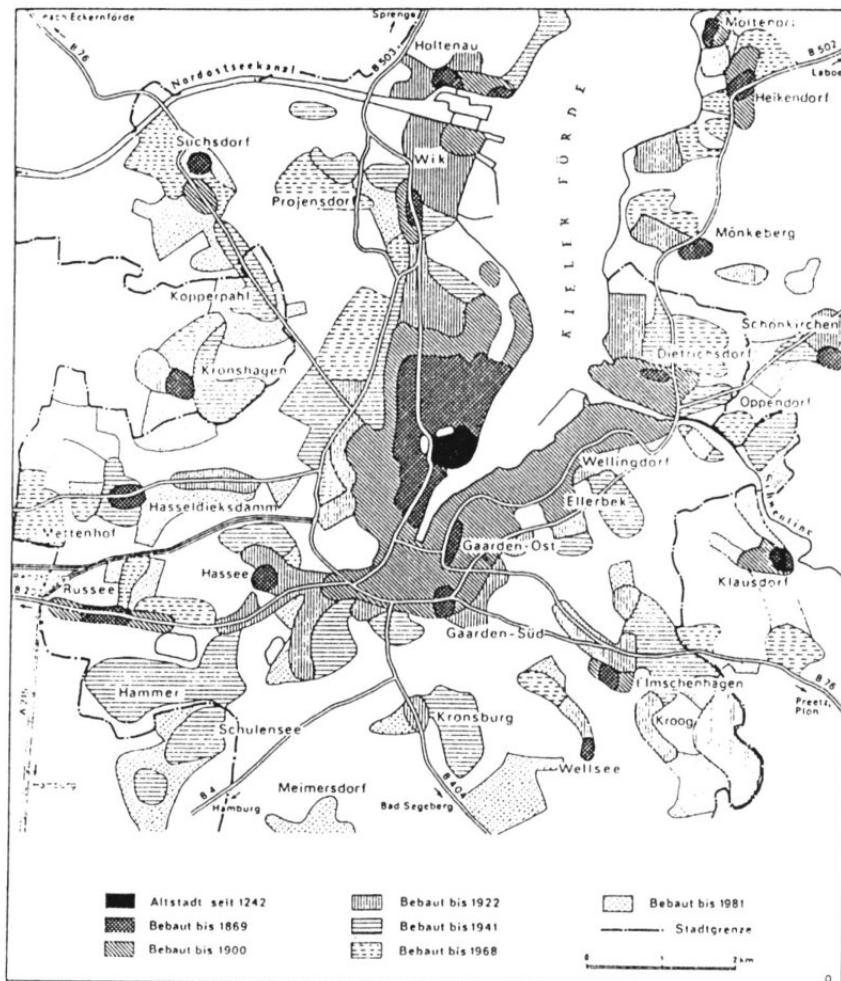


Abb.2 : Räumliche Entwicklung der Stadt Kiel (nach STEWIG, 1971)

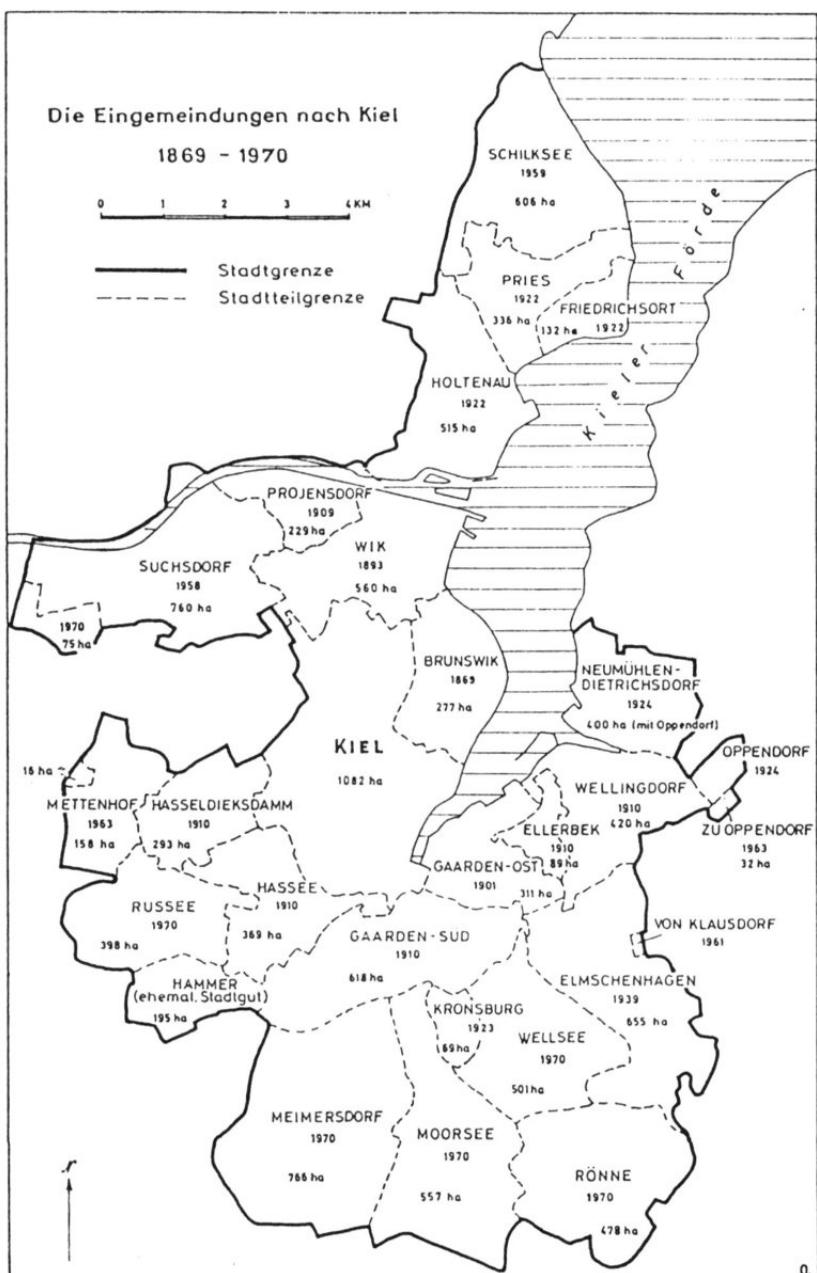


Abb. 3 : Die Eingemeindungen nach Kiel (nach STEWIG, 1971)

2.4

Klima

Die Lage Schleswig-Holsteins im Einflußbereich von Nord- und Ostsee bedingt ein durch die Wechselwirkungen zwischen nordatlantischen und kontinentalen Luftmassen geprägtes Klima. Dieses "ozeanische Übergangsklima" ist durch raschen Wechsel der Witterungserscheinungen gekennzeichnet.

Das Klima Kiels ist wie das des gesamten norddeutschen Raumes gemäßigt, feucht-temperierte mit milden, schneearmen Wintern und einem späten, zumeist kalten und windigen Frühling. Auf kurze, kühle und feuchte Sommer folgt der milde und windige Herbst (DEUTSCHER WETTERDIENST, 1967). Als "europäischer Sommermonsun" führen Zyklen verstärkt kühle atlantische Luftmassen heran.

2.4.1

Wind

Charakteristisch für Schleswig-Holstein ist die ganzjährig starke Luftbewegung. Winde aus West und Südwest sind in Kiel in allen Jahreszeiten vorherrschend (Abb.4), sie bringen zyklonale Wetterlagen von den Tiefdruckzentren des Nordatlantiks (ERIKSEN, 1964). Nordwestwinde treten im Hochsommer, westliche und nordöstliche Winde dagegen im Frühjahr und Frühsommer, Südwest- und Ostwinde im Herbst und Winter verstärkt auf. Letztere zeigen kontinentale Einflüsse an.

Die mittlere Windgeschwindigkeit in Kiel beträgt 4,3 m/sec. (langjähriges Mittel 1974-1986). Winde aus Südwest und West erreichen die höchsten Geschwindigkeiten und treten in den Herbst- und Wintermonaten auf (DATEN DES WETTERAMTES SCHLESWIG).

In der warmen Jahreszeit treten Land- und Seewinde als Ausgleichsströmung zwischen den unterschiedlich temperierten Bereichen Meer und Festland auf. Auch bei Hochdrucklagen kommt es daher selten zu Calmen. Die Jahressumme der windstillen Tage ist in Kiel im Vergleich zu im Binnenland gelegenen deutschen Städten sehr niedrig (ERIKSEN, 1964). Somit herrscht überwiegend guter Luftraumaustausch im Untersuchungsgebiet vor.

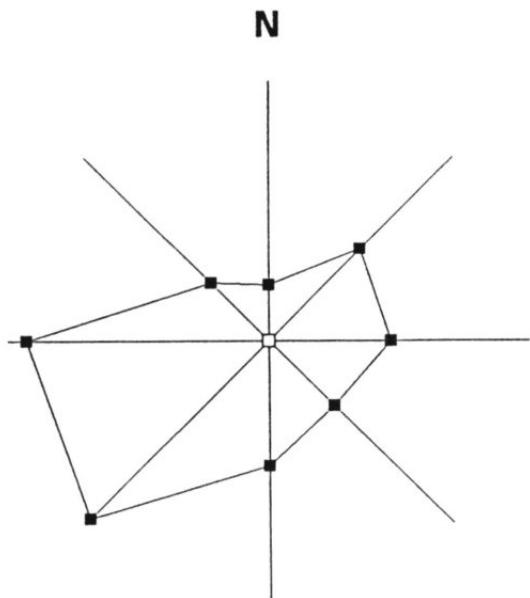


Abb. 4 : Mittlere jährliche Windrichtungsverteilung
von 1974 bis 1986 in Kiel (Meßstelle Kiel-Holtenau)

2.4.2 Niederschläge

Die mittlere Niederschlagssumme beträgt 753 mm (1951 bis 1980, Meßstelle Kiel-Kronshagen). Im Vergleich zur Niederschlagsverteilung in ganz Schleswig-Holstein sind die Werte in Kiel aufgrund der Leewirkung der westlich liegenden Endmoränenzüge verringert. Auf einen relativ trockenen Frühling folgt ein zumeist regenreicher Sommer mit einem Niederschlagsmaximum im Juli oder August. Im Winter wird ein weiteres Jahresmaximum erreicht (Abb.5).

Die Niederschlagssumme im Norden Kiels kann bis zu 30 mm von der im Süden der Stadt abweichen (ERIKSEN, 1964), der Süden und Westen weisen die höchsten Niederschlagssummen auf.

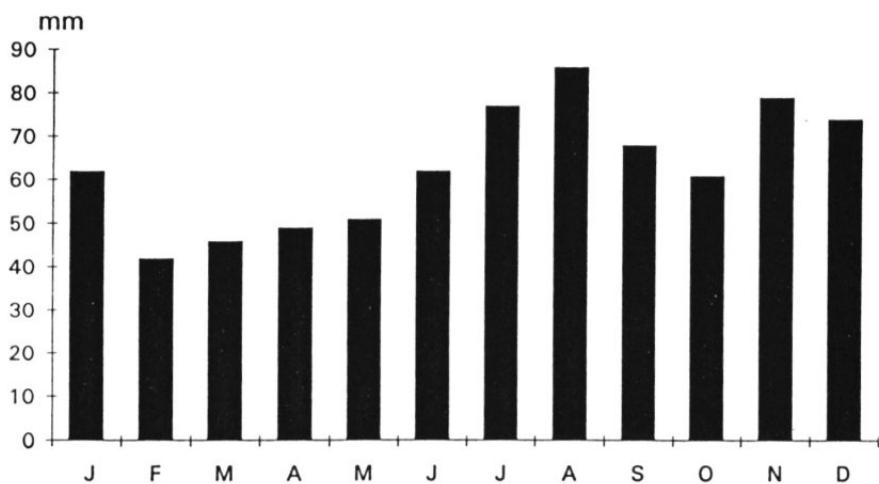


Abb. 5: Mittlere monatliche Niederschläge in Kiel (1951-1980, Meßstelle Kiel-Kronshagen)

2.4.3 Weitere Klimadaten

Die mittlere Lufttemperatur in Kiel beträgt 8,4 °C. Die Nähe des Meeres bewirkt eine Erhöhung der Mitteltemperaturen und der Temperaturextrema im Herbst und Winter, während sie im Frühjahr und zu Beginn des Sommers die Temperaturen dämpft.

Für Schleswig-Holstein ist eine ganzjährig starke Bewölkung charakteristisch. Ab Mai oder Juni breitet sich eine dichtere Wolkendecke aus, im September reißt die Bewölkung wieder auf und verzögert die Abnahme der Einstrahlungsdauer im Herbst.

Die Luftfeuchtigkeit ist vor allem in den Übergangsjahreszeiten und im Winter hoch. Die mittlere Jahresluftfeuchte beträgt 81 %. Die dadurch erhöhte Tendenz zur Nebelbildung spiegelt sich in der Häufigkeit der Nebeltage wider. Die mittlere Anzahl der Nebeltage (1951-1980) pro Jahr beträgt 47,1 Tage.

2.4.4 Klimazonen in Kiel

In einer klimatischen Untersuchung des Kieler Raumes beschrieb ERIKSEN (1964) die Herausbildung eines typischen Stadtklimas. Es resultiert aus der Geländeform und vor allem der Baumassenverteilung. Das Mesoklima Kiels wird im Unterschied zum Stadtklima vergleichbarer Städte im Binnenland durch ständige Luftbewegung geprägt.

Eriksen gliederte das Stadtgebiet nach sechs Klimagütestufen (Abb.6; abgewandelt nach GARTEN- UND FRIEDHOFSAMT, 1986). Die Einteilung beruht auf gemessenen Luft-, Temperatur-, Feuchtigkeits- und Strahlungsverhältnissen, weiterhin auf Beobachtungen über die Windverteilung und die lufthygienische Situation.

Zone 1 charakterisiert vor allem klimatisch günstige, weitgehend unbebaute Bereiche mit hohen Tagesschwankungen von Temperatur und Feuchte sowie guter Ventilation durch kaum abgebremste Winde ("Freilandklima"). Neben dem unbebauten Land im Westen zählen dazu auch Gebiete im Süden und Osten. In den östlich liegenden Bereichen sind Ein- und Ausstrahlung und die Niederschlagssumme geringer als auf dem Westufer. Gegenüber dem westlichen Freiland sind sie durch den Eintrag von Luftverunreinigungen mit den vorherrschenden westlichen Winden benachteiligt.

Die Grünanlagen in der Stadt zeichnen sich durch die Ausbildung eines typischen "Parkklimas" aus: die Temperaturschwankungen sind im Sommer gedämpft, die Luftfeuchtigkeit hoch. Grünzonen gewährleisten eine gute Ventilation. Ähnlich ist das Mesoklima der Hafenrandzone Kiels.

Einzelne Südhänge am Kleinen Kiel, am Kanal und an der Schwentine ("Hanglagen- und Expositionsklima") sind thermisch stärker begünstigt.

Zone 2 ist typisch in Tallagen und feuchten Senken ausgebildet und zeichnet sich durch hohe Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen aus. Es bilden sich häufiger Kaltluftansammlungen und Nebel. Die Ventilation ist herabgesetzt.

In *Zone 3*, den Waldgebieten ("Waldklima"), bleibt die Luft auch in der warmen Jahreszeit kühl und feucht, der hohe Baumbestand wirkt für die Stadt als Windschutz. In dieser Zone zugeordneten Villenvierteln ist die Luftverunreinigung zumeist durch die Nähe zu dichtbebauten Stadtgebieten etwas erhöht. Sommerliche Temperaturen sind gedämpft. Die Stadtrandsiedlungen

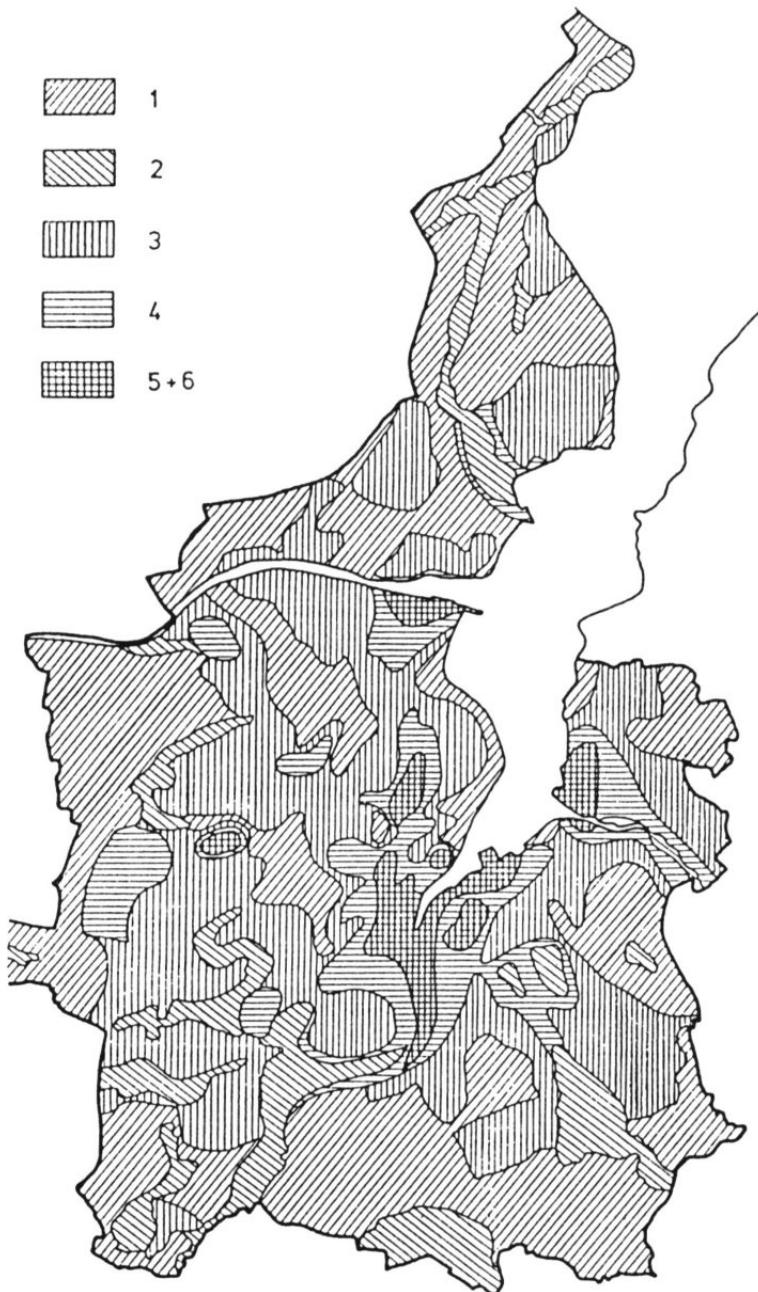


Abb. 6: Klimakarte von Kiel (nach ERIKSEN, 1964), Erläuterungen siehe Text

("Stadtrandklima" dieser Zone) umfassen sowohl die von Grünflächen umgebenen Siedlungskerne am Stadtrand, als auch den randlichen Streifen des bebauten Stadtgebietes. Die Luft ist vergleichsweise rein, die Strahlung wenig geschwächt.

Zone 4 umfaßt vor allem die äußeren Stadt kerngebiete mit relativ dichter Bebauung. Es herrscht ein "Blockhäuserklima" vor. Die Ventilation in den dicht bebauten Gebieten ist gering. Temperaturschwankungen und nächtliche Abkühlung sind verringert. Die Luft ist trocken und durch Autoabgase und das Aufwirbeln von Staub stärker verunreinigt. Dies schwächt auch die Einstrahlung ab.

Die Ventilation in *Zone 5*, der dicht bebauten Innenstadt ("Innenstadtklima"), ist stark abgeschwächt, die Tagesschwankungen von Temperatur und Feuchte verringert, die nächtliche Abkühlung gering. Die Luft ist stark verunreinigt, die Strahlung abgeschwächt. Besonders um Industriebetriebe und Verkehrszentren sind starke Luftverunreinigungen zu verzeichnen. Diese können auch andere Stadtteile beeinflussen. Die hohe Zahl an Kondensationskernen erhöht die Neigung zur Nebelbildung.

In Zone 6, der Bahnhofs niederung im Süden Kiels, herrscht primär ein "Tal-lagen- und Wiesen klima" vor. Die beschriebenen Verhältnisse (feuchte Kaltluftansammlungen, siehe Zone 2) werden aber durch Luftverunreinigungen erheblich verschlechtert.

2.5 Immissionsbelastungen

Verunreinigungen der Luft setzen sich vor allem aus Emissionen von Industrie, Verkehr, Hausbrand und Kleingewerbe zusammen. Für den Ausstoß von Schwefeldioxid und Staub sind dabei im wesentlichen Kraftwerke, Fernheizwerke und weitere Industrien verantwortlich, während der überwiegende Teil der Emmissionen an NO₂ auf Ausstöße des Kraftfahrzeugverkehrs zurückzuführen ist.

Die Belastung der Luft mit Schadstoffen ist in Schleswig-Holstein gegenüber dem Gesamtgebiet der Bundesrepublik bisher gering. Die Jahresmittelwerte der SO₂-Immissionen in der Bundesrepublik betragen 10 - 80 µg/m³. Das Norddeutsche Flachland weist aufgrund der günstigeren meteorologi-

schen Verhältnisse Jahresmittelwerte zwischen 10 und 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 auf (UMWELTBUNDESAMT, 1989).

Innerhalb von Schleswig-Holstein nimmt die Belastung der Luft von Südosten nach Nordwesten hin ab (MINISTER FÜR NATUR UND UMWELT DES LANDES S-H, 1992). Der im Land verursachte Eigenanteil an der Belastung der Luft wird ebenfalls als eher gering angesehen. Der Anteil der ferntransportierten Schadstoffe, die besonders von Südostwinden eingetragen werden, ist erheblich höher (LANDESHAUPTSTADT KIEL, 1987).

Seit 1980 unterhält das Gewerbeaufsichtsamt Itzehoe Stationen zur Immisionsmessung in Schleswig-Holstein in vorwiegend ländlichen Gebieten oder Randzonen von Ballungsgebieten (DER MINISTER FÜR NATUR, UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG DES LANDES S-H, 1988). Von den derzeit 10 fest installierten Stationen werden die Luftschadstoffe SO_2 , NO_2 , NO , CH_4 , O_3 und Schwebstaub gemessen.

Die landesweit betriebenen Meßstationen sind nachfolgend mit dem Datum ihrer jeweiligen Inbetriebnahme aufgeführt, zur Smog-Überwachung wurden in Lübeck zusätzliche Meßcontainer aufgestellt:

Westerbüttel	1978	Kiel, Pädagogische Hochschule	1985
Altendeich	1979	Bornhöved	1988
Geesthacht	1980	Lübeck Lindenplatz	1990
Bargteheide	1982	Lübeck Schönböcken	1983
Schleswig	1983	Lübeck Beckergrube	1989

Die Immissionsbelastung nimmt in Schleswig-Holstein von Südosten nach Nordwesten hin ab. Kiel nimmt dabei meist eine mittlere Stellung ein. Langjährige Untersuchungen der Luftsituation an der Station der Pädagogischen Hochschule zeigen, daß die mittleren Langzeit-Immissionen in Kiel für die meisten Komponenten unter den in der TA-Luft angegebenen Grenzwerten liegen. Sie betragen für SO_2 ungefähr $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Stickstoffdioxid etwa $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Staub $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und Ozon $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Abweichungen von diesem Mittelwert sind bislang gering (Abb.7). In jüngerer Zeit steigen infolge des zunehmenden Kraftfahrzeugverkehrs insbesondere die Ozon-Kurzzeitwerte an.

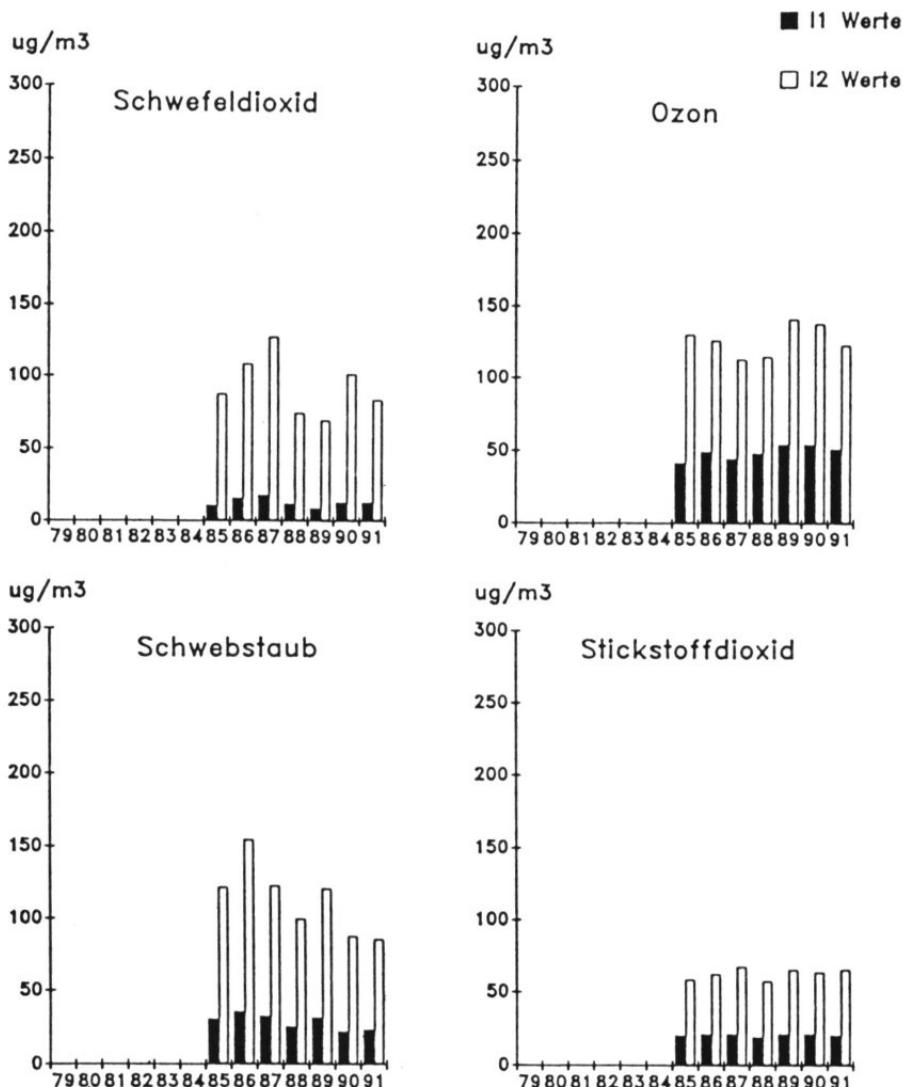


Abb. 7 : Immissionen in Kiel, I1- Werte (Jahresmittel, Langzeitwerte), I2- Werte (Höchstwerte, Kurzzeitwerte), (DER MINISTER FÜR NA- TUR, UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG DES LANDES SCHLESWIG- HOLSTEIN, 1992).

Schwefeldioxid

Schwefeldioxid entsteht überwiegend bei der Verbrennung fossiler Energieträger und ist zum großen Teil auf Hausbrand zurückzuführen. Die Auswaschung mit dem Niederschlag bedingt die Versauerung der Substrate.

Im Winterhalbjahr lassen sich während der Periode höheren Energiebedarfs erhöhte SO₂-Immissionen feststellen (Abb.8). Diese treten vorwiegend in Zusammenhang mit südöstlichen und südlichen Winden und den dann austauschärmeren Wetterlagen auf. Sie sind daher im wesentlichen auf weiträumigen Schadstofftransport zurückzuführen (MINISTER FÜR NATUR UND UMWELT DES LANDES S-H, 1988). Die gemessenen Werte liegen insgesamt deutlich unterhalb der nach TA-Luft angegebenen Grenzwerte.

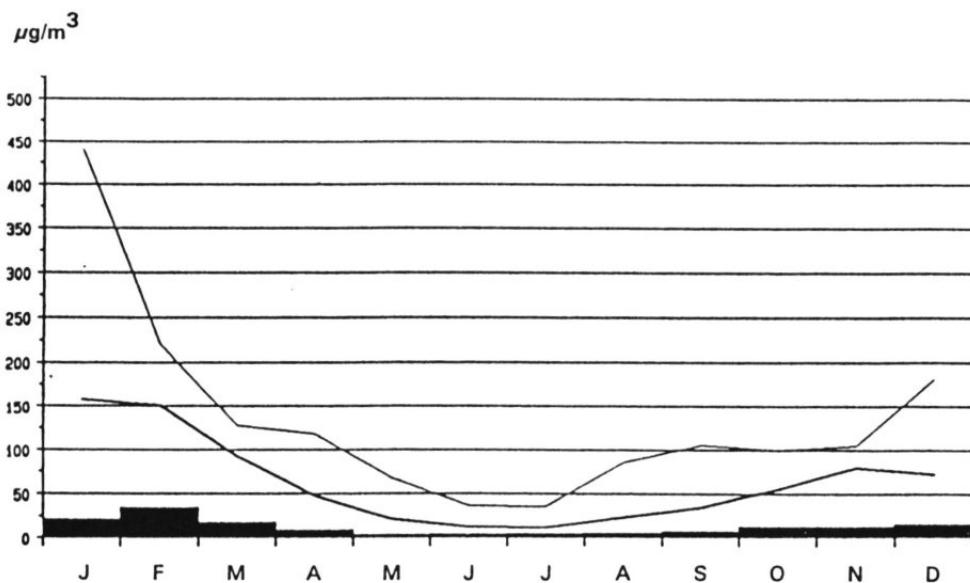


Abb. 8 : Jahresgang der Schwefeldioxidimmissionen als Monatsmittelwerte 1991 (Meßstation Pädagogische Hochschule Kiel, DER MINISTER FÜR NATUR, UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG DES LANDES SCHLESWIG-HOLSTEIN, 1992)

Stickoxide NO_x

Die höchsten Konzentrationen treten ebenfalls bei südöstlichen bis südwestlichen Winden auf und deuten auf unterschiedliche Quellen hin. Die Menge der emittierten Stickoxide steigt in den letzten Jahren bundesweit und regional in Schleswig-Holstein sehr stark an. Dies hängt wesentlich von dem erhöhten Kraftfahrzeugaufkommen ab, dem ein Anteil von durchschnittlich etwa 60 % an der Gesamtemission zugeschrieben wird. Emittiertes, chemisch unbeständiges Stickstoffmonoxid oxidiert in der Atmosphäre

bald zu Stickstoffdioxid. Dies gilt als Vorläufer für verschiedene Folgeprozesse, bei denen sich Ozon sowie photochemische Oxidantien bilden können. Über die Bildung von Salpetersäure und Auswaschungsvorgänge durch Niederschläge wird weiterhin zur Versauerung der Böden beigetragen.

Ozon

Die Ozon-Konzentration ist besonders an strahlungsreichen Tagen im Sommerhalbjahr erhöht. Die höchsten Werte treten ebenfalls bei südwestlichen bis südöstlichen Winden auf. Die Konzentrationen sind in den vergangenen Jahren insbesondere auch im ländlichen Raum Schleswig-Holsteins sehr stark angestiegen. Während sich in den kühleren Abendstunden im Siedlungsbereich die Werte durch Folgereaktionen wieder verringern, bleiben sie im ländlichen Raum bestehen. Unter langanhaltenden windstillen und strahlungsreichen Witterungsverhältnissen können sich Ozon-Konzentrationen teilweise über Tage hinweg weiter aufbauen.

Schwebstaub

Schwebstaub setzt sich aus unterschiedlichen Substanzen zusammen, die bei den verschiedenen Produktions- und Verbrennungsprozessen gebildet werden. Wesentliche Bestandteile sind unter anderem Schwermetalle. Die Partikel setzen sich in Abhängigkeit von Korngröße und Witterungsverhältnissen in unterschiedlicher Entfernung zum Emittenten ab. Im landesweiten Vergleich treten in Kiel zumeist vergleichsweise geringe Schwebstaubkonzentrationen auf. Die höchsten Belastungen korrelieren mit südöstlichen Winden.

Ammoniumverbindungen/Ammoniak

Neben Luftschaadstoffen urban-industriellen Ursprungs spielen im ländlich geprägten Raum eutrophierende Emissionen aus der Landwirtschaft eine große Rolle. Lokal kommt es dabei zu stark überhöhter Freisetzung von Ammoniak aus Gülle und Mineraldünger. Dazu kommt die Deposition von Ammoniumdünger, der durch weiträumige Transporte überwiegend aus westlichen Richtungen eingetragen wird. Über NH_x -Verbindungen liegen bislang im Kieler Raum keine Daten vor.

3 BEARBEITUNGSMETHODEN

Im Stadtgebiet von Kiel wurde eine Punktkartierung der einzelnen Standorte epiphytischer (auf Borke lebender), epilithischer (Gesteinsflechten) und epi-gäischer (auf Erdboden lebender) Flechten, in Einzelfällen der Flechtenvorkommen auf bearbeitetem Holz und einem Reetdach durchgeführt. Topographische Grundlage ist der Stadtplan im Maßstab 1:22500. Die Untersuchungspunkte vor allem der epiphytischen und epilithischen Flechten auf Kalkgestein sollten eine möglichst gleichmäßige Verteilung über das Stadtgebiet aufweisen.

Epiphytische und epilithische Flechtenvorkommen wurden am Standort dort aufgenommen, wo sich der reichste Flechtenbewuchs fand. Es wurde die Methode von BRAUN-BLANQUET (1964), abgewandelt nach BARKMAN (1958) und WIRTH (1972) angewendet. Die Abundanz und Dominanz wurden nach folgender Skala geschätzt:

- r 1 oder 2 Thalli, Deckung weniger als 1 % der Aufnahmefläche
- + wenige Thalli, Deckung weniger als 1 % der Aufnahmefläche
- 1 Deckung 1-5 % der Aufnahmefläche, zahlreiche Thalli
- 2 5- 25 % Deckung
- 3 25-50 % Deckung
- 4 50-75 % Deckung
- 5 75-100% Deckung

Zusätzlich berücksichtigen die Aufnahmen folgende Informationen:

- Quadrantennummer
- Standort (Ortsteilname, Straße, ggf. Hausnummer)
- Lage (Stadtgebiet, Park, Allee, Knick usw.)
- Substrat (Baumart, Art des Gesteins, Boden, usw.)
- Aufnahmefläche (Länge x Breite in cm, obere und untere Grenze am Substrat)
- Exposition der Aufnahmefläche
- Neigung der Aufnahmefläche (nicht/leicht geneigt, Überhang, Mauern vertikal)
- Gesamtdeckungsgrad der Flechten
- Deckungsgrade von Moosen, Algen oder höherer Pflanzen, soweit vorhanden

- Windeinfluß (geschützt, offen)
- Feuchtigkeit (trocken, erhöhte Luftfeuchtigkeit: Teich, Park)
- Lichtverhältnisse (hell, schattig)
- Angaben zum Schädigungsgrad der Flechten in %
(Thallusverfärbungen, Krüppelwuchs u.a.)
- Angaben zu weiteren Schadbildern, beispielsweise durch Tiere
(Schneckenfraß, durch Hundeurin abgestorbene Flechten)
- Entfernung zu möglichen Emittenten
- Verkehrsbelastung, grob eingestuft:
Hauptverkehrsstraße
Nebenverkehrsstraße
kein Kraftfahrzeugverkehr
- Alter von Substraten (Mauern: Neubaugebiet, alter Stadtteil)
- Sonstiges

Bei Phorophyten zusätzlich:

- . Baumart
- . Alter
- . Umfang in 1 m Höhe
- . Höhe (m)
- . Wuchsform der Krone (hoch hängend, tief hängend)
- . Zustand des Baumes, abgeschätzt (gesund, erkrankt)
- . Oberflächenbeschaffenheit der Borke (Rinde flach-, mittel-, tiefrißig)

pH-Messungen

Um Aussagen über die immissionsbedingte Azidifizierung von Baumborken zu machen und die Abhängigkeit einiger Flechten vom pH-Wert des Substrats zu erfassen, wurden während der Geländearbeiten Messungen des Borken-pH durchgeführt. Dabei wurden die zu untersuchenden Flächen der Borke aufgerauht (z.T. nach Entfernen eines Teils des Flechtenthalus), mit destilliertem Wasser befeuchtet und mit einer Glaselektrode vom Typ Ingold 403-M8 der Oberflächen-pH der Baumborke gemessen (RITSCHEL, 1977).

DIE FLECHTENFLORA UND IHRE ZONIERUNG IN KIEL

4.1 Wuchsformtypen und Substratwahl der Flechten

Im Kieler Stadtgebiet wurden von 141* nachgewiesenen Arten insgesamt 90 epiphytische Flechtenarten festgestellt, 58 Arten siedeln auf Kalk- und Silikatgesteinen. Viele Flechten zeigen ein substrativiges Verhalten und sind auf mehreren Unterlagen zu finden (Anhang B). Insgesamt verteilen sich die Flechtenarten wie folgt auf die Substrate:

Substrat	Anzahl der Flechtenarten
Borke	90
Holz	34
Kalkgestein	35
Silikatgestein	52
Erboden	11
Reet	7
Gesamt	141

Krustenflechten bilden den am häufigsten vertretenen Wuchsformtyp (61 %), es folgen die Blattflechten (28,4 %) und die Strauchflechten (10,6 %). Dieses Verhältnis ist ausgeprägt bei Flechten auf Borke, Holz und Gestein, während sich bei den Vorkommen auf Reet und Erdboden eine Verschiebung zum Strauch- und Blattflechten-Typ ergibt.

* Anhang A führt die Arten alphabetisch mit einer kurzen Charakterisierung ihrer Vorkommen im Untersuchungsgebiet und Fundortbeispielen auf.

4.2 Epiphytische Flechten

4.2.1 Die häufigsten epiphytischen Flechtenarten

In 1029 regelmäßig über das Stadtgebiet verteilten Aufnahmen wurden insgesamt 90 epiphytische Flechtenarten kartiert (Anhang A und B), die 30 häufigsten Epiphyten in Kiel sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Als häufigste Flechte erwies sich die Krustenflechte *Lecanora conizaeoides*. Mit hoher Stetigkeit kamen auch einige Blattflechten wie *Physcia tenella*, *Hypogymnia physodes*, *Parmelia sulcata* und *Phaeophyscia orbicularis* vor. Unter den Strauchflechten ist *Evernia prunastri* vorherrschend. Sie wurde in 20,5% der epiphytischen Aufnahmen nachgewiesen, während weitere Strauchflechtenarten wie *Pseudevernia furfuracea* und *Ramalina spp.* nur zu <2% vertreten sind. Borkenbewohnende "Becherflechten" (*Cladonia spp.*, Strauchflechtentyp) dagegen sind in Kiel verbreitet, aber in der Innenstadt nicht häufig. Viele Arten besiedeln auch anthropogene kalkhaltige Substrate oder bearbeitetes Holz. Mit Ergebnissen vergleichbarer Stadtkartierungen im mitteleuropäischen Raum zeigen sich hinsichtlich der verbreiteten Flechtenarten deutliche Übereinstimmungen (SKYE, 1968; HAWKSWORTH & ROSE, 1970; STEUBING et. al. 1983; JOHN, 1986; JACOBSEN, 1992).

Tab. 1: Absolute und prozentuale Häufigkeit der 30 häufigsten epiphytischen Flechtenarten in 1029 Vegetationsaufnahmen

Artnname	Absolute Häufigkeit	% Häufigkeit in 1029 Vegetationsaufnahmen
1. <i>Lecanora conizaeoides</i>	651	63,3
2. <i>Physcia tenella</i>	398	38,7
3. <i>Lepraria incana</i>	395	38,4
4. <i>Hypogymnia physodes</i>	324	31,5
5. <i>Parmelia sulcata</i>	308	30,0
6. <i>Buellia punctata</i>	296	28,8
7. <i>Phaeophyscia orbicularis</i>	229	22,2
8. <i>Lecanora expallens</i>	222	21,6
9. <i>Evernia prunastri</i>	211	20,5
10. <i>Xanthoria polycarpa</i>	196	19,0
11. <i>Xanthoria candelaria</i>	192	18,7
12. <i>Lecanora dispersa</i>	149	14,4
13. <i>Xanthoria parietina</i>	147	14,3
14. <i>Phlyctis argena</i>	120	11,7
15. <i>Lecanora chlarotera</i>	109	10,6
16. <i>Parmelia glabratula</i>	92	8,9
17. <i>Cladonia fimbriata</i>	91	8,8
18. <i>Hypocenomyce scalaris</i>	88	8,5
19. <i>Cladonia coniocraea</i>	60	5,8
20. <i>Lecanora carpinea</i>	51	5,0
21. <i>Hypogymnia tubulosa</i>	48	4,7
22. <i>Candelariella xanthostigma</i>	47	4,6
23. <i>Physcia adscendens</i>	46	4,5
24. <i>Parmelia acetabulum</i>	44	4,3
25. <i>Pertusaria pertusa</i>	38	3,7
26. <i>Parmelia exasperatula</i>	31	3,0
27. <i>Physconia enteroxantha</i>	28	2,7
28. <i>Parmelia saxatilis</i>	26	2,5
29. <i>Chaenotheca ferruginea</i>	24	2,3
30. <i>Parmelia laciniatula</i>	23	2,2

4.2.2 Die Trägerbäume

Die Vegetationsaufnahmen der Epiphyten beziehen sich auf 43 Baumarten aus 25 Gattungen. Die fünf häufigsten Trägerbäume (Phorophyten) sind Sommer-Linde (*Tilia platyphyllos*, 213 Aufnahmen), Stiel-Eiche (*Quercus robur*, 201 Aufnahmen), Hänge-Birke (*Betula pendula*, 77 Aufnahmen), Esche (*Fraxinus excelsior*, 60 Aufnahmen) und Spitz-Ahorn (*Acer platanoides*, 58 Aufnahmen). Die prozentuale Verteilung der Aufnahmen auf den einzelnen Baumgattungen zeigt Abb. 9.

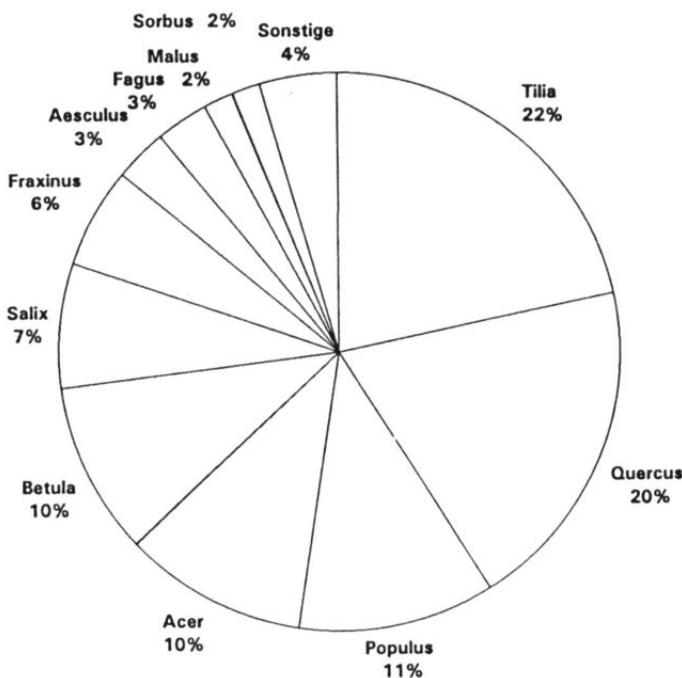


Abb. 9: Prozentualer Anteil der häufigsten Baumgattungen, an denen Flechten aufgenommen worden sind, in Kiel. "Sonstige" umfaßt die Gattungen *Alnus*, *Picea*, *Prunus*, *Sambucus*, *Corylus*, *Platanus*, *Pinus*, *Rhus*, *Gleditsia*, *Larix* und *Pyrus*.

4.2.3 Exposition der Aufnahmeflächen

Die Verteilung der Stammseiten mit dem reichsten Flechtenbewuchs weist Schwerpunkte in westlicher bis südwestlicher Exposition auf und spiegelt zugleich die Hauptwindrichtung im Untersuchungsgebiet wider (Abb. 10). Die windzugewandte Stammfläche erweist sich somit auch als die feuchtere Seite.

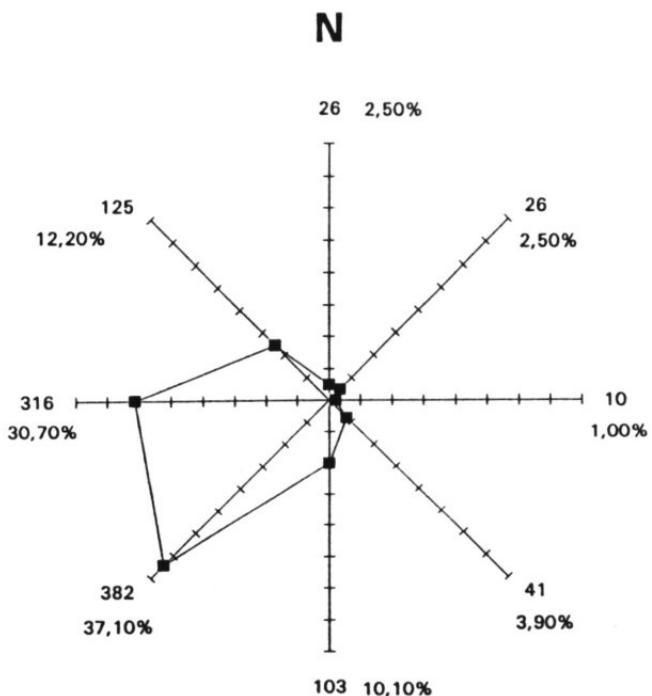


Abb. 10: Verteilung der 1029 Vegetationsaufnahmen auf die Expositionen

4.2.4 Die Verbreitung epiphytischer Flechten in Kiel

Arten wie *Lecanora conizaeoides*, *Physcia tenella*, *Xanthoria parietina*, *Buellia punctata* und *Phaeophyscia orbicularis* sind nahezu über das gesamte Stadtgebiet verbreitet. Andere epiphytische Flechten weisen deutliche Verbreitungsgrenzen bzw. -schwerpunkte in Kiel auf (Karte 1-20). Flechten wie *Lecanora expallens*, *Parmelia glabratula* oder die Strauchflechte *Evernia prunastri* dringen noch weit in innere Stadtbereiche vor. Flechten mit deutlich begrenzter Verbreitung sind *Lecanora carpinea*, *Lecanora chlorotera*, *Parmelia acetabulum*, *Pseudevernia furfuracea* und andere. *Anaptychia ciliaris*, *Physconia distorta* oder *Ramalina fraxinea* kommen nur sehr selten vor, sie wurden ausschließlich in den Kieler Außenbezirken gefunden.

Im Stadtzentrum und direkt angrenzenden Gebieten mit dichter Siedlungsstruktur zeigen viele Flechten (*Evernia prunastri*, *Hypogymnia physodes*) Krüppelwuchs, sind in großen Thallusbereichen mit Grünalgen überwachsen oder weisen Thallusverfärbungen wie Ausbleichen durch Chlorophyllabbau (*Evernia prunastri*, *Hypogymnia physodes*) auf. Bei *Parmelia sulcata* und *Parmelia acetabulum* wurde in Stadtrandgebieten Rotfärbung des Thallus als Schadbild beobachtet.

Die Blatt- und Strauchflechten erreichen im Stadtzentrum nur noch geringe Deckungsgrade. Während in lückig bebauten Gebieten Flechtenarten dieser Wuchsformtypen vor allem an der westexponierten Stammseite hohe Dekkungen erreichen können, finden sich in der Innenstadt oft nur noch vereinzelte Thalli in Borkenspalten. *Lecanora conizaeoides* bleibt mit zunehmendem Stadteinfluß als azidophytische Krustenflechte oft als einzige borkenbesiedelnde Art übrig, und findet sich hier häufig an westexponierten Stammseiten, in Reinluftgebieten findet sie sich vornehmlich auf der trockeneren östlichen Stammseite.

Grünflächen innerhalb des Stadtgebietes (Schrevenpark, Schützenpark, Nord- und Südfriedhof, Volkspark Gaarden) weisen gegenüber der versiegelten direkten Umgebung mit enger Wohnbebauung einen auffällig reicheren Flechtenbewuchs auf, der auf die günstigeren Bedingungen (erhöhte Luftfeuchte, geringere Temperaturschwankungen) zurückzuführen sein dürfte. Dennoch ist das Flechtenwachstum auch an solchen Standorten gegenüber dem des unbebauten Stadtrandes erheblich geringer. Erst in größerer Distanz zum Stadtkern werden die Flechtengemeinschaften artenreicher und entsprechen eher denen des weiteren Umlandes.

Die Bioindikation mit Flechten beruht auf deren unterschiedlicher Toleranz gegenüber Luftverunreinigungen. Das Vorhandensein einzelner Arten lässt auf den Grad der Belastung schließen, ebenso wie sich eine Korrelation zwischen der Vitalität, dem Deckungsgrad und der Höhe der Luftbelastung ergibt.

Hierbei darf nicht von der Häufigkeit einer Flechte allein auf ihre Toxitoleranz geschlossen werden. Auch insgesamt weniger häufig vorkommende Flechten sind in der Lage, stark immissionsbelastete Zonen zu besiedeln. Solche Arten können zur Zeit noch in Ausbreitung begriffen sein, finden nicht überall ihr geeignetes Substrat vor oder werden durch Ausfallen bisheriger Konkurrenten gefördert.

Die erste "qualitative Skala" für eine Abschätzung der Luftverschmutzung durch Schwefeldioxyd SO_2 durch epiphytische Flechten wurde in England von HAWKSWORTH & ROSE (1970) aufgestellt. *Lecanora conizaeoides* erwies sich als sehr toxitolerante Krustenflechte und wurde in England noch bei SO_2 -Immissionen bis zu $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 beobachtet. Mit zunehmender Entfernung von Stadt- und Industriezentren zeigt das Auftreten weiterer Flechtenarten eine entsprechend bessere Luftqualität an. Vergleichbare Untersuchungen in Irland, Schweden und weiteren Regionen ergaben für einzelne Flechten möglicherweise aufgrund unterschiedlicher klimatischer Verhältnisse geringere Schadstofftoleranzen als in England und in Mitteleuropa (NI LAMHNA et.al., 1983; ARVIDSSON & SKOOG, 1984; NI LAMHNA et.al., 1987). Für Dänemark und Norddeutschland mußte demnach eine angepaßte Skala entwickelt werden (JOHNSEN & SOCHTING, 1973; vgl.auch SOCHTING & RAMKAER, 1982).

Unter Berücksichtigung der Literaturbefunde wurden einige der in Kiel auftretenden epiphytischen Flechtenarten nach ihrem Verbreitungstypus in 5 unterschiedliche Toxitoleranzstufen eingeordnet (Tab.2). In der Kieler Innenstadt kommt an Bäumen nur noch *Lecanora conizaeoides* häufig vor, gelegentlich findet man die feuchteliebende Krustenflechte *Lepraria incana* in Borkenspalten. Vereinzelt stellen sich kleine Thalli verschiedener Blattflechten an der Stammbasis (*Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia tenella*) oder am Mittelstamm von Bäumen (*Hypogymnia physodes*, *Parmelia sulcata* o.a.) ein.

Am Rand des dicht bebauten Stadtkerns steigt die Artendiversität an und empfindlichere Flechten wie *Evernia prunastri*, *Parmelia glabratula* und *Pseudevernia furfuracea* treten auf. *Phlyctis argena*, *Lecanora chlorotera*,

Parmelia acetabulum u.a. zeigen eine deutliche Verbreitungsgrenze zur eng überbauten Innenstadt, sie sind in Randgebieten nicht selten, während andere Flechtenarten auch an der Peripherie nur sehr selten auftreten (*Anaptychia ciliaris*, *Physconia distorta* u.a.). Besonders die letztgenannten Arten sind in Schleswig-Holstein insgesamt stark in Rückgang begriffen.

Tab. 2: Toxitoleranz-Einstufung einiger epiphytischer Flechten in Kiel

1 Tolerante Flechten

- Lecanora conizaeoides
- Lepraria incana

2 Mäßig tolerante Flechten

- Phycia tenella
- Phaeophyscia orbicularis
- Hypogymnia physodes
- Parmelia sulcata
- Buellia punctata
- Xanthoria parietina
- Hypocenomyce scalaris
- Hypogymnia tubulosa
- Xanthoria candelaria

3 Mäßig empfindliche Flechten

- Evernia prunastri
- Parmelia glabratula
- Lecanora expallens
- Platismatia glauca
- Phycia adscendens

4 Empfindliche Flechten

- Phlyctis argena
- Lecanora chlarotera
- Lecanora carpinea
- Parmelia acetabulum
- Pseudevernia furfuracea
- Pertusaria pertusa
- Chaenotheca ferruginea
- Pertusaria albescens
- Ramalina fastigiata

5 Sehr empfindliche Flechten

- Anaptychia ciliaris
- Physconia distorta
- Ramalina fraxinea

Die nachfolgenden Verbreitungskarten (Karte 1-20) zeigen an ausgewählten Arten verschiedene Verbreitungstypen epiphytischer Flechten in der Stadt Kiel.

Lecanora conizaeoides

Die azidophytische Krustenflechte *Lecanora conizaeoides* ist in der Literatur seit langem als äußerst immissionstolerante Flechte bekannt. Ihre Sporen erwiesen sich als unempfindlich gegenüber den Einwirkungen von Schwefeldioxid und Fluor (BELANDRIA et.al., 1989). *Lecanora conizaeoides* breitete sich anthropogen gefördert erst in den letzten Jahrzehnten sehr stark aus und galt noch vor 50 Jahren als relativ selten (WIRTH, 1987; ERICHSEN, 1957).

Selbst in der Kieler Innenstadt ist die Art sehr häufig und kommt an Bäumen im Stadtzentrum (Innenstadt Westufer, Gaarden) oder entlang von Hauptverkehrsstraßen wie Westring, Werftstraße oder Holtenauer Straße oft als einzige epiphytische Flechte vor.

***Physcia tenella* (Karte 1)**

Physcia tenella siedelt in der Kieler Innenstadt an staubimprägnierten Stammbasen oder in Wasserabflußstreifen an Bäumen. Sie fehlt nur in dicht bebauten, engen Straßen des Stadtkerns und in den Stadtzentren am West- und Ostufer (Werftstraße und phorophytenarme Wohngegenden in Gaarden). Vor allem gegenüber eutrophierenden Luftschadstoffen ist diese Art mit einer pH-Präferenz im mäßig sauren bis subneutralen Bereich sehr unempfindlich; ein häufig beobachteter Substratwechsel auf basisches Ge-stein mit hoher Pufferkapazität ermöglicht ihr Vorkommen auch an Standorten mit hoher Säuredeposition.

***Hypogymnia physodes* (Karte 2)**

Hypogymnia physodes ist azidophytisch und toxitolerant. An der Peripherie der Stadt weist sie auf Eichen hohe Deckungsgrade auf. Die Art meidet nur die innersten Stadtteile am Ost- und Westufer sowie direkt an Hauptverkehrsstraßen stehende Alleebäume. In der Innenstadt erscheint sie mit deformierten Exemplaren in Borkenrissen. Sie besiedelt hier bevorzugt Linden und Birken.

***Parmelia sulcata* (Karte 3)**

Eine sehr häufige Blattflechte an subneutralen bis mäßig sauren Borken freistehender Laubbäume ist *Parmelia sulcata*. Im Kieler Stadtgebiet ist sie ähnlich weit verbreitet wie die säureliebende *Hypogymnia physodes*, siedelt jedoch bevorzugt an Pappeln und Weiden. Auf diesem subneutralen Substrat kann sie in Innenstadtbereiche vordringen und bildet in Parkanlagen sogar große Exemplare aus. Verbreitungslücken stellen Stadtbereiche auf dem Ost- und Westufer und die Baumbestände entlang der stark befahrenen Hauptverkehrsstraßen dar.

Die Art weist nicht selten gravierende Thallusverfärbungen auf: Ausbleichen ganzer Thallusabschnitte oder Rotfärbung einzelner Loben deuten auf Immissionseinwirkungen am Wuchsstandort hin. Die meisten dieser Schädigungen wurden an Straßenbäumen in Mettenhof und Hasseldieksdamm beobachtet, auf dem Ostufer vereinzelt in Wellingdorf und Dietrichsdorf.

***Evernia prunastri* (Karte 4)**

Die häufigste epiphytische Strauchflechte in Kiel ist die azidophytische *Evernia prunastri*. Während sie in mäßig dicht oder wenig bebauten Stadtrandgebieten an verschiedenen Trägerbäumen (Eiche, Esche und weitere) mit hoher Deckung vorkommt und bis zu fünf cm lange Thalli ausbildet, ist sie im eng überbauten Bereich nur vereinzelt mit kleinen Exemplaren auf Linde oder Eiche beschränkt. Auch zeigt sie hier eine gestauchte Wuchsform (Kümmerform). An windoffenen Stellen bildet sie eine für solche Standorte hygrisch günstige "Polsterform" aus (*Quercus robur*, Projensdorfer Gehölz am Nord-Ostsee-Kanal). Besonders in Mettenhof sind zahlreiche Exemplare von *Evernia prunastri* weiß verfärbt, ein deutlicher Hinweis auf eine aktuell verstärkte Immissionssituation.

***Hypocenomyce scalaris* (Karte 5)**

Ursprünglich typisch an Stammbasen von Kiefern (WIRTH, 1980; 1985) findet sich die extrem azidophytische toxitoliente *Hypocenomyce scalaris* heute vermehrt auch auf saurer Borke verschiedener Laubbaumarten (*Betula*, *Quercus* und *Tilia*) und an bearbeitetem Holz (Zaunpfähle aus Fichten- oder Eichenholz). Sie kommt zerstreut im gesamten Stadtgebiet vor und fehlt bislang nur im innersten Stadtkern. Die Art baut zumeist sehr artenarme oder einartige Bestände auf und bedeckt so häufig ganze Stamm-

hälften. Diese kleinschuppige Krustenflechte ist seit einiger Zeit, vermutlich gefördert durch saure Immissionen, in Ausbreitung begriffen.

***Hypogymnia tubulosa* (Karte 6)**

Im Stadtgebiet verbreitet, aber insgesamt weit seltener als *Hypogymnia physodes* ist die ebenfalls säureliebende und immissionstolerante *Hypogymnia tubulosa*. Ihr Vorkommen beschränkt sich zumeist auf einzelne bis wenige Exemplare auf saurer Borke von Linden und Birken. Vor allem an Standorten mit erhöhter Luftfeuchte (Schrevenpark, Südfriedhof, Langsee-Niederung, Volkspark Gaarden und Schwentinetal) ist die Art häufig. *Hypogymnia tubulosa* soll in jüngerer Zeit allgemein in Ausbreitung sein (WIRTH, 1987).

***Lecanora expallens* (Karte 7)**

Als Flechtenart an saurer Borke und auf bearbeitetem Holz gilt die Krustenflechte *Lecanora expallens* als weit verbreitet. Sie konnte in jüngerer Zeit durch die immissionsbedingte Azidifizierung von Borken ihr Areal vergrößern (WIRTH, 1987).

Lecanora expallens ist in den Außenbezirken der Stadt häufig, dringt aber in Randgebiete mit lückiger, vorwiegend niedrigstöckiger Eigenheimbebauung nur noch vereinzelt vor. Im Gegensatz zur immissionstoleranten *Lecanora conizaeoides* hat diese Art eine deutliche Verbreitungsgrenze zum Stadtzentrum.

***Phlyctis argena* (Karte 8)**

Eine an freistehenden Laubbäumen sehr häufig vorkommende, euryöke Krustenflechte mäßig saurer, auch mäßig eutrophiierter Standorte ist *Phlyctis argena*. Sie siedelt vor allem in den ländlich geprägten Randgebieten von Kiel und dringt wie *Lecanora expallens* nicht in die Innenstadt vor.

***Lecanora chlorotera* (Karte 9)**

Empfindlich auf saure Luftverunreinigungen reagiert die an glatter bis mäßig rauher Borke vorkommende, subneutrophytische Krustenflechte *Lecanora chlorotera*. An freistehenden Einzel- oder Knickbäumen im landwirtschaftlichen Umfeld, auch auf staubimprägnierten Straßenbäumen am Stadtrand

ist sie insgesamt häufig, meidet aber den dicht bebauten Stadtkern.

***Parmelia acetabulum* (Karte 10)**

Parmelia acetabulum gilt gegenüber sauren Immissionen als sehr empfindliche Art und besiedelt bevorzugt mäßig saure bis subneutrale, auch nährstoffreiche Substrate. In Kiel tritt sie mit lückiger Verbreitung am westlichen und südlichen Stadtrand auf, gehäuft an freistehenden Bäumen in den Dorfängern von Meimersdorf, Moorsee und Suchsdorf. Diese Flechte weist an vielen Standorten in Kiel starke Thallusschädigungen auf. An alten Stiel-Eichen in Oppendorf finden sich nur stark geschädigte Exemplare, sie sind offenbar Überbleibsel einer reicheren Flechtenvegetation. Hier ist vermutlich eine Kombinationswirkung von Staubeinflüssen durch Bautätigkeit und Verdriftung von Luftschaadstoffen vom West- auf das Ostufer die mögliche Ursache für das Absterben dieser Flechte.

***Pseudevernia furfuracea* (Karte 11)**

Eine weitere Strauchflechte saurer Borken ist *Pseudevernia furfuracea*. In Kiel wurde sie vor allem an Eichen nachgewiesen, mit einem Verbreitungsschwerpunkt am südlichen Stadtrand. Die immissionsempfindliche Art ist im Vergleich zu *Evernia prunastri* seltener und meidet den inneren Stadtbereich. Nur wenige Exemplare wurden noch in Gebieten mit lückiger Wohnbebauung (Hasseldieksdamm) festgestellt. Ein einzelner Fund stammt von einer Linde an der stark befahrenen Hofholzallee.

***Chaenotheca ferruginea* (Karte 12)**

Die an alten Eichen typische "Kelchflechte" *Chaenotheca ferruginea* ist gelegentlich in den Borkenrissen alter Allee- oder Parkbäume zu finden. Möglicherweise sind Vorkommen in den jetzt überbauten Gebieten durch die Vernichtung des alten Baumbestandes weitgehend verschwunden. Einzelne Reliktvorkommen (an *Quercus robur* "Pyramidalis", Forstbaumschule) belegen ihre Empfindlichkeit gegenüber Luftverunreinigungen (WIRTH, 1980), die Lager sind steril, eine Sporen- und Fruchtkörperbildung unterbleibt. Im Projensdorfer Gehölz sind dagegen reichere Vorkommen ausgebildet.

Ramalina farinacea / Ramalina fastigiata (Karte 13)

Die strauchförmigen Arten der Gattung *Ramalina* sind zerstreut meist an freistehenden Bäumen wie Eichen, Linden und Eschen zu finden, ihre Vorkommen beschränken sich jedoch auf ländliche Bereiche des Untersuchungsgebietes. *Ramalina farinacea* siedelt vereinzelt an Bäumen im weiteren Umland des Stadtkerns. *Ramalina fastigiata* ist an den Linden des Meimersdorfer Dorfplatzes noch häufig anzutreffen. Die auf mäßig saure bis subneutrale Borken eingenischte Art war früher weit verbreitet und ist jetzt bundesweit stark im Rückgang begriffen (WIRTH, 1980).

Anaptychia ciliaris (Karte 14)

Die gegenüber sauren als auch düngenden Immissionen sehr empfindliche Blattflechte *Anaptychia ciliaris* wurde in Kiel nur selten an freistehenden Hofbäumen in den Dorfzentren von Meimersdorf und Moorsee nachgewiesen. Mit mehreren Exemplaren siedelt sie auf *Tilia platyphyllos*. Die Flechten zeigen keine sichtbaren Schädigungen, bilden aber keine Fruchtkörper aus.

Als Reaktion auf die zunehmende Luftverschmutzung wurde in den letzten Jahrzehnten allgemein ein sehr starker Rückgang dieser Art verzeichnet (DE WIT, 1978; SOCHTING & RAMKAER, 1982; JACOBSEN, 1987; 1992). Verbliebene Bestände dieser Flechte sollten daher auf jeden Fall durch Erhaltung ihres Trägersubstrats geschützt werden, da die direkte Vernichtung der Standorte den Rückgang dieser Art zusätzlich beschleunigen und sie in Schleswig-Holstein akut gefährden würde (JACOBSEN, 1992).

Ähnliche Verbreitungsmuster weisen weitere ebenfalls sehr immissionsempfindliche und allgemein stark im Rückgang begriffene Flechtenarten wie *Ramalina fraxinea*, *Physconia distorta*, *Physconia perisidiosa* oder *Parmelia tiliacea* in Kiel auf. Nachweise meist von Einzelfunden beschränken sich im wesentlichen auf den südlichen und westlichen Stadtrand.

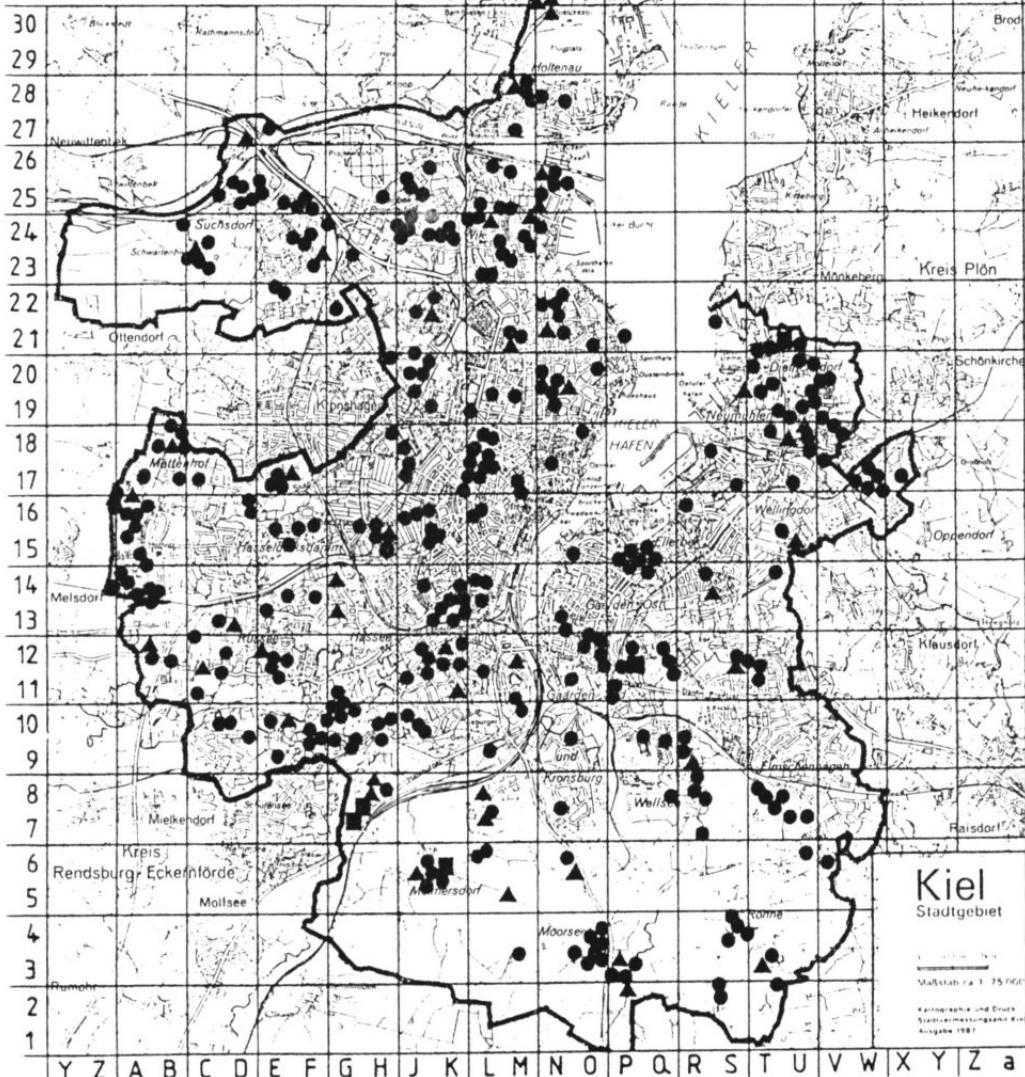
Karte 1

Verbreitung
von

PHYSCKIA TENELLA

in Kiel

- auf Borke
- ▲ auf Kalkgestein
- auf Silikatgestein



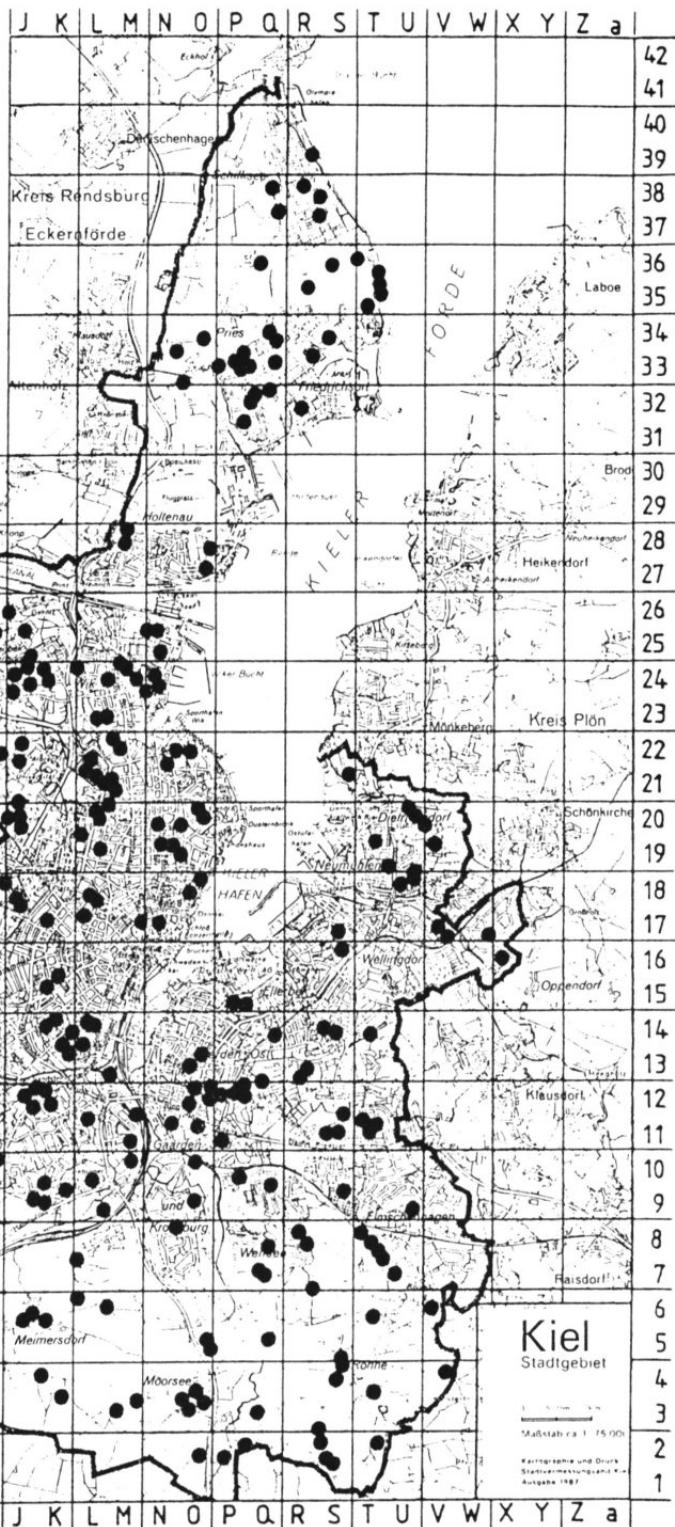
Karte 2

Verbreitung
von

HYPOGYMNIA PHYSODES

in Kiel

- auf Borke
- auf Silikatgestein



Karte 3

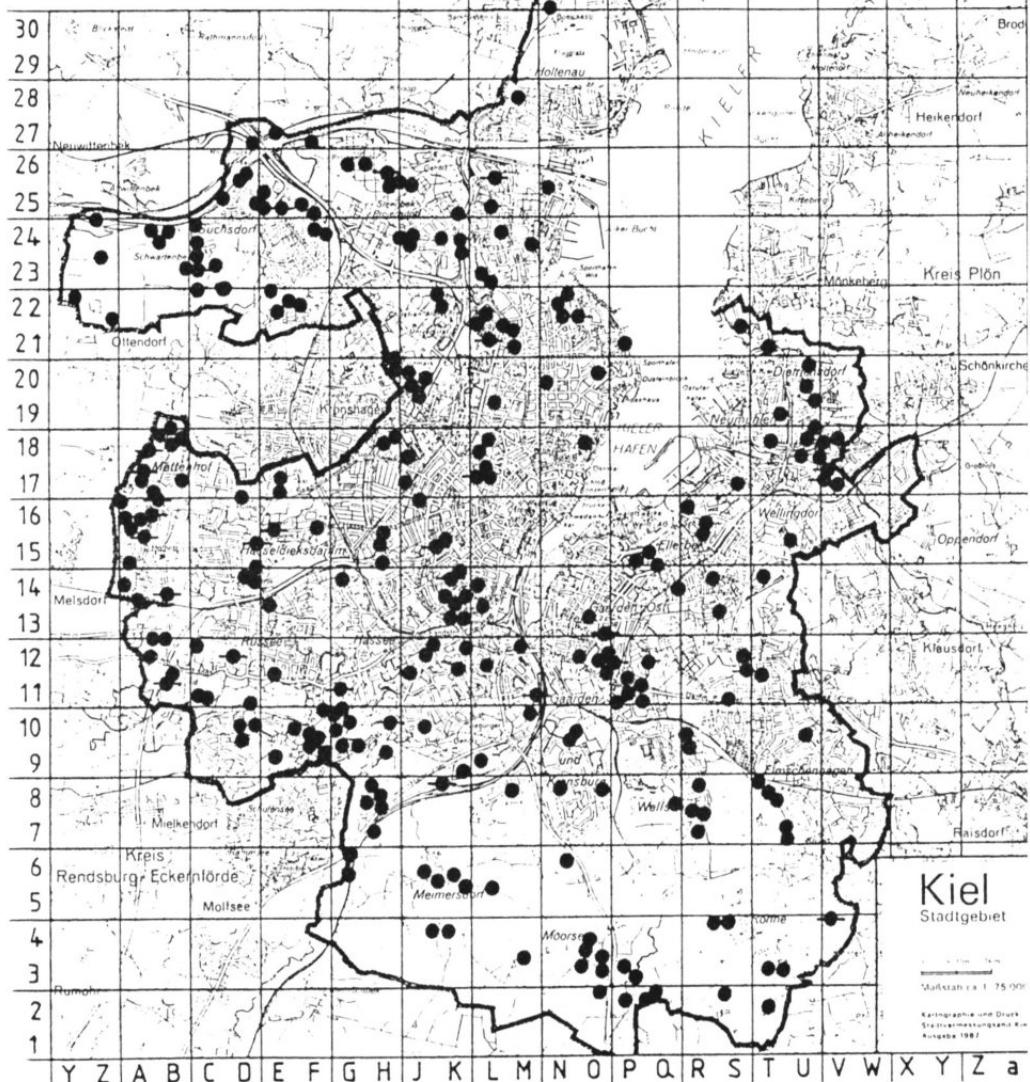
Verbreitung
von

PARMELIA SULCATA

in Kiel

● auf Borke

● geschädigt



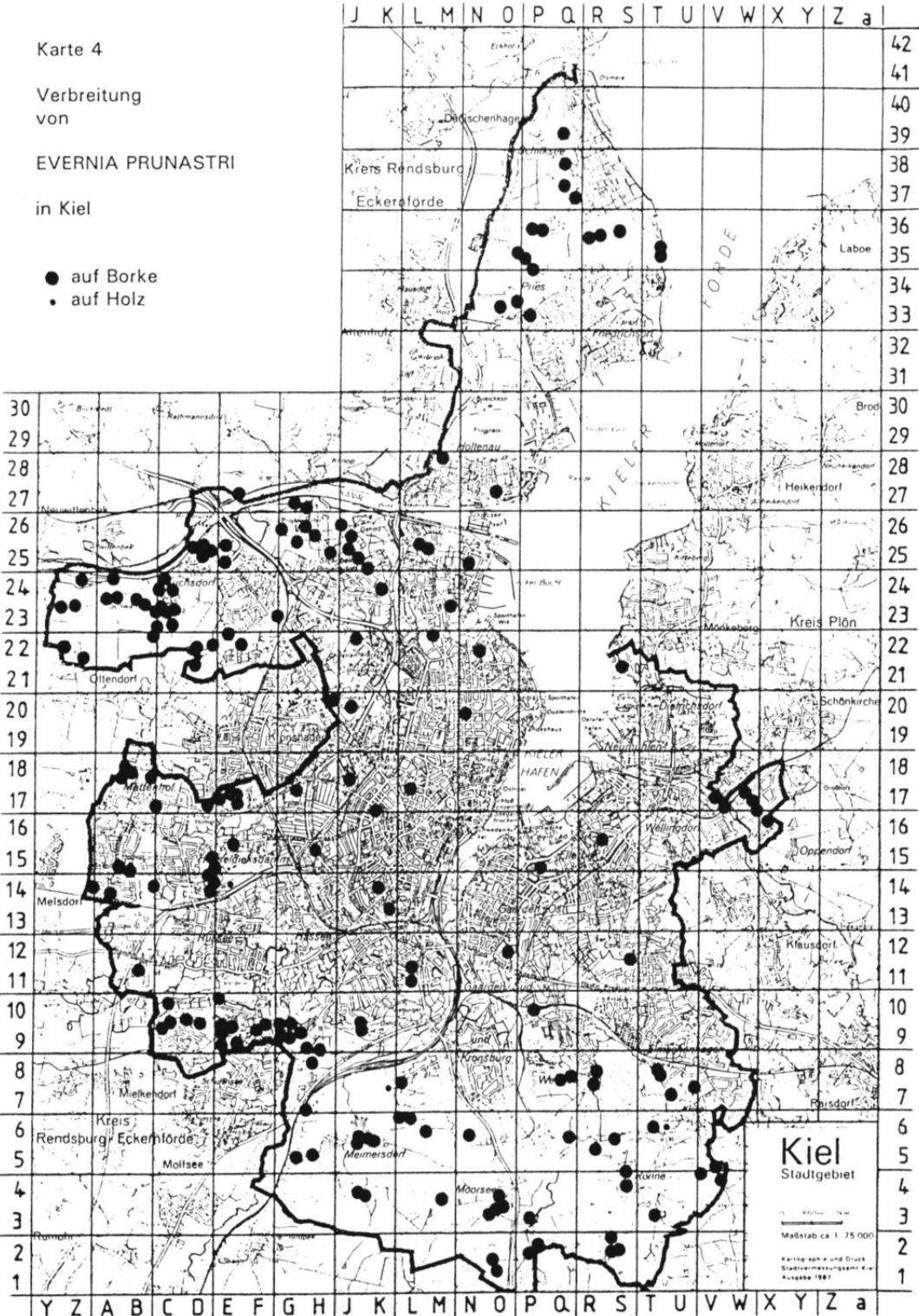
Karte 4

Verbreitung
von

EVERNIA PRUNASTRI

in Kiel

- auf Borke
- auf Holz



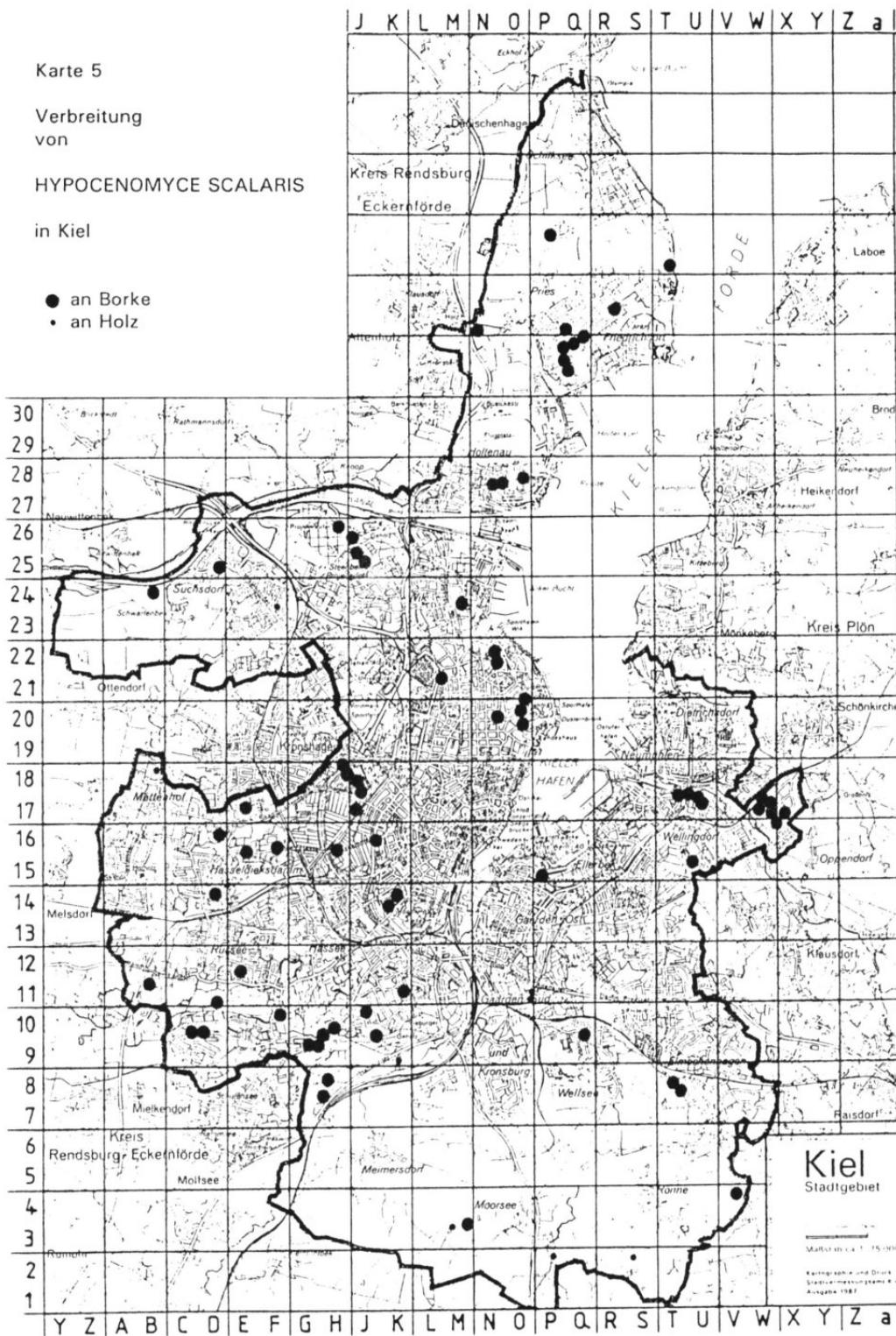
Karte 5

Verbreitung von

HYPOCENOMYCE SCALARIS

in Kiel

- an Borke
 - an Holz



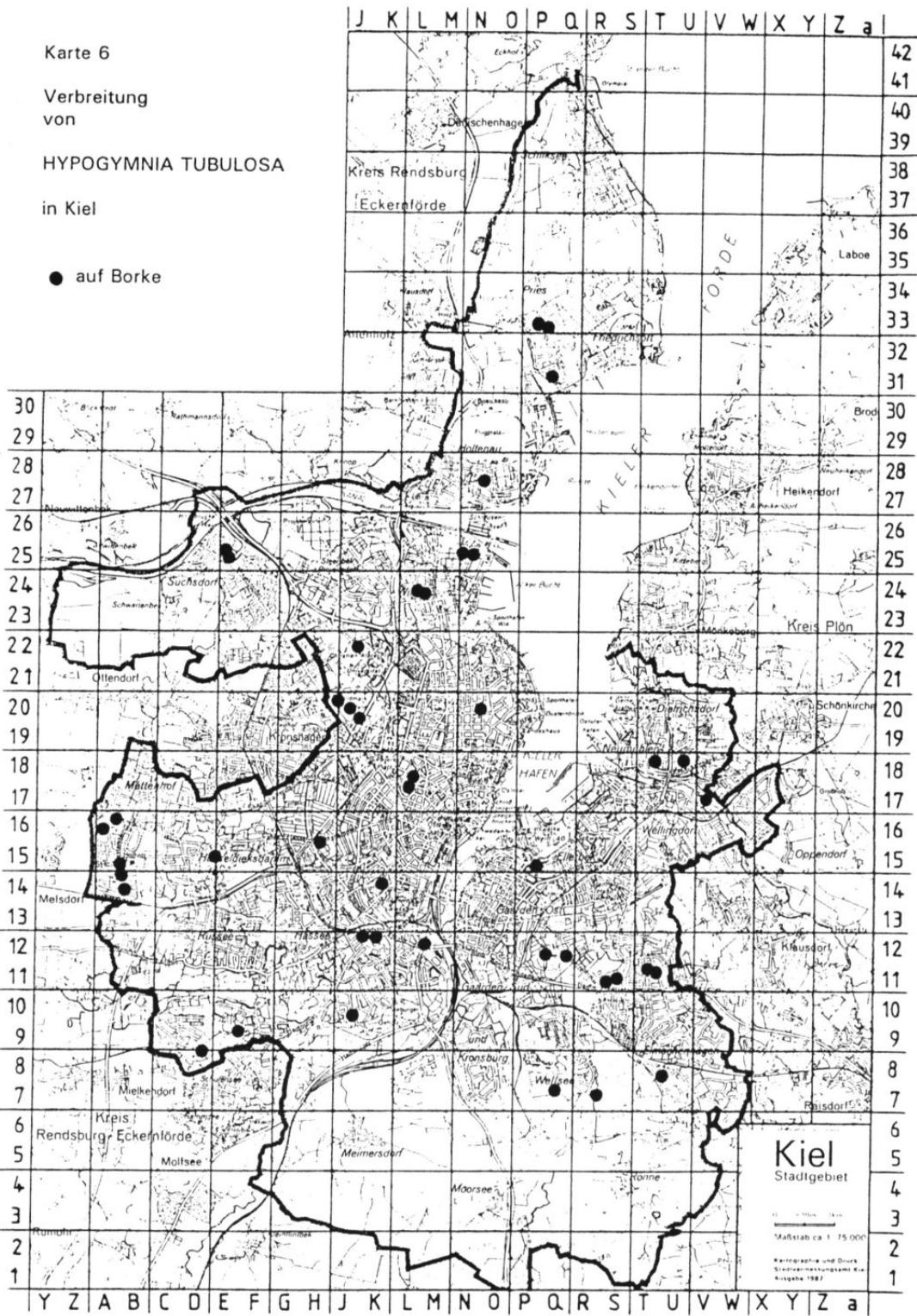
Karte 6

Verbreitung von

HYPOGYMNIA TUBULOSA

in Kiel

● auf Borke



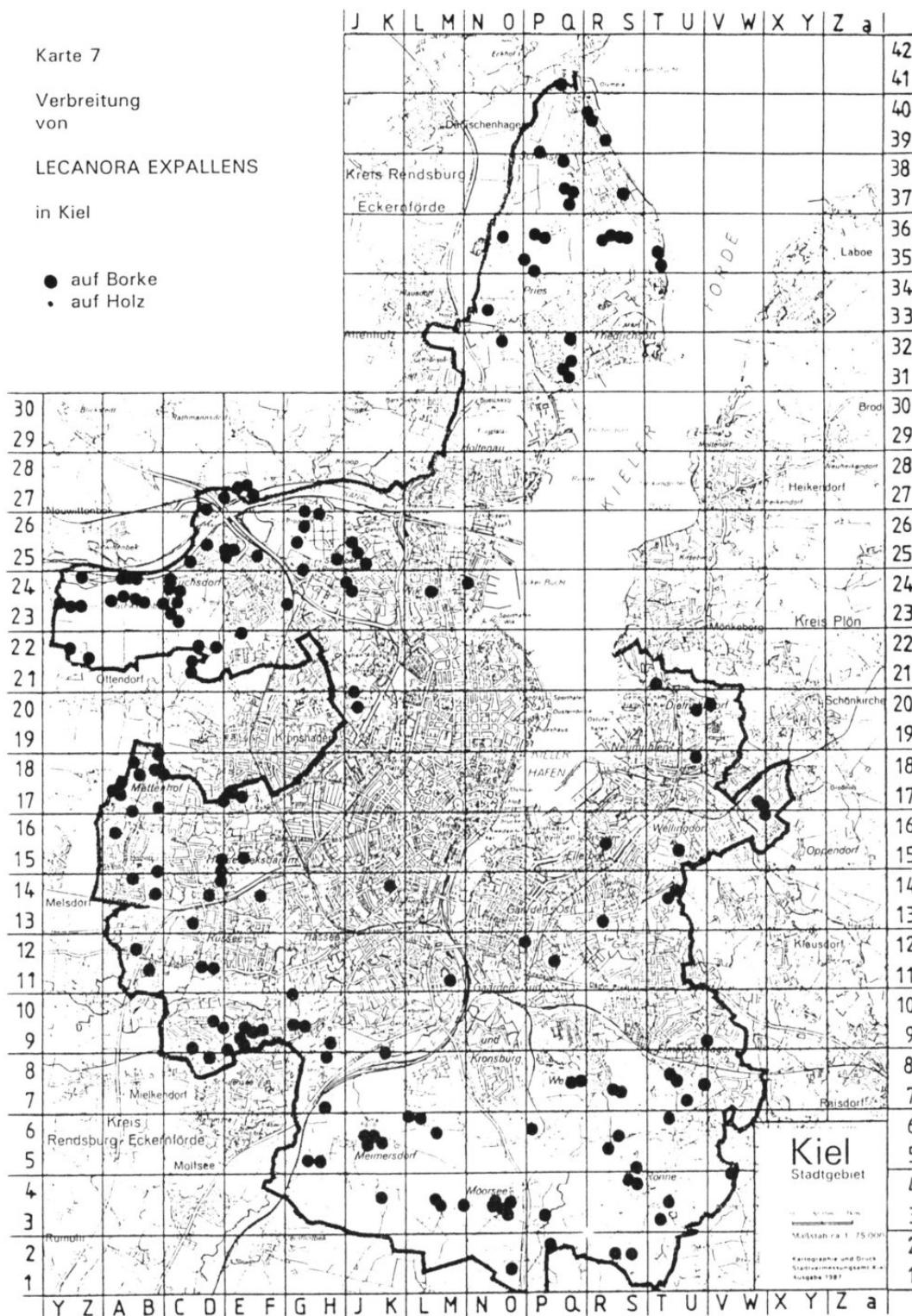
Karte 7

Verbreitung
von

LECANORA EXPALLENS

in Kiel

- auf Borke
- auf Holz



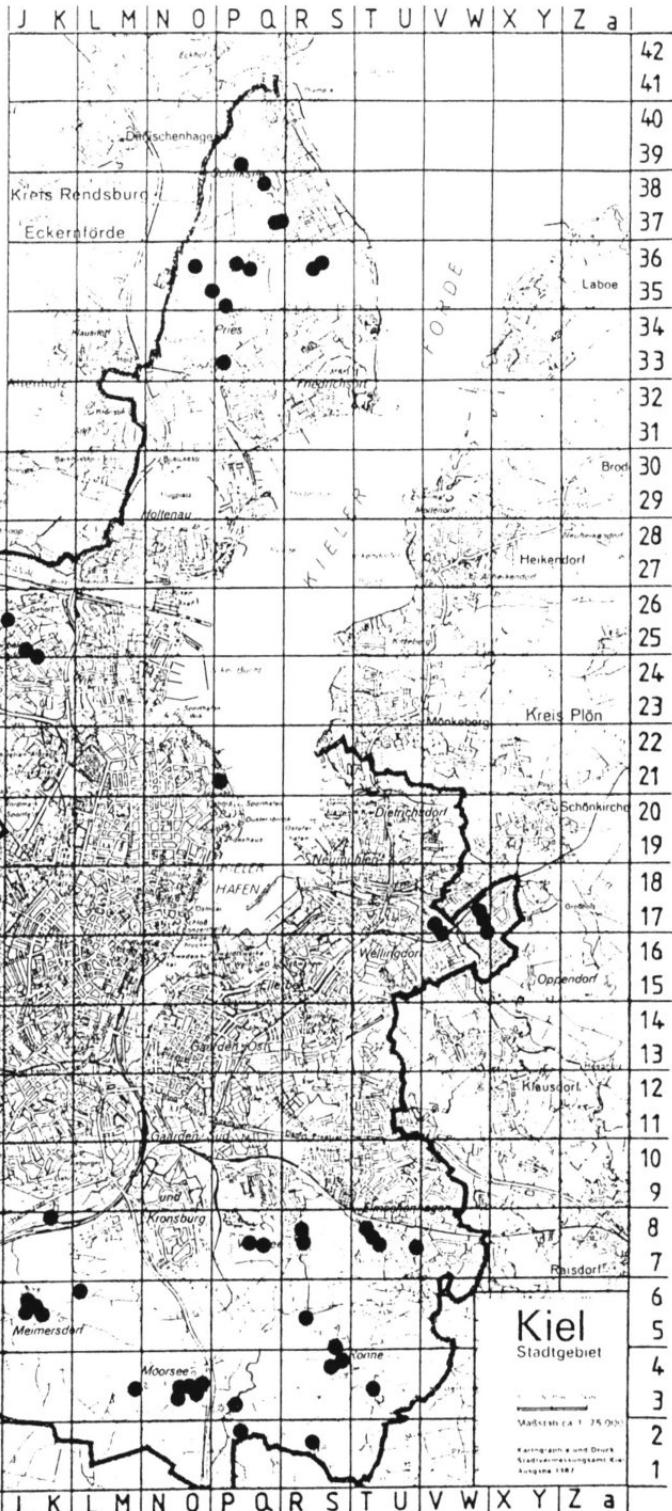
Karte 8

Verbreitung
von

PHLYCTIS ARGENA

in Kiel

● auf Borke



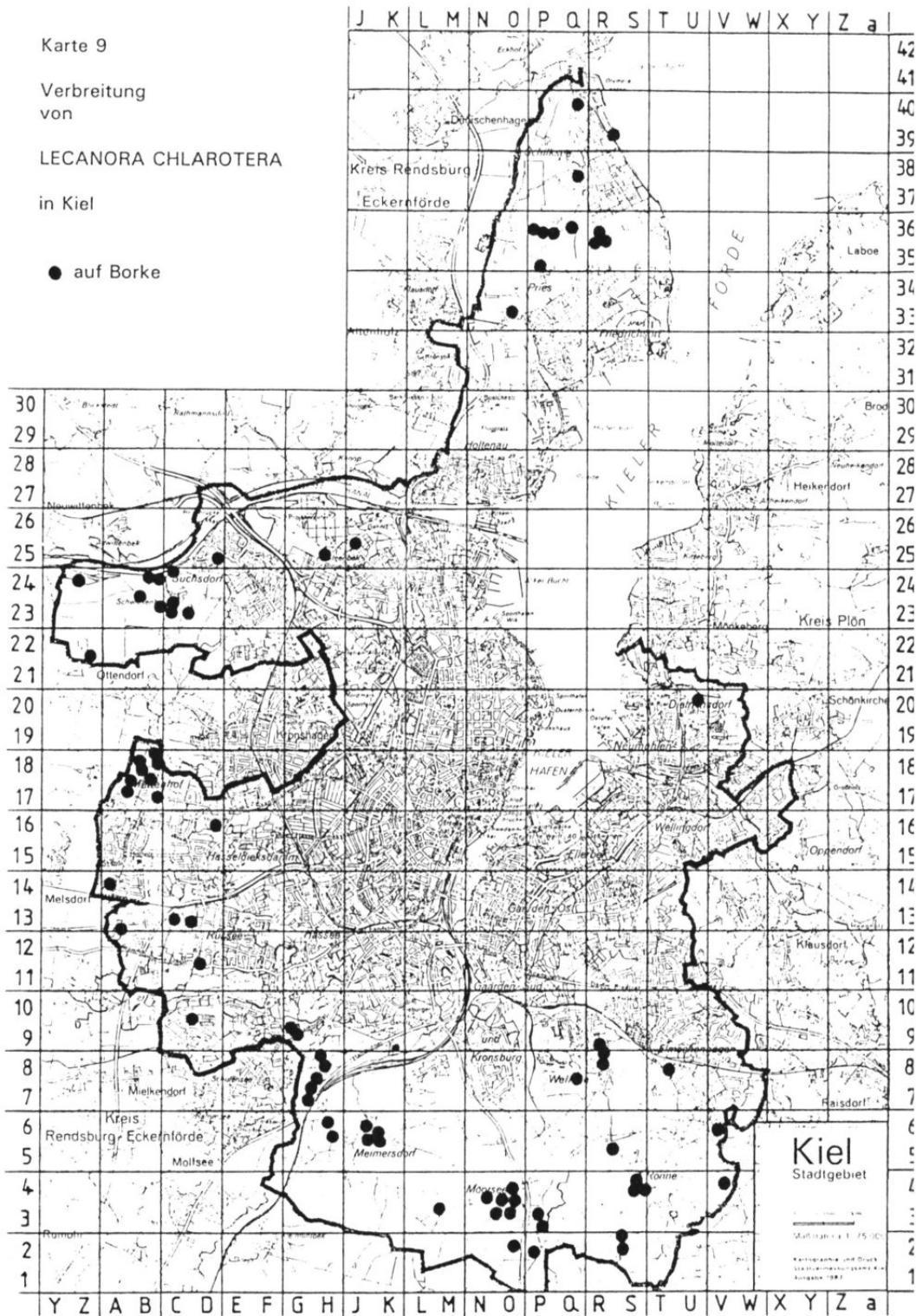
Karte 9

Verbreitung
von

LECANORA CHLAROTERA

in Kiel

● auf Borke



Maßstab 1 : 25 000

Kartographie und Druck
Stadtvermessungsamt Kiel
Ausgabe 1987

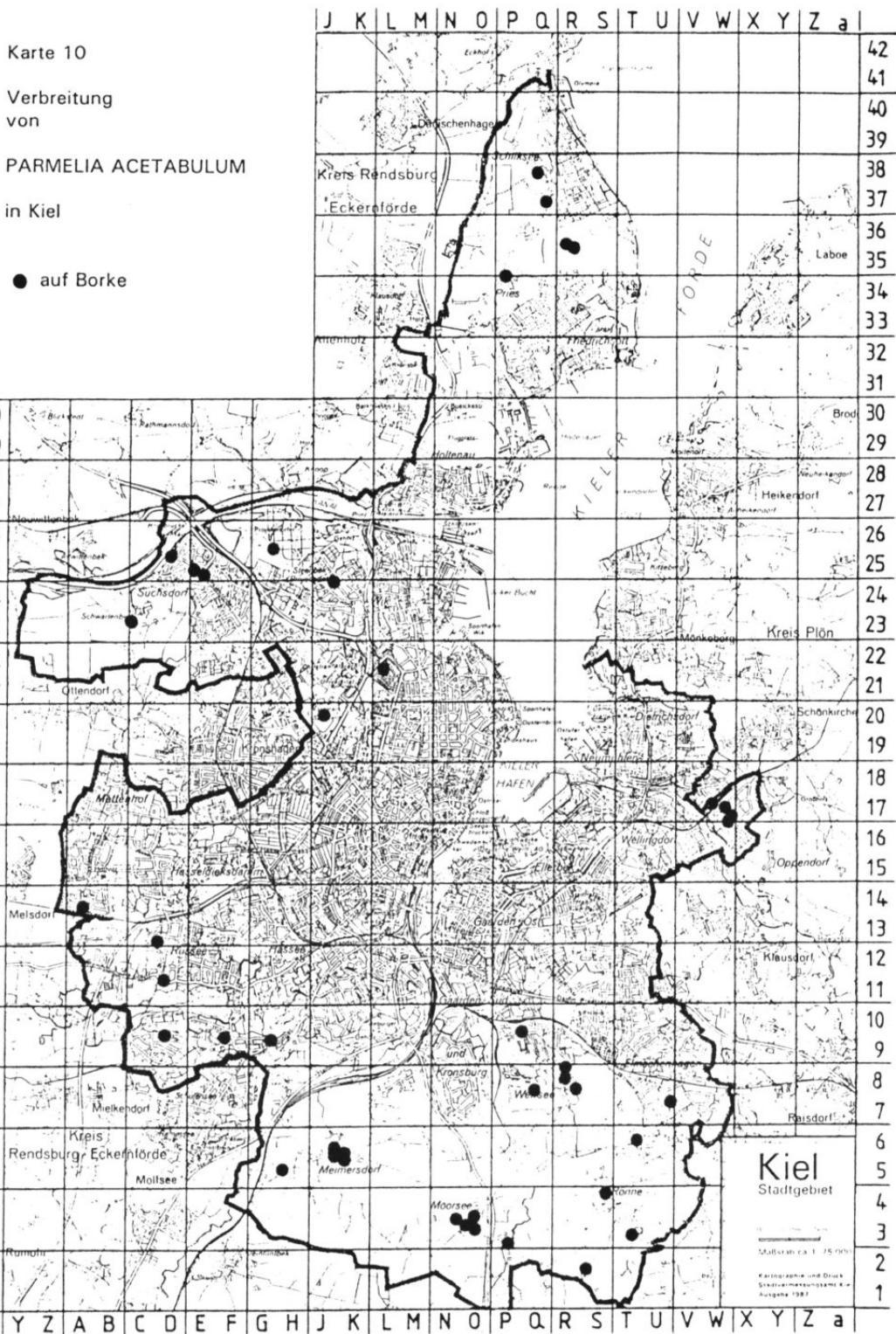
Karte 10

Verbreitung
von

PARMELIA ACETABULUM

in Kiel

● auf Borke



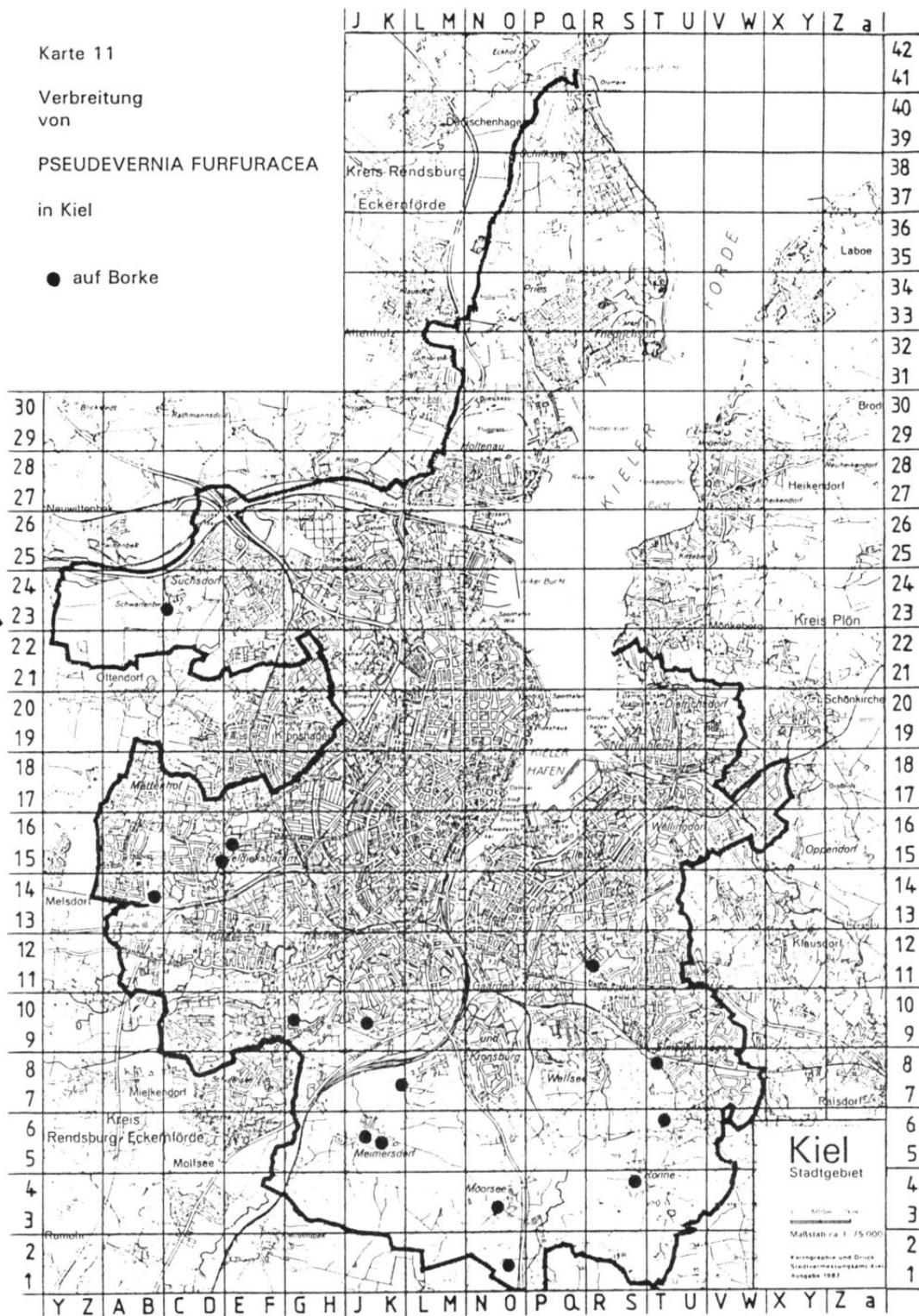
Karte 11

Verbreitung von

PSEUDEVERNIA FURFURACEA

in Kiel

● auf Borke



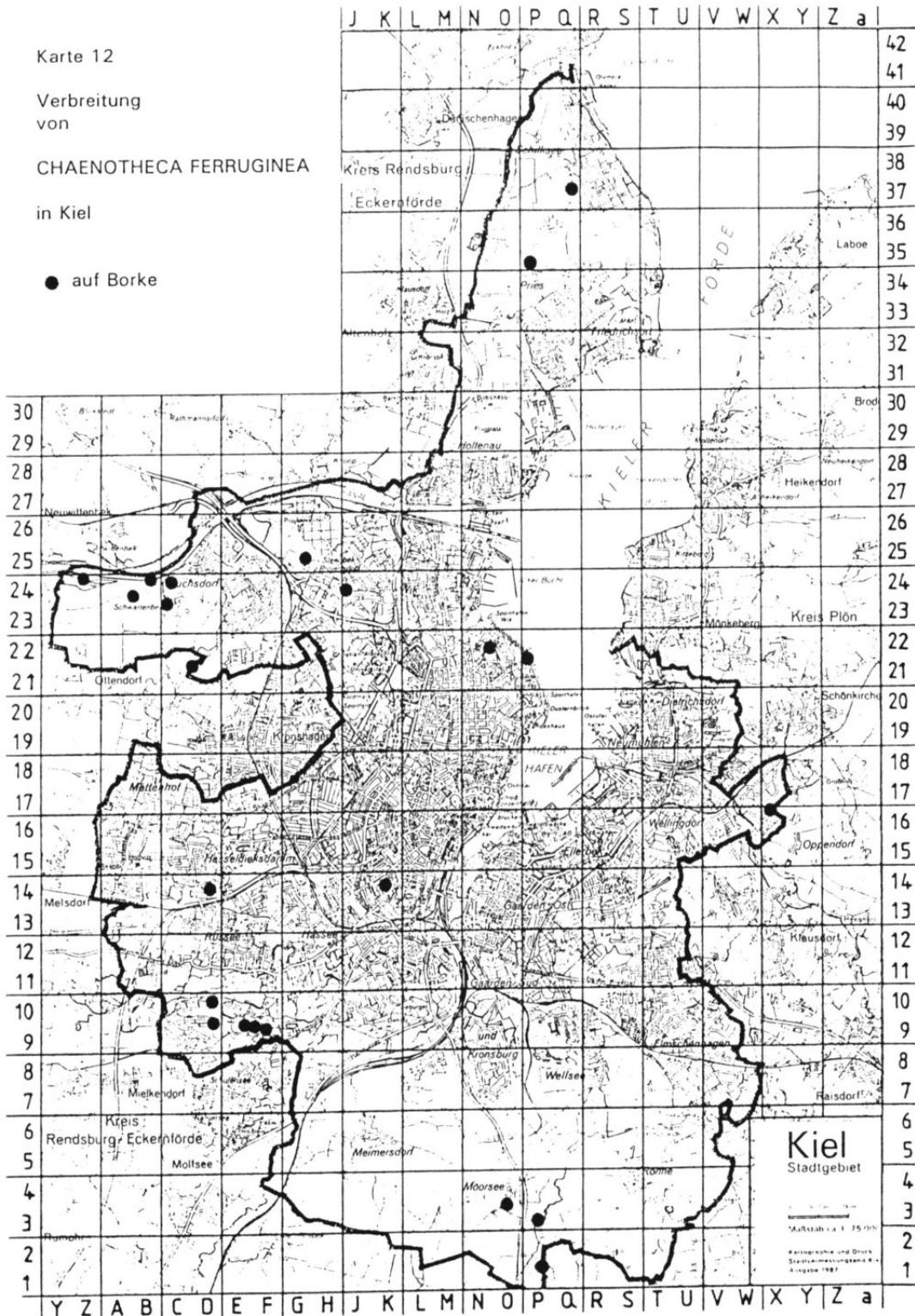
Karte 12

Verbreitung von

CHAENOTHECA FERRUGINEA

in Kiel

● auf Borke



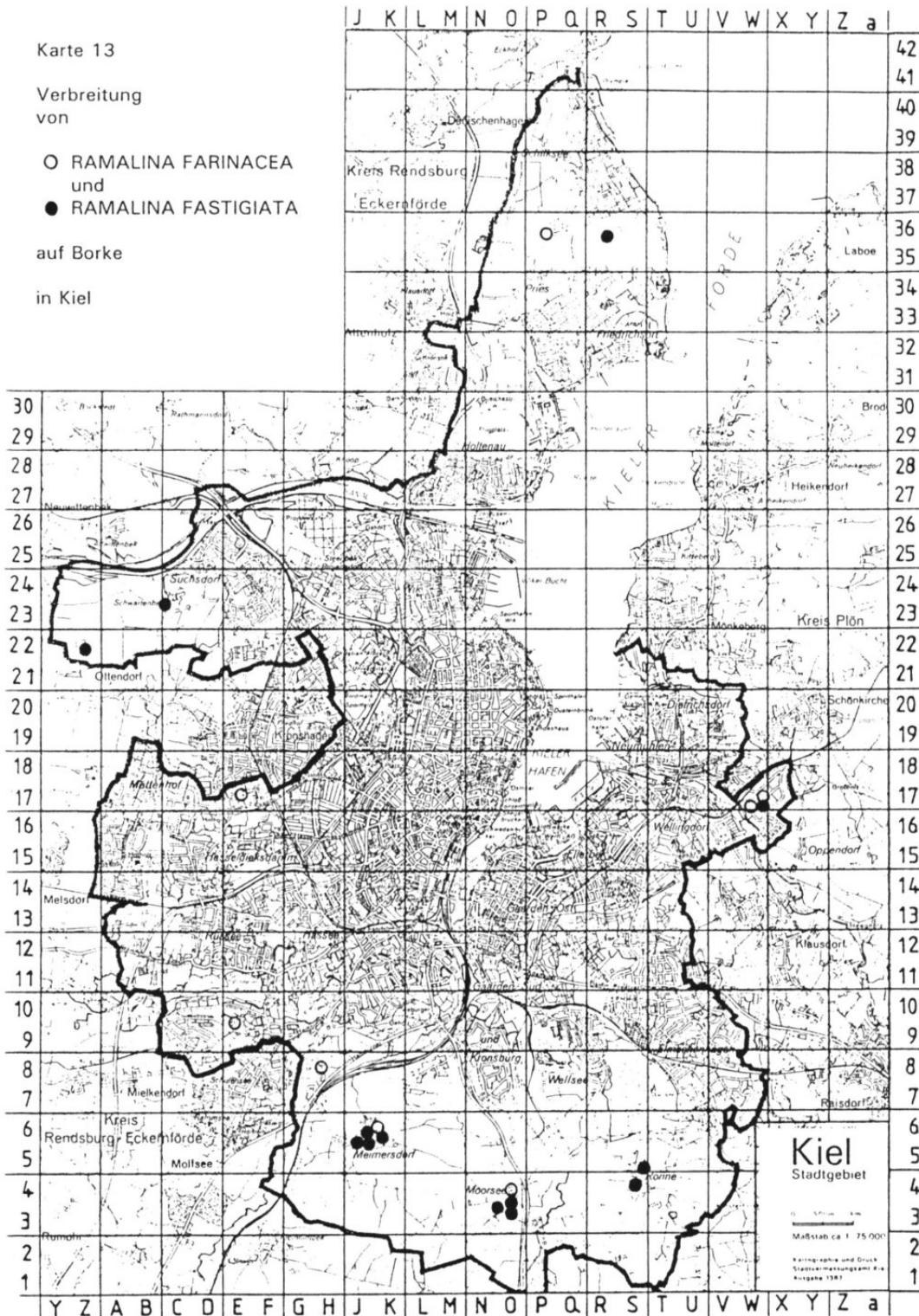
Karte 13

Verbreitung
von

- RAMALINA FARINACEA
und
- RAMALINA FASTIGIATA

auf Borke

in Kiel



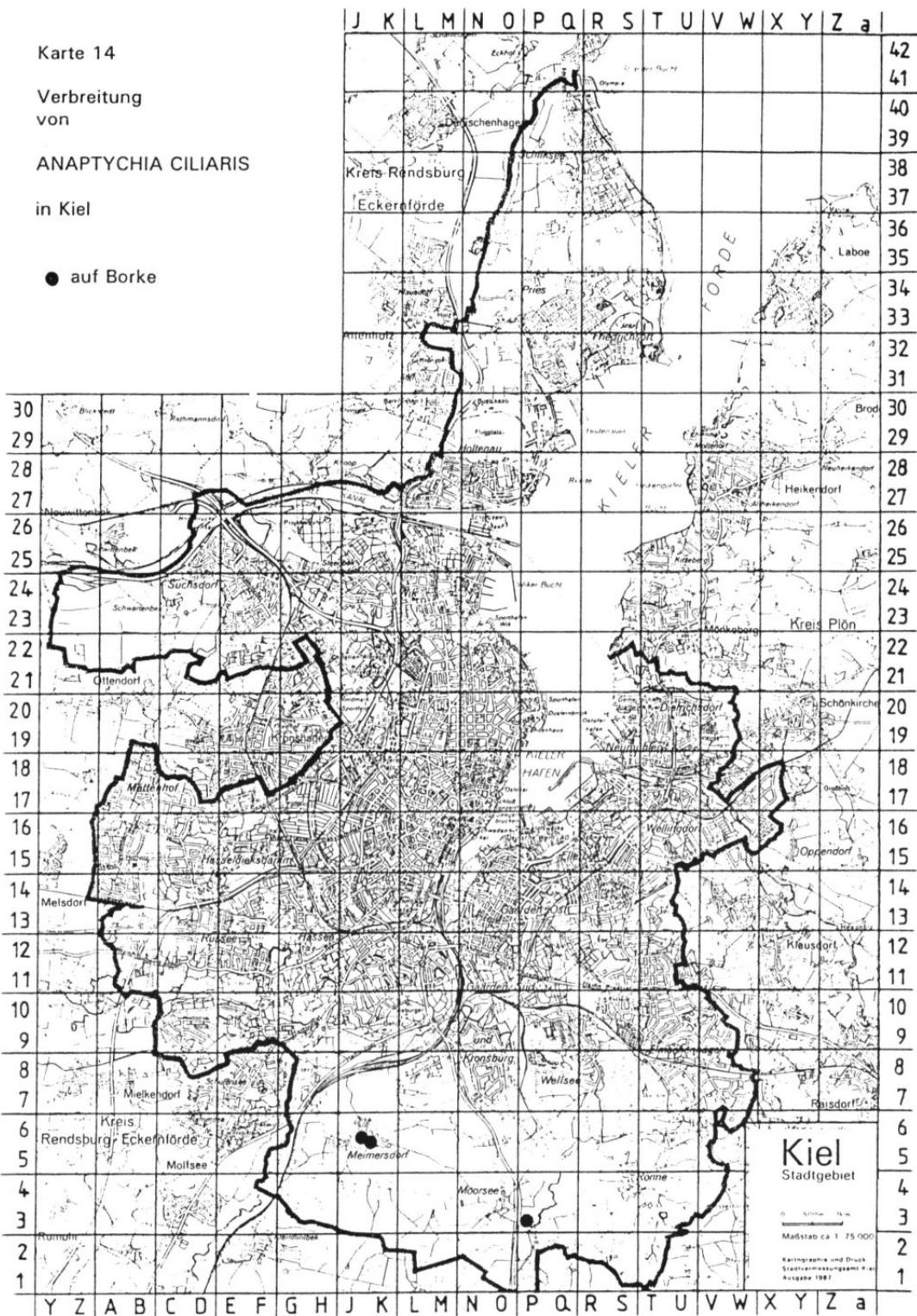
Karte 14

Verbreitung
von

ANAPTYCHIA CILIARIS

in Kiel

● auf Borke



Nord
Süd
West
Ost
Maßstab ca. 1 : 75 000
Kartographie und Druck
Stadtvermessungsamt Kiel
Ausgabe 1987

4.2.5 Deckungsgrade epiphytischer Blatt- und Strauchflechten

Vom Stadtzentrum zur Peripherie lässt sich ein deutlicher Anstieg im Deckungsgrad der beiden Wuchsformtypen in den Aufnahmen erkennen. Erst am äußersten Stadtrand entsprechen die Vorkommen in etwa denen des weiteren Umlandes (Karten 15 & 16).

Der Wuchsformtyp der *Blattflechten* lässt sich im ganzen Stadtgebiet fast lückenlos nachweisen. Im Zentrum siedeln oft nur wenige Thalli verschiedener Arten neben der toxotentesten Krustenflechte *Lecanora conizaeoides*. Azidophytische Blattflechten erreichen aufgrund zu starker Ansäuerung der Borken am Mittelstamm von Bäumen nur noch geringe Deckungen. Demgegenüber sind einige nährstofftolerante Vertreter mäßig saurer bis subneutraler Borken in der Lage, sich vereinzelt am staubimprägnierten Stammgrund oder in Stammabflußstreifen anzusiedeln. Reichere Flechtengemeinschaften mit Blattflechtentdeckungen über 40% finden sich erst in einiger Entfernung vom Stadtzentrum, so im landwirtschaftlich geprägten südlichen Randgebiet, im Westen in Hammer, Mettenhof und Hasseldieksdamm, westlich von Gut Schwartebek, an Bäumen im Projensdorfer Gehölz sowie im Norden Kieles in der Seekamper Niederung.

Strauchflechten sind durch ihre exponierte Wuchsform den Luftschadstoffen stärker ausgesetzt und reagieren häufig empfindlicher: sie zeigen in Kiel deutliche Verbreitungsgrenzen und fallen im innersten Stadtzentrum ganz aus. Hier treten selbst mäßig empfindliche Arten wie *Evernia prunastri*, auch *Cladonia*-Arten, nur vereinzelt in Kümmerform auf. Erst an der Bebauungsgrenze sowie im weiteren Übergangsbereich werden Arten dieses Wuchsformtyps häufiger, zusätzliche Strauchflechten stellen sich ein (*Pseudevernia furfuracea*, *Ramalina spp.*) und erreichen an einzelnen Phorophyten über 50 % Deckung. So nimmt *Evernia prunastri* beispielsweise an *Fraxinus* in einem Knick bei Gut Schwartebek fast die gesamte westexponierte Stammseite ein und erreicht eine Gesamtdeckung von 75 % der Aufnahmefläche.

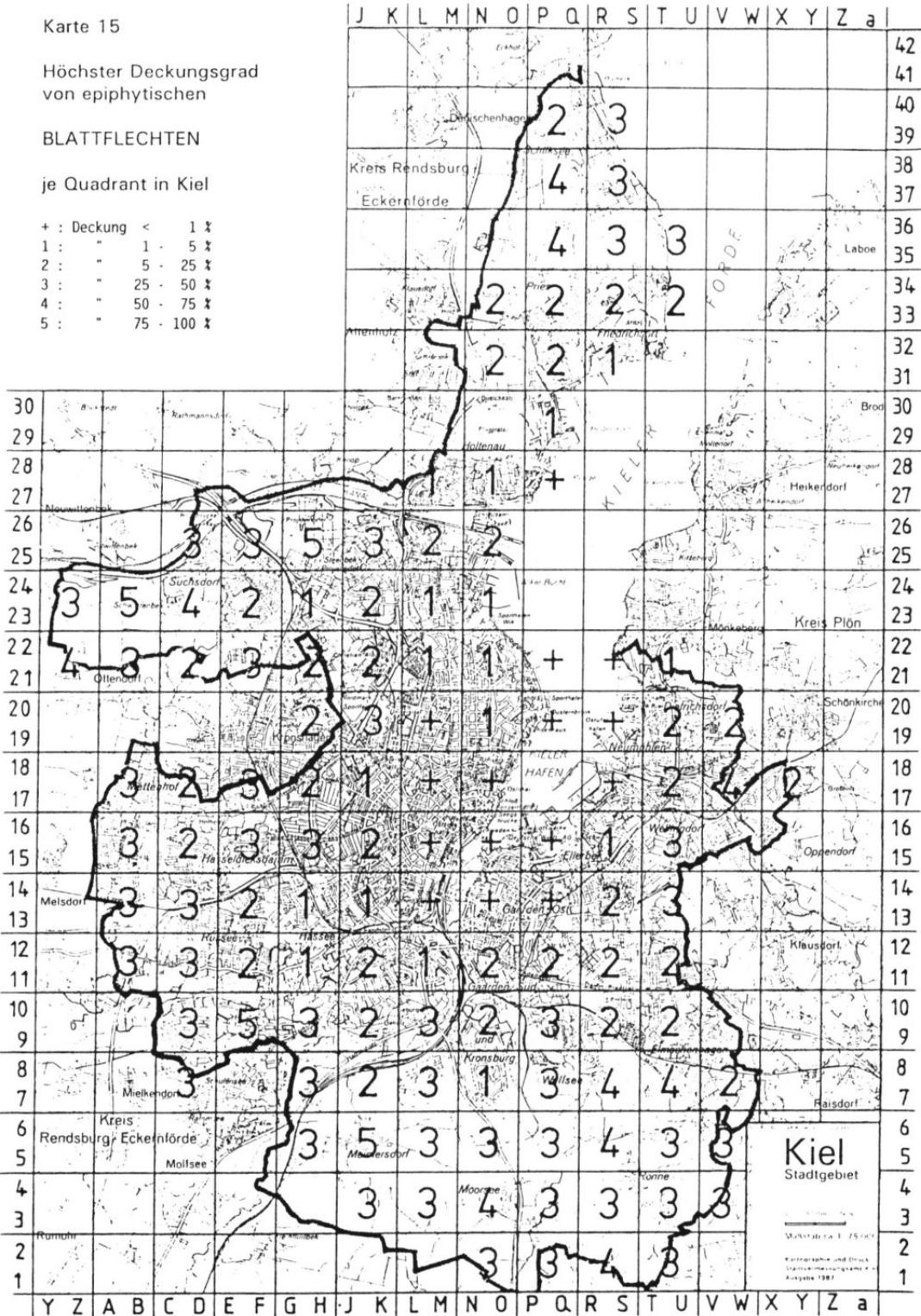
Karte 15

Höchster Deckungsgrad von epiphytischen

BLATTFLECHTEN

je Quadrant in Kiel

+ :	Deckung	<	1	%
1 :	"	1 -	5	%
2 :	"	5 -	25	%
3 :	"	25 -	50	%
4 :	"	50 -	75	%
5 :	"	75 -	100	%



Karte 16

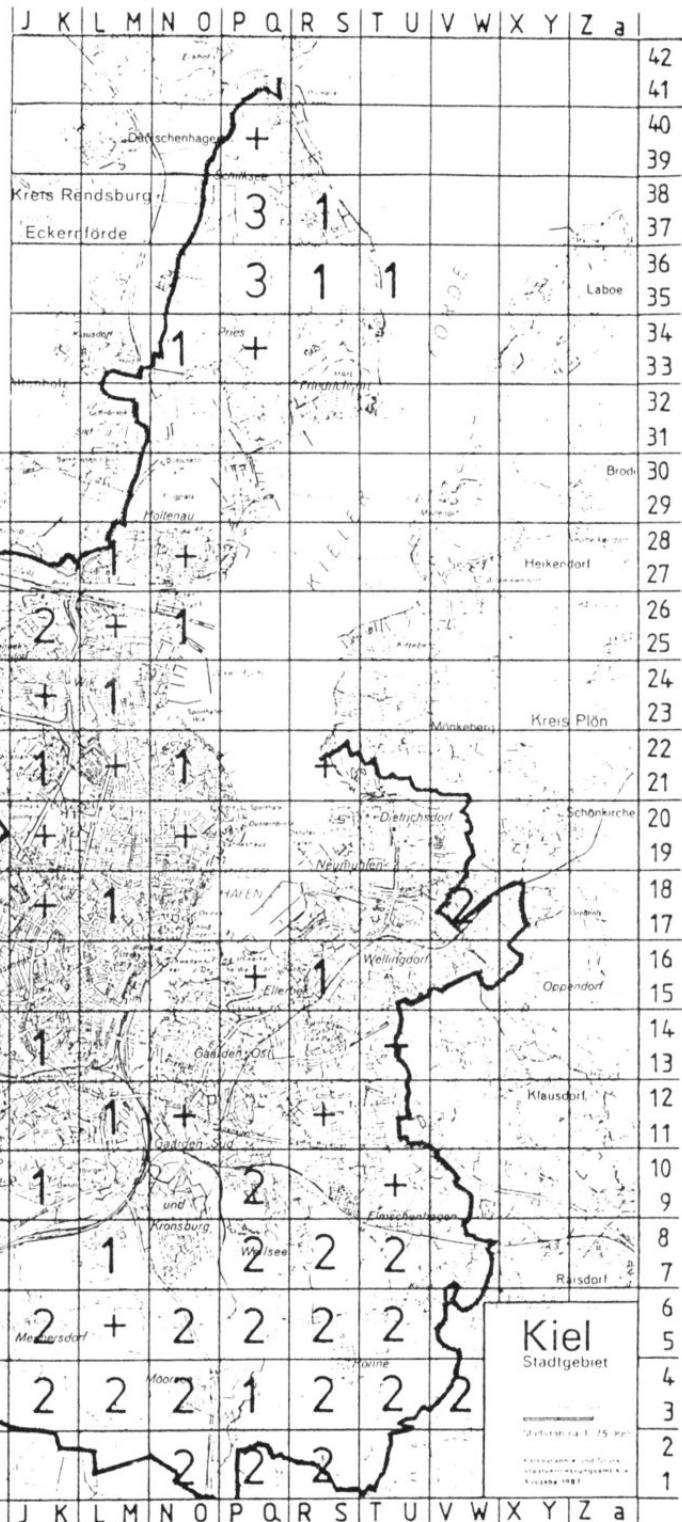
Höchster Deckungsgrad

von epiphytischen

STRAUCHFLECHTEN

je Quadrant in Kiel

+	Deckung <	1 %
1	" 1 - 5 %	
2	" 5 - 25 %	
3	" 25 - 50 %	
4	" 50 - 75 %	
5	" 75 - 100 %	



Skala 1 : 25 000
Kartenausgabe des Landesamt für
Geoinformation und Landesvermessung Schleswig-Holstein
Ausgabe 1987

4.2.6 Verbreitung und Diversität epiphytischer Flechten auf ausgewählten Baumarten

Die Verbreitung epiphytischer Flechten wird wesentlich durch ihre artspezifisch bedingte Bevorzugung oder Meidung bestimmter Borken beeinflußt (WATSON et.al., 1988). Die physikalischen und chemischen Borkeneigenschaften der Phorophyten differieren nicht nur zwischen den einzelnen Baumarten, sondern können auch am selben Baum sehr unterschiedlich sein. So steigt der pH-Wert der Borke durch Nährstoffanreicherung und Wundfluß an, während Nährstoffauswaschungen durch Wasserablauf den pH-Wert erniedrigen können. Auch die Epiphyten selber beeinflussen den pH ihres Substrates (BARKMAN, 1958) durch die Ansammlung von organischem Material, die Abgabe schwacher organischer Säuren oder durch Ionenauftausch. Hierdurch entsteht ein kleinräumiges Mosaik an unterschiedlichen Substratbedingungen für Flechten. Demgegenüber wirken sich saure oder düngende Immissionen meist großflächig auf die ursprünglichen Borkeneigenschaften aus. Hierbei spielen physikalische Eigenschaften der Borken eine Rolle: beispielsweise ist Birkenborke wenig durchlässig, oligotroph und schwer zu verändern (COPPINS, 1984), während Eichenborke eine hohe Wasserkapazität besitzt, durchlässiger ist und leichter verändert werden kann. Beide Borkentypen sind durch ihre primär sauer reagierenden Oberflächen Substrate für azidophytische Flechtenarten. Durch immissionsbedingte Veränderungen wie eutrophierende Einwirkungen aus der Landwirtschaft siedelt an Eichen heutzutage stattdessen nicht selten eine eutrophierungstolerante, allerdings oft reduzierte Flechtengemeinschaft, während solche Zeigerarten an Birken weit seltener auftreten.

Der Baumbestand Kiels umfaßt insgesamt 36 verschiedene Baumgattungen (GARTEN- UND FRIEDHOFSAMT, 1988), als häufigste Gattung ist die Linde mit etwa einem Drittel des Gesamtbestandes vertreten, in absteigender Reihenfolge schließen sich Ahorn, Birke, Eiche und Eberesche an.

Mit insgesamt 67 nachgewiesenen Flechtenarten zeigt *Tilia platyphyllos* als häufigster Trägerbaum gegenüber anderen Phorophyten in Kiel die höchste Artendiversität (Abb.11). Linden sind in Schleswig-Holstein allgemein sehr weit verbreitet und bieten für Flechten daher gute Ausbreitungs- und Besiedlungsmöglichkeiten (vgl. SOCHTING & RAMKAER, 1982; DE WIT, 1976).

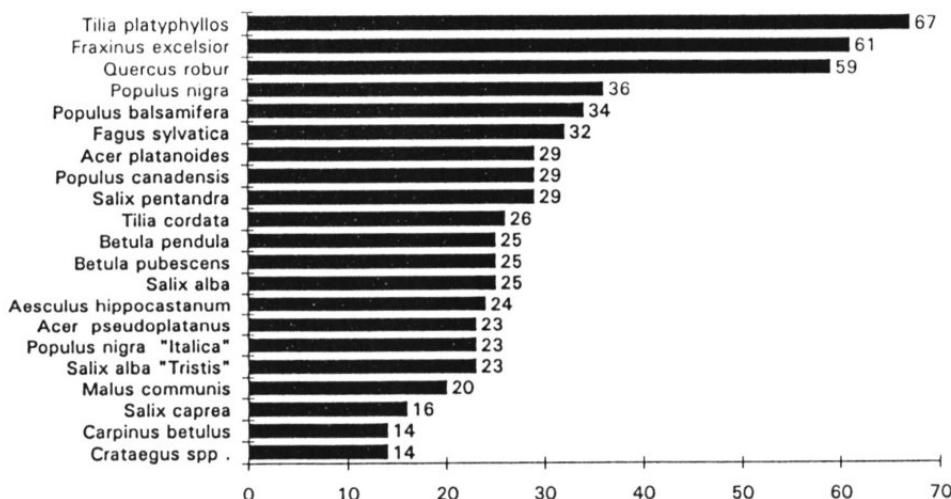


Abb.11: Gesamtartenzahl von Flechten auf den einzelnen Baumarten im Kieler Stadtbereich

Die Sommerlinde tritt im gesamten Stadtgebiet fast gleichmäßig verteilt auf. Im Stadtkern ist ihr Flechtenbewuchs stark reduziert und besteht meist nur aus wenigen Arten. *Lecanora conizaeoides* siedelt mit hoher Deckung am Stamm und belegt die Borken-Azidifizierung, *Lepraria incana*, *Physcia tenuella*, *Hypogymnia physodes* und *Parmelia sulcata* sind gelegentlich anzutreffen. An der staubimprägnierten "Unterlage" gepropfter Linden finden sich subneutrophytische Arten wie *Xanthoria parietina* oder *Phaeophyscia orbicularis* oder die von Kalkgestein auf Borke übergehende *Lecanora dispersa* (Tab.3).

In Grünanlagen (Nordfriedhof, Volkspark Gaarden u.w.) steigt der Artenreichtum an. Die Diversität erreicht mit zunehmender Entfernung zum Stadtkern ihre höchsten Werte. Reicher Bewuchs findet sich an den erhaltenen, alten Baumbeständen in Rönne, Moorsee und Meimersdorf. So wurden an einer einzelnen Linde in Meimersdorf 21 Flechtenarten festgestellt (Karte 17).

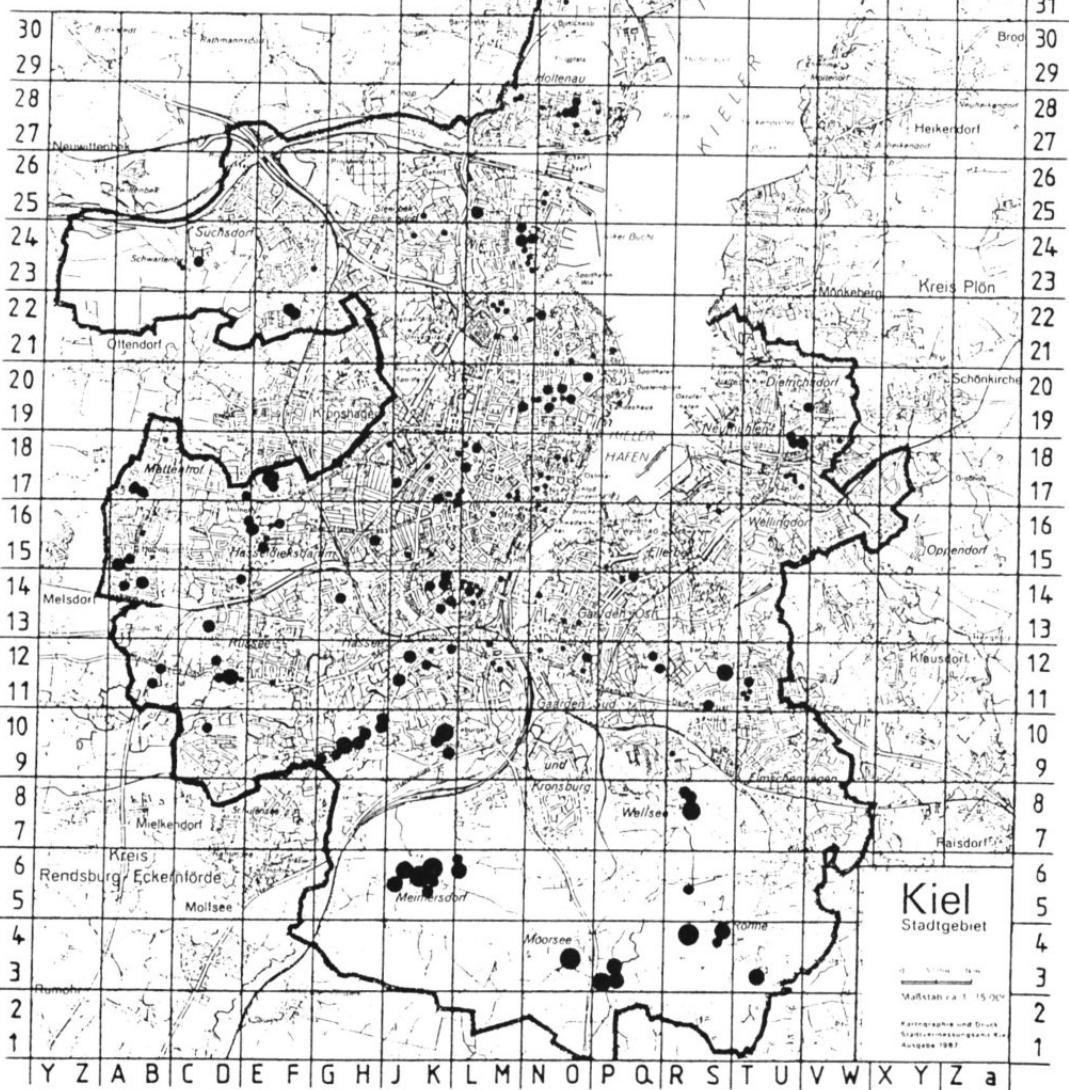
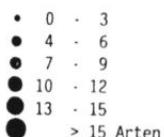
Als Phorophyt mit primär sauren Borkeneigenschaften erreicht die Stiel-Eiche (*Quercus robur*) mit 59 Flechtenarten ebenfalls einen hohen Artenreichtum (Abb.11).

Karte 17

Artendiversität von Flechten auf

TILIA PLATYPHYLLOS

im Kieler Stadtgebiet



Bei starker Staubimprägnation wird auf Eichen die azidophytische Flechtenflora durch nährstoffliebende bzw. -tolerante Flechten ersetzt und somit das für Eichen typische Artenspektrum erweitert.

Stiel-Eichen sind im Stadtgebiet ungleichmäßig verbreitet und vor allem in der Innenstadt selten, alte Einzelbäume oder Überhälter in Knicks beherbergen allerdings in Stadtrandgebieten artenreiche Flechtengemeinschaften. Die höchste Diversität erreichen in Kiel die über 150 Jahre alten Eichen in der Siedlung Hammer, außerdem alte Eichen in den ländlichen Gebieten Moorsee, Wellsee und Oppendorf. In locker überbauten Stadtteilen wie Friedrichsort, Schilksee, Mettenhof u.s.w. ist der Bewuchs auf Eichen bereits stark eingeschränkt. An alten Alleebäumen in Oppendorf ist die Vitalität von Blatt- und Strauchflechten gering, die hohen Artenzahlen auf Eichen deuten aber auf ehemals gut entwickelte Flechtengemeinschaften hin.

Eine vergleichsweise hohe Gesamtzahl wurde an Eschen (*Fraxinus excelsior*) festgestellt, die obwohl diese Trägerbäume gegenüber Linden und Eichen in einer wesentlich geringeren Aufnahmehzahl (60, resp. 213 und 201 Aufnahmen) vertreten sind. Insgesamt konnten 61 epiphytische Flechtenarten an Eschen nachgewiesen werden. Der Artenreichtum dürfte auf die günstigen Borkeneigenschaften und hohe Pufferkapazität dieser Baumart zurückzuführen sein. Von einigen Arten wie *Lecanora carpinea*, *Lecidella elaeochroma*, *Ramalina spp.* u.a. werden Eschen bevorzugt besiedelt (SOCHTING & RAMKAER, 1982). Artenreiche Flechtengemeinschaften sind an Einzelbäumen und Überhältern in den Knicks um Gut Schwartenbek, in Hammer, Meimersdorf, Moorsee, sowie am Wanderweg Wellsee entwickelt.

Die Artenreichtum auf Pappeln ist im Vergleich zu den bisher beschriebenen Baumarten deutlich geringer. Pappeln besitzen tieffrissige Borken mit für Flechten günstigen Feuchtigkeits- und pH-Verhältnissen im subneutralen Bereich. Sie werden von mäßig bis streng subneutrophytischen Flechtengemeinschaften besiedelt. Auf Pappel sind auch mäßig empfindliche Flechten in der Lage, weiter in Innenstädte vorzudringen. Unterschiede in der Diversität der Flechten an Pappeln von der Peripherie zum Stadtkern fallen daher geringer aus, ein immissionsbedingter Wechsel des Artenspektrums ist im Vergleich zu anderen Baumarten kaum gegeben. In den zentrumsnahen Stadtteilen weisen Pappeln im Vergleich zu Linde, Eiche und Esche die höchsten Artenzahlen auf.

Eine geringe Artendiversität zeigt sich auf Weiden und Ahorn. Ungünstige Borkeneigenschaften besitzen weiterhin Platanen (*Platanus spp.*), deren Rinden in großen Stücken abblättern, oder beispielsweise Ebereschen (*Sorbus spp.*), deren sehr saure, glatte Borkenstruktur für Flechten kaum besiedelbar scheint. Obwohl diese Baumart in der Stadt Kiel häufig als Straßenbaum gepflanzt wurde, wurden auf Ebereschen nur wenige Flechtenarten angetroffen.

Nadelbäume tragen durch ihre extrem sauren Borkeneigenschaften auch in Reinluftgebieten oft nur wenige säureliebende Flechtenarten, bei weiterer immissionsbedingter Ansäuerung der Baumborde bleiben häufig nur die einartigen Bestände von *Lecanora conizaeoides*.

Auch an der primär sauren Borke von Birken (*Betula spp.*) siedelt eine meist artenarme, azidophytische Flechtengemeinschaft am Mittelstamm, während in der Innenstadt an ihrer stellenweise durch Stäube oder durch Hundeurin stark eutrophierten Basis auch nitrophile Flechten wachsen.

Ein in Schleswig-Holstein meist von einer spezifischen, sehr artenreichen Gemeinschaft besiedelter Phorophyt ist die Ulme (*Ulmus spp.*). Ihre Verbreitung geht in jüngerer Zeit durch das "Ulmensterben" allerdings stark zurück. Als Trägerbaum ist sie in Kiel fast nicht vorhanden.

In Bezug auf die Substratwahl in Kiel zeigt sich bei den meisten, weit in innere Stadtgebiete vordringenden Arten ein breites Spektrum an Trägerbäumen (Tab.3). *Lecanora conizaeoides* kommt überwiegend auf primär sauren Borken vor, geht aber bei einer Ansäuerung auch auf subneutrale Borken von Pappeln (pH 5 bis 7,5; nach BARKMAN, 1958; WIRTH, 1980; WATSON et.al. 1988) und mäßig saure bis subneutrale Borken von Weiden über (pH 4,4 bis 5,5), seltener auf die subneutrale Borke von Eschen (pH 5,2 bis 6,7). Subneutrophytische Flechten wie *Physcia tenella*, *Xanthoria polycarpa* oder *Xanthoria candelaria* dagegen sind gelegentlich auch auf ursprünglich sauren Substraten zu finden und deuten auf einen erhöhten Borken-pH, z.B. durch Staubansammlung. Durch Staubimprägnierung kann der Borken-pH von Birke von pH 4 bis auf pH 6 angehoben werden (DU RIETZ, 1945), dann stellen sich auch auf Birken in Kiel subneutrophytische Flechten wie *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia tenella* und *Xanthoria parietina* ein.

Azidophytische Arten wie *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Hypocenomyce scalaris* u.a. finden sich vorwiegend an der sauren Baumborke von Eichen (pH 3,7 bis 5,7) und Birken (pH 3,2 bis 5,0) sowie der im Stadtinneren azidifizierten Borke von Linden. Pappeln und Weiden fallen als Trägerbäume für *Hypocenomyce scalaris* ganz aus.

Flechtenarten	Prozentuale Häufigkeit	Tilia %	Quercus %	Populus %	Acer %	Betula %	Salix %	Fraxinus %
<i>Lecanora conizaeoides</i>	63,3	80	64	45	64	78	39	42
<i>Physcia tenella</i>	38,7	35	6	64	42	31	53	41
<i>Lepraria incana</i>	38,4	38	50	37	19	19	53	53
<i>Hypogymnia physodes</i>	31,5	23	38	34	40	41	28	30
<i>Parmelia sulcata</i>	30,0	22	39	53	25	10	65	42
<i>Buellia punctata</i>	28,8	25	29	48	23	13	47	33
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	22,2	26	4	36	33	30	21	8
<i>Lecanora expallens</i>	21,6	8	41	27	8	-	20	47
<i>Evernia prunastri</i>	20,6	16	46	19	8	4	1	4
<i>Xanthoria polycarpa</i>	19,0	21	9	33	28	19	25	10
<i>Xanthoria candelaria</i>	18,7	19	15	30	12	11	23	43
<i>Lecanora dispersa</i>	14,4	23	9	2	15	23	5	8
<i>Xanthoria parietina</i>	14,3	11	4	30	28	15	11	12
<i>Phlyctis argena</i>	11,7	11	19	10	3	-	8	43
<i>Lecanora chlarotera</i>	10,6	3	18	7	2	1	1	58
<i>Parmelia glabratula</i>	8,9	7	10	13	1	1	28	23
<i>Cladonia fimbriata</i>	8,8	5	10	8	1	10	23	15
<i>Hypocenomyce scalaris</i>	8,5	16	12	-	4	11	-	7
<i>Cladonia coniocraea</i>	5,8	6	9	8	1	6	9	16
<i>Lecanora carpinea</i>	5,0	6	7	2	1	-	3	14
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	4,7	7	2	4	6	9	5	5
<i>Candelariella xanthost.</i>	4,6	8	2	6	1	-	7	13
<i>Physcia adscendens</i>	4,5	3	3	14	3	-	5	2
<i>Parmelia acetabulum</i>	4,3	7	2	3	3	1	-	7
<i>Pertusaria pertusa</i>	3,7	5	10	-	-	-	-	8
<i>Parmelia exasperatula</i>	3,0	3	3	2	2	1	5	7
<i>Physconia enteroxantha</i>	2,7	4	3	7	1	-	3	2
<i>Parmelia saxatilis</i>	2,5	3	3	3	3	1	5	2
<i>Chaenotheca ferruginea</i>	2,3	1	8	-	-	-	-	-
<i>Parmelia laciniatula</i>	2,2	2	3	3	-	1	1	10

Tab. 3: Prozentuales Vorkommen der 30 häufigsten epiphytischen Flechtenarten auf den häufigsten Baumgattungen

In Kiel mit geringerer Abundanz vorkommende Arten zeigen oft Schwerpunkte auf Eschen im Stadtrandbereich, z.B. sind dies *Parmelia acetabulum*, *Parmelia laciniatula*, *Parmelia exasperatula* oder die Krustenflechte *Phlyctis argena*. Dasselbe gilt für Pionierbesiedler wie *Lecanora chlorotera*, *Lecanora carpinea* u.a..

Auf wenige Trägerbäume beschränkt sind die Vorkommen von *Pertusaria pertusa* und *Chaenotheca ferruginea* (Schwerpunkt an Eiche und Esche). *Chaenotheca ferruginea* siedelt außerdem auf saurer Fichtenborke, Fichten sind aufgrund ihrer Flechtenarmut in Kiel in Tab. 3 jedoch nicht aufgeführt.

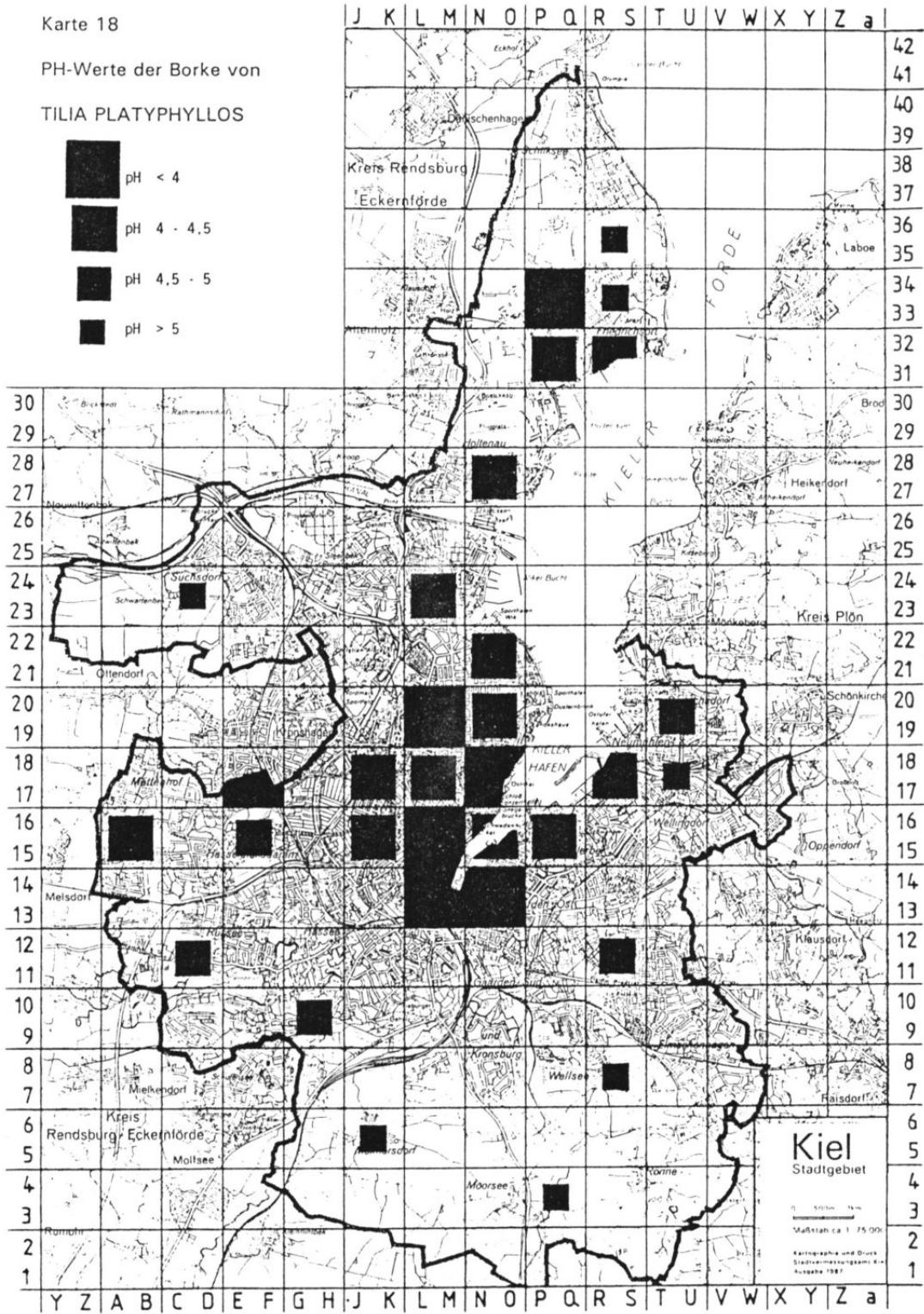
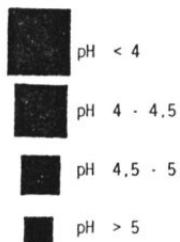
4.2.7 Azidifizierung von Baumborken in Kiel

Um Aussagen über eine mögliche Azidifizierung von Baumborken im Stadtgebiet von Kiel zu machen, erfolgten an verschiedenen Standorten pH-Messungen. Diese wurden an der häufigen und im ganzen Stadtgebiet gleichmäßig verbreiteten Trägerbaumart *Tilia platyphyllos* durchgeführt (Karte 41, mittlere pH-Werte je Quadrant nach Messungen an Sommer-Linden, westliche Expositionen). Der pH-Bereich bewegte sich auf *Tilia platyphyllos* zwischen 3,3 und 6,2, die niedrigsten Werte traten in den Stadtzentren auf dem West- und Ostufer auf. Sehr saure Borkenverhältnisse wurden weiterhin im Ortszentrum von Friedrichsort gemessen, die höchsten Werte stammten von Linden in den ländlichen Gebieten (Suchsdorf, Meimersdorf, Moorsee, Wellsee u.a.). Dies steht in Übereinstimmung mit Messungen in anderen Ballungsgebieten (JOHNSEN & SOCHTING, 1973; GOPPEL, 1976; SKYE, 1968 u.a.); die Ansäuerung der Borke fällt jedoch im Verhältnis dazu geringer aus.

Karte 18

PH-Werte der Borke von

TILIA PLATYPHYLLOS



4.3 Epilithische Flechten auf Kalkgestein

Der überwiegende Teil bisher unter immissionsökologischer Fragestellung erfolgter Flechtenkartierungen in Stadt- und Industriegebieten beschränkte sich auf epiphytische Flechtenvorkommen. In den Kernbereichen vieler Städte fehlen Phorophyten. Epiphyten treten nur noch in sehr artenarmen Beständen auf oder fehlen ganz auf den Bäumen. Kalkliebende Gesteinsflechten dagegen können zum Teil weiter in Innenstädte vordringen, da natürliche und künstliche basische Substrate verbreitet sind und saure Immissionen abpuffern, so daß Flechten selbst in sehr stark belasteten Gebieten vorkommen können (SEAWARD, 1976; HOPP & KAPPEN, 1981). Eine qualitative Skala zur Bioindikation von Luftverunreinigungen durch Gesteinsflechten stellte GILBERT bereits 1970 auf.

Da im norddeutschen Tiefland fast kein für Kalkflechten besiedelbares anstehendes Gestein zur Verfügung steht, kommen anthropogene Substrate wie Betonmauern, Mörtel, Waschbetonplatten und vergleichbare Materialien in Frage.

4.3.1 Häufigkeit und Verbreitung von Kalkflechten in Kiel

Auf kalkhaltigen Unterlagen wurden in 308 etwa gleichmäßig über das Untersuchungsgebiet gestreuten Aufnahmen insgesamt 34 kalkliebende Gesteinsflechten notiert. Mit 18 Sippen gehört der überwiegende Teil dem Krustenflechtentypus an (vgl. Anhang B).

Kalkhaltige Unterlagen werden oft innerhalb kurzer Zeit durch anspruchslose und allgemein weit verbreitete Krustenflechten besiedelt. Zu den häufigsten Kalkbesiedlern in Kiel zählen die Krustenflechten *Lecanora dispersa*, *Lecanora albescens*, *Candelariella aurella*, *Caloplaca citrina* oder *Caloplaca holocarpa* (Tab.4). Häufige Blattflechten sind die extrem düngungstoleranten Arten *Xanthoria parietina* und *Phaeophyscia orbicularis*. Verbreitungsmuster einiger seltener angetroffener Arten hängen möglicherweise zum Teil eher von der Verfügbarkeit besiedelbaren Substrats, einem geeigneten Kleinklima am jeweiligen Wuchsplatz oder der lokalen Nährstoffbelastung ab als von großräumigen Immissionsbelastungen. Insgesamt im Kieler Stadtgebiet zerstreut siedelnde Sippen wie *Physcia caesia*, *Lecanora muralis*, *Lecidella stigmatica* oder *Rinodina gennarii* werden vereinzelt auch in der dicht überbauten Innenstadt angetroffen. Mit der Annäherung an die stark befah-

Tab. 4: Die 20 häufigsten Kalkflechten in Kiel

Flechtenart	Absolute Häufigkeit	% Häufigkeit in 308 Vegetationsaufnahmen
1. <i>Lecanora dispersa</i>	249	80,8
2. <i>Phaeophyscia orbicularis</i>	205	66,5
3. <i>Lecanora albescens</i>	201	65,2
4. <i>Candelariella aurella</i>	186	60,3
5. <i>Caloplaca citrina</i>	139	45,1
6. <i>Caloplaca holocarpa</i>	135	43,8
7. <i>Xanthoria parietina</i>	119	38,6
8. <i>Verrucaria nigrescens</i>	82	26,6
9. <i>Caloplaca saxicola</i>	77	25,0
10. <i>Physcia caesia</i>	63	20,4
11. <i>Physcia tenella</i>	62	20,1
12. <i>Lecidella stigmataea</i>	54	17,5
13. <i>Caloplaca decipiens</i>	52	16,8
14. <i>Verrucaria muralis</i>	52	16,8
15. <i>Physcia adscendens</i>	46	14,9
16. <i>Rinodina gennarii</i>	43	13,9
17. <i>Lecanora muralis</i>	32	10,4
18. <i>Lecania erisybe</i>	28	9,1
19. <i>Phaeophyscia nigricans</i>	27	8,7
20. <i>Sarcogyne regularis</i>	23	7,5

renen Hauptverkehrsstraßen jedoch reduzieren sich auch die Flechenvorkommen auf Kalksubstraten erheblich und es bleiben oft nur einartige Bestände von *Caloplaca citrina* übrig (Westring). Andere verbreitete Kalkflechten wie die als eutrophierungstolerant bekannten, farblich auffälligen *Caloplaca decipiens* oder *saxicola* dagegen meiden den Stadt kern, sind aber in der Lage, neue und meist glatte Betonmauern in Neubaugebieten am Stadtrand (Mettenhof, Schilksee) erfolgreich zu besiedeln. Insgesamt sind an der Peripherie und der weiteren Umgebung des Stadt kerns nicht selten artenreiche Kalkflechtengemeinschaften ausgebildet (mit *Caloplaca saxicola*,

Sarcogyne regularis, *Lecanora campestris*, *Physconia grisea* u.a.). Die reichste Kalkflechtenflora (Karte 24) findet sich auf älteren Mauern am landwirtschaftlich geprägten Stadtrand (z.B. mit größeren Beständen von *Physconia grisea* oder *Lecanora campestris* auf alten Dorfmauern in Suchsdorf und Kiel-Pries).

Im Folgenden werden die Fundorte und Verbreitungsmuster einiger ausgewählter Kalkflechtenarten dargestellt:

***Phaeophyscia orbicularis* (Karte 19)**

Eine sowohl epiphytisch, vor allem am staubimprägnierten Stammgrund und in Wasserabflußstreifen an Laubbäumen, als auch epilithisch auf kalkhaltigen Substraten sehr häufige und ohne offensichtliche Verbreitungsgrenze bis in den inneren Stadt kern vordringende Blattflechte ist *Phaeophyscia orbicularis*. Die euryöke, sehr eutrophierungs- und toxitolerante Art (WIRTH, 1980) wird erst im Stadtzentrum entlang der Kaistraße, sowie im Zentrum von Gaarden selten. Ähnliche Verbreitungsmuster, im Ganzen aber seltener auf eutrophierte Borken überwechselnd, zeigen die Krustenflechten *Lecanora dispersa*, *Lecanora albescens* und *Candelariella aurella*, häufig in Vergesellschaftung mit *Phaeophyscia orbicularis*.

***Caloplaca citrina* (Karte 20)**

Die gelbe Krustenflechte bildet gleichförmige Überzüge zumeist auf Vertikalfächern mit glatter Oberflächenbeschaffenheit. Gelegentlich ist auch diese Art an der eutrophierten Stammbasis von Laubgehölzen zu finden. Sie ist im ganzen Stadtgebiet häufig.

In artenarmen bis einartigen Beständen ist *Caloplaca citrina* auch entlang von Hauptverkehrsstraßen noch zu finden (Westring, Werftstraße), Begleiter sind gelegentlich *Lecanora dispersa*, *Candelariella aurella*, *Lecanora albescens* oder *Phaeophyscia orbicularis*.

***Physcia caesia* (Karte 21)**

An Kalkgestein und eutrophierten Standorten ist die nährstoffliebende Blattflechte *Physcia caesia* in Kiel weit verbreitet. Verbreitungslücken dieser Art im Stadtzentrum und in Gaarden scheinen nicht auf Auswirkungen durch

Luftbelastungen zurückzuführen zu sein, da diese Art auch in sehr belasteten Gebieten wie nahe der Hauptpost und am Kieler Hauptbahnhof vorkommen kann. Möglicherweise spielen die Substratverfügbarkeit und die quer zur Hauptwindrichtung ausgerichtete Bebauungsstruktur um die Ringstraße eine Rolle bei der Verbreitung vegetativer Diasporen.

***Caloplaca saxicola* (Karte 22)**

Diese eutrophierungstolerante Art kommt vor allem auf Vertikalfächern von Betonmauern und Waschbeton vor. Die gelbe Krustenflechte ist im Stadtgebiet zerstreut verbreitet, wird aber zum Stadtkern hin selten. In den jüngeren Siedlungen am Stadtrand ist sie dagegen zahlreich (Mettenhof, Baubeginn 1965, Schilksee, 1959). Diese Befunde deuten auf eine effektive Diasporen-Verbreitung der Flechte hin.

***Lecanora muralis* (Karte 23)**

Eine euryöke, als sehr toxitolerant geltende und schnellwüchsige Blattflechte ist die weit verbreitete Gesteinsart *Lecanora muralis*. Sie siedelt an Kalkgestein sowie an eutrophiertem Gestein aller Art und gelegentlich auch auf Borke, hauptsächlich kommt sie an Horizontalflächen von Mauern vor. In Kiel ist die Art zerstreut im gesamten Stadtgebiet zu finden. In den landwirtschaftlich geprägten Dorfzentren von Meimersdorf und Rönne bedeckt sie vergesellschaftet mit *Candelariella vitellina* und *Physcia caesia* stellenweise große Mauerabschnitte. An einzelnen Mauern der Kieler Innenstadt bildet *Lecanora muralis* mehrere cm große Thalli aus (Forstweg, niedrige Kalkmauer). An deutlich eutrophierten Standorten findet jedoch ein Substratwechsel auf Granit auch in der Innenstadt statt.

JAHNS (1982) stellt die Bedeutung mikroklimatischer Feuchteverhältnisse und Luftverschmutzung für das Vorkommen dieser Flechte im Frankfurter Stadtgebiet heraus. Auf erhöhte Immissionsraten reagiert die Flechte hier sehr empfindlich. Auch SEWARD (1987) führt die schnelle Wiederbesiedlung der Umgebung von Yorkshire auf verminderte Schwefeldioxidimmissionen zurück. Eine immissionsbedingte Verbreitungsgrenze sowie Schädigungen der Flechtenthalli durch die hohe Abgasbelastung sind in Kiel nicht nachweisbar. Verbreitungslücken dürften daher weniger auf ihre Toxitoleranz als auf fehlende Besiedlungsmöglichkeiten oder durch dichte Bebauung erschwerte Ausbreitung zurückzuführen sein.

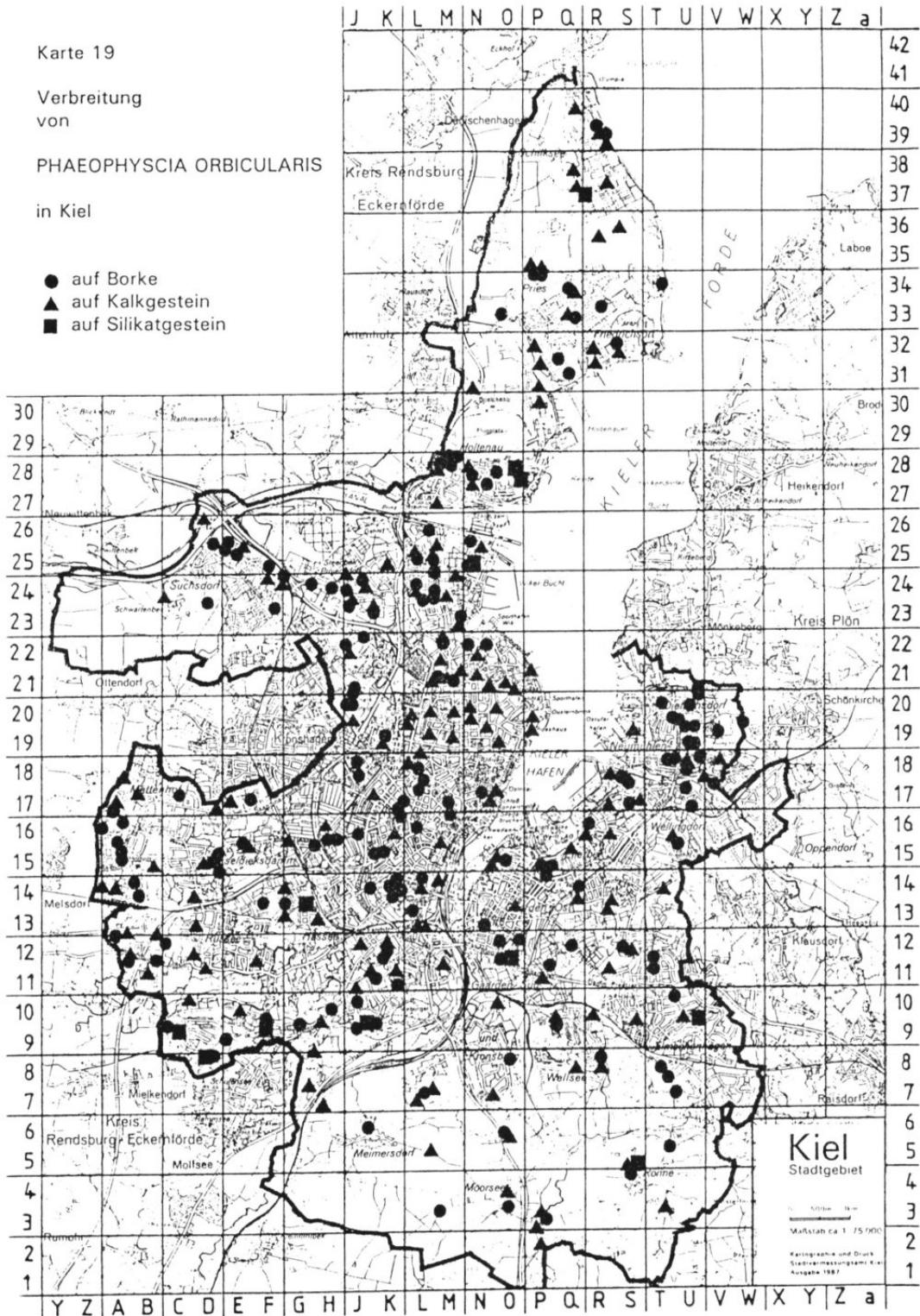
Karte 19

Verbreitung von

PHAEOPHYSCIA ORBICULARIS

in Kiel

- auf Borke
 - ▲ auf Kalkgestein
 - auf Silikatgestein



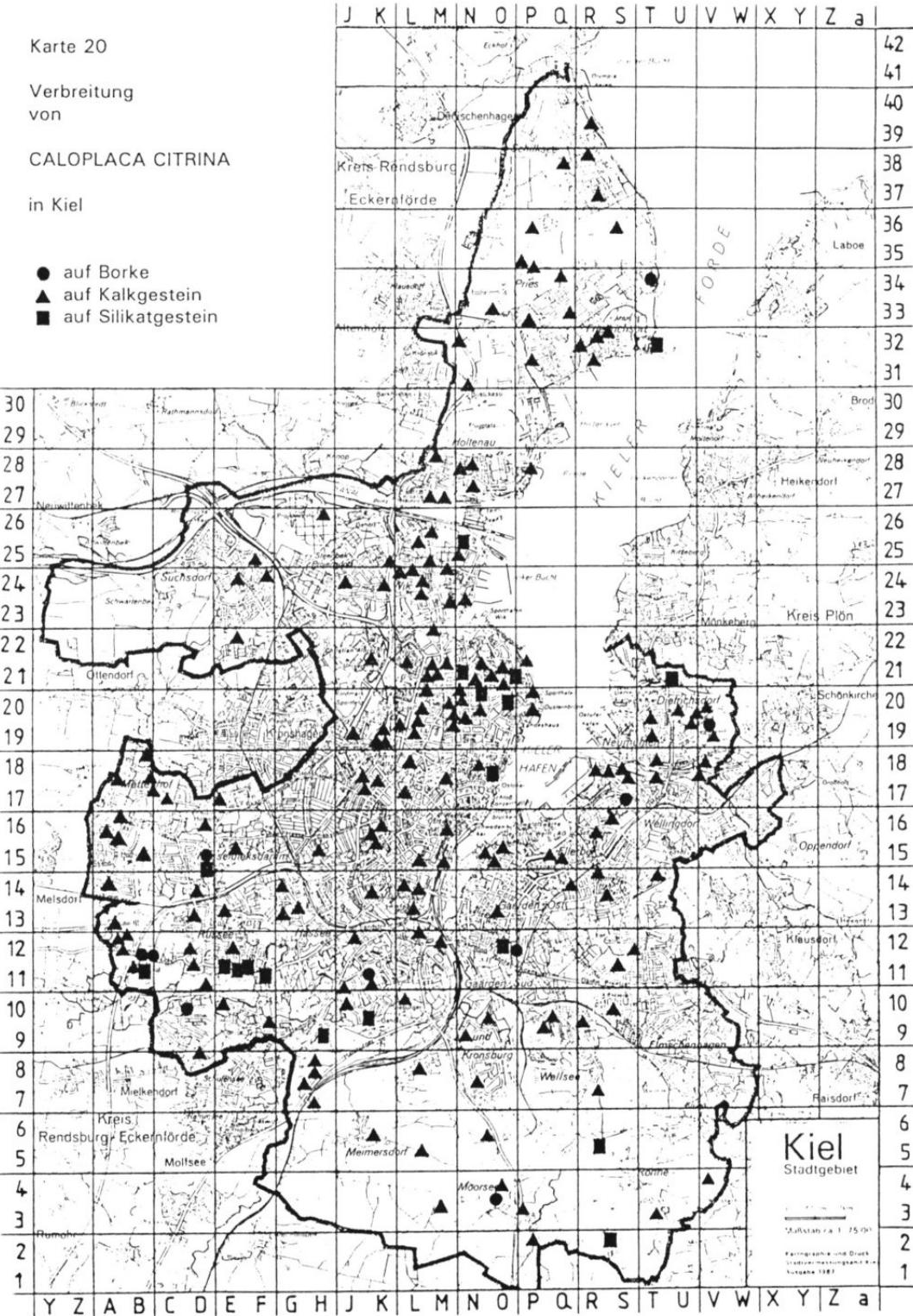
Karte 20

Verbreitung von

CALOPLACA CITRINA

in Kiel

- auf Borke
 - ▲ auf Kalkgestein
 - auf Silikatgestein



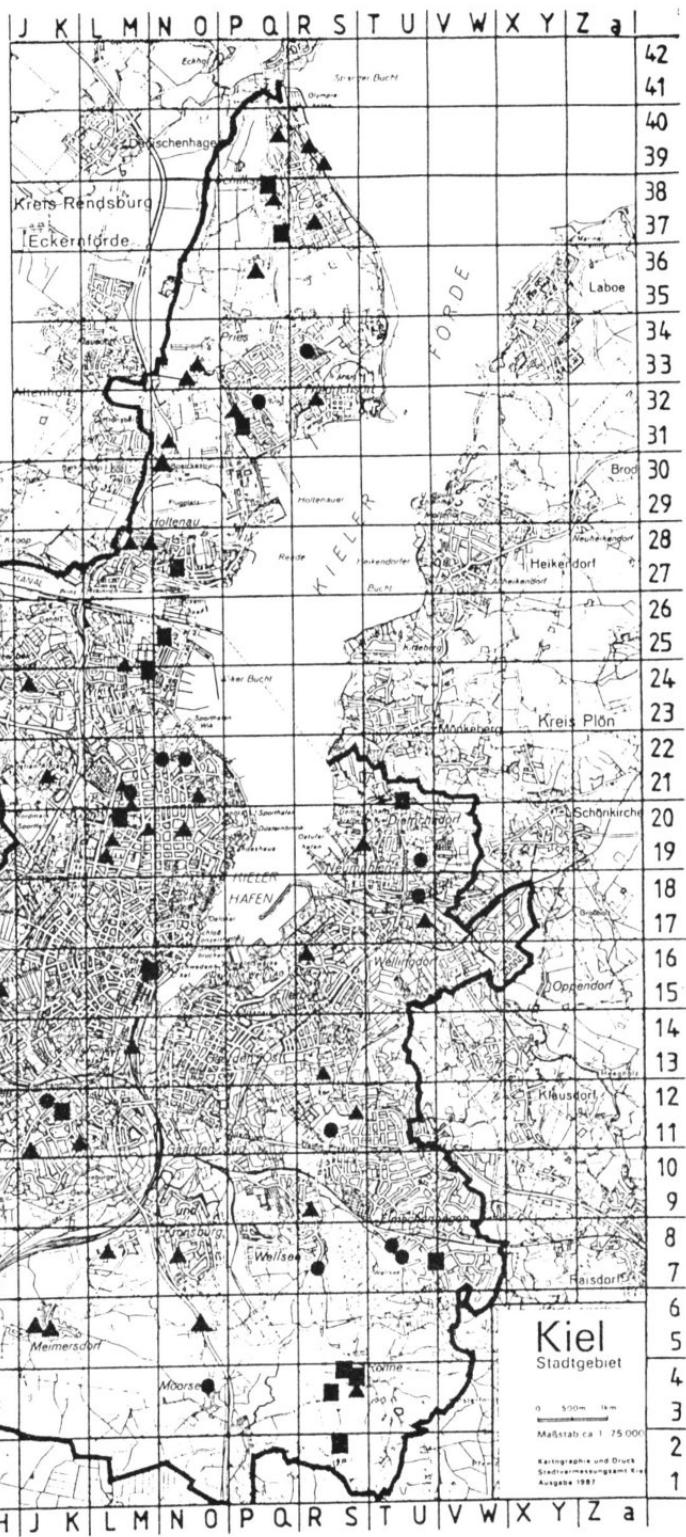
Karte 21

Verbreitung
von

PHYSCKIA CAESIA

in Kiel

- auf Borke
- ▲ auf Kalkgestein
- auf Silikatgestein



0 - 500 m 1 km

Maßstab ca. 1:75 000

Kartographie und Druck

Stadtvermessungsamt Kiel

Ausgabe 1987

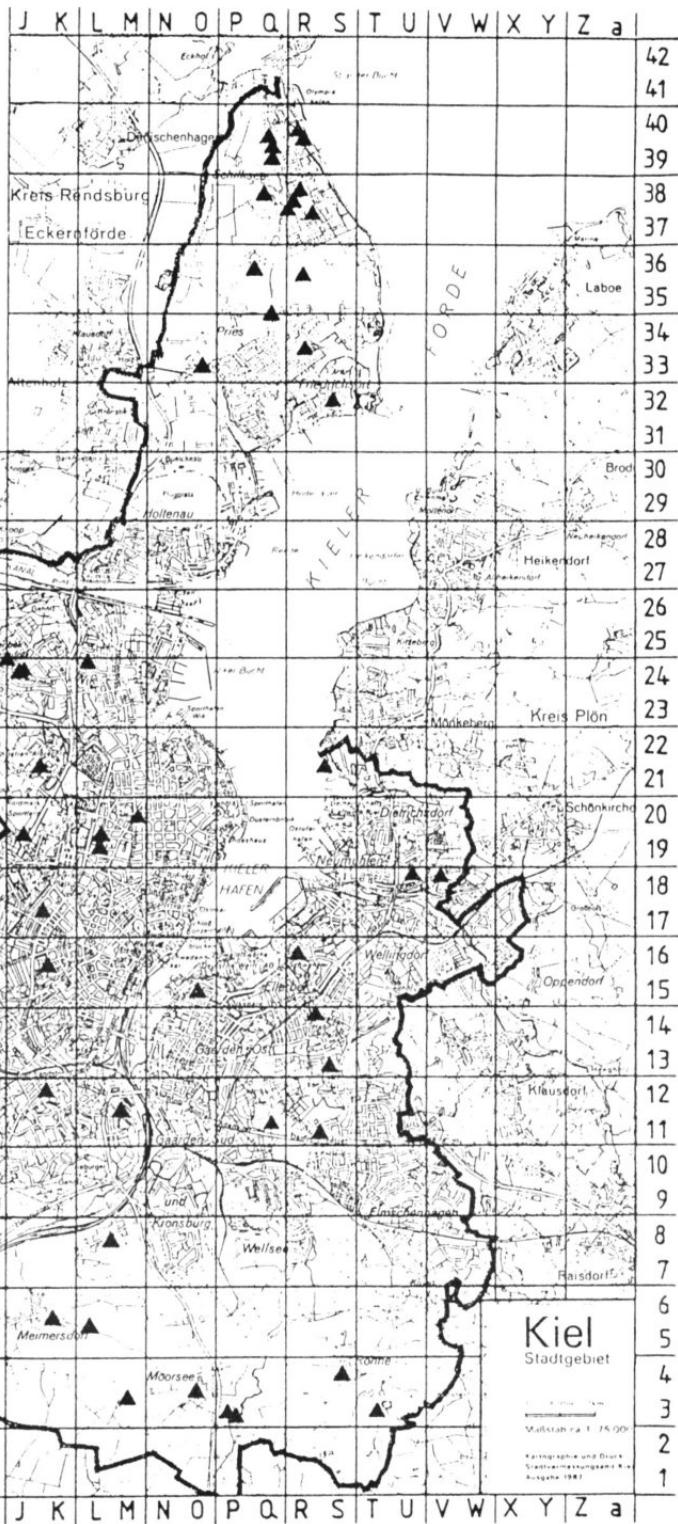
Karte 22

Verbreitung
von

CALOPLACA SAXICOLA

in Kiel

▲ auf Kalkstein



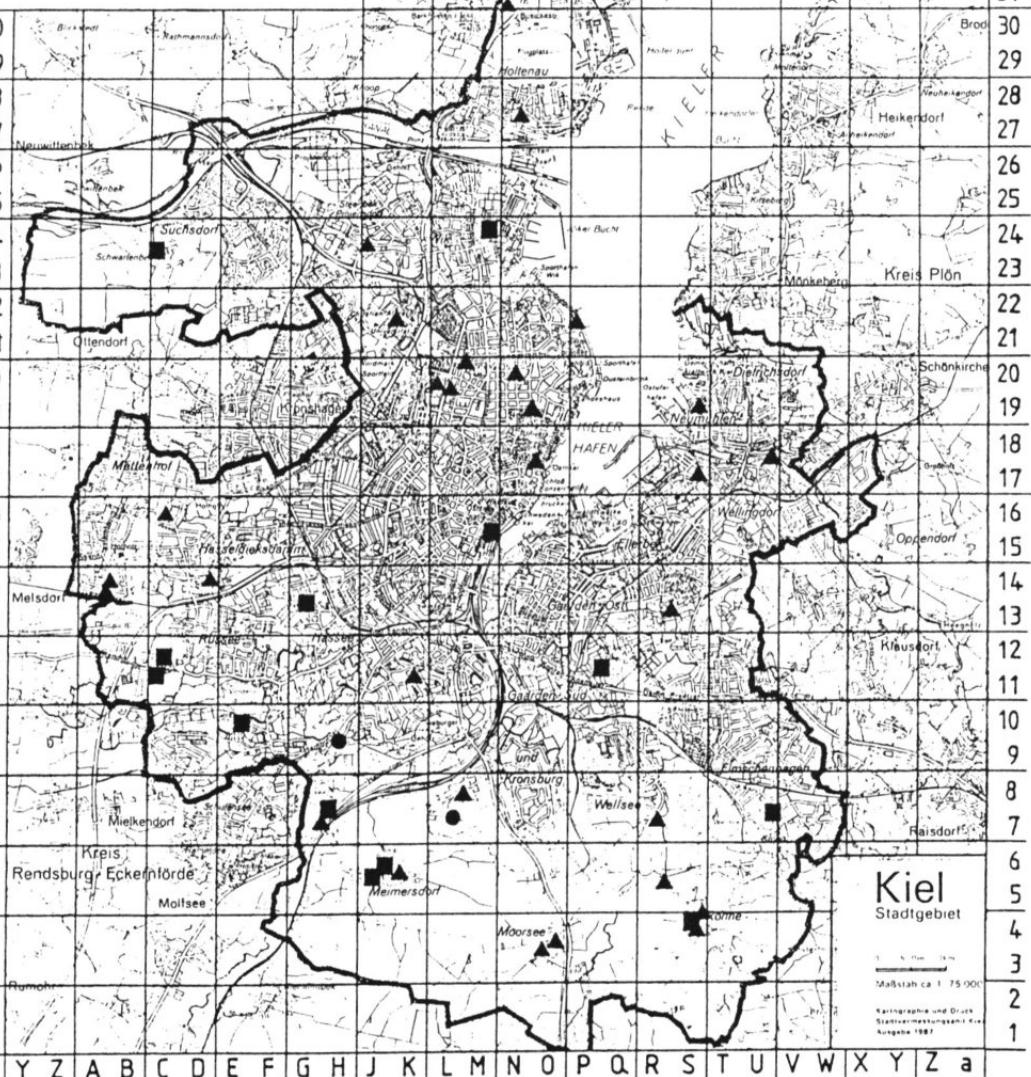
Karte 23

Verbreitung
von

LECANORA MURALIS

in Kiel

- auf Borke
- ▲ auf Kalkgestein
- auf Silikatgestein



Maßstab ca. 1 : 75 000

Kartographie und Druck

Stadtvermessungsamt Kiel

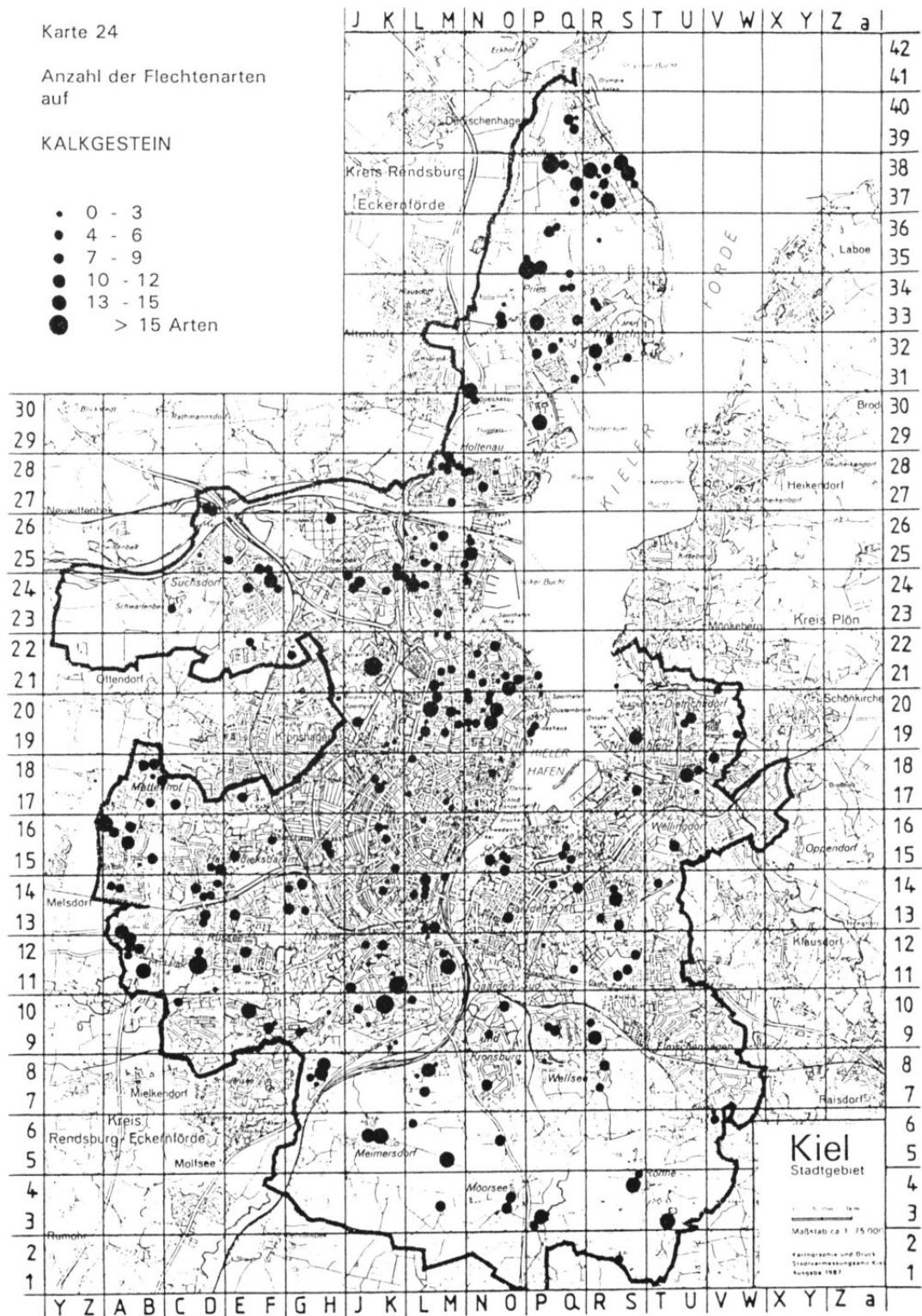
Ausgabe 1987

Karte 24

Anzahl der Flechtenarten
auf

KALKGESTEIN

- 0 - 3
- 4 - 6
- 7 - 9
- 10 - 12
- 13 - 15
- > 15 Arten



4.4 Flechten auf Silikatgestein

Silikatische Substrate sind im Untersuchungsgebiet Findlinge, Mauern aus Urgestein, Ziegelmauern, aber auch kleines Geröll, beispielsweise auf Ruderalfächlen, weiterhin Bahnschotter. Es wurden insgesamt 52 Flechtenarten auf Silikatgestein festgestellt. Von diesen Arten siedeln 44 % ausschließlich auf Silikatgestein, während 56 % (29 Flechten) eher ein substrativiges Verhalten zeigen (Anhang B). Dabei handelt es sich um eutrophierungsresistente Arten, die wegen der Staubimprägnierung auf Granit übergehen.

Silikatflechten sind im allgemeinen weniger empfindlich gegenüber Luftverunreinigungen als epiphytische Flechten. Doch gilt auch hier eine Abhängigkeit der Verbreitungs- und Wachstumsgeschwindigkeit von der Luftqualität (GILBERT, 1988).

Die Besiedlung hängt stark von der Substratverfügbarkeit ab und ist damit in Neubaugebieten (Mettenhof, Elmschenhagen) erschwert. In dicht bebauten Stadtteilen kommen auf alten Ziegelmauern vor allem die Arten *Trapelia coarctata*, *Candelariella vitellina* und *Physcia caesia* vor (z.B. Hansastrasse, Niebuhrstraße). Da geeignete Granitsubstrate in Kiel sehr ungleichmäßig verteilt sind, sollen mit den folgenden Verbreitungskarten in der Hauptsache einige häufigere Silikatflechten vorgestellt sowie seltene oder sehr seltene Funde angesprochen werden.

***Candelariella vitellina* (Karte 25)**

Eine Flechte mäßig saurer Standorte mit weiter ökologischer Amplitude ist die gelbe Krustenflechtenart *Candelariella vitellina*. An Natursteinmauern, Findlingen, aber auch auf Kalksubstraten (in den Fugen von Ziegelmauern), sogar an eutrophierter Borke, kommt sie zerstreut im Stadtgebiet vor. Funde in der sonst epiphytisch flechtenärtesten Zone (z.B. an einer Granitmauer, Hauptpost) lassen vermuten, daß eventuelle Verbreitungslücken auf das Fehlen geeigneter Substrate zurückzuführen sind.

Ein ähnliches Verbreitungsmuster weist die Krustenflechte *Lecanora polytropa* im Kieler Stadtgebiet auf. An Findlingen und Denkmälern siedeln beide Arten häufig vergesellschaftet.

***Trapelia coarctata* (Karte 26)**

Als typischer Erstbesiedler auf Silikatgestein und Geröll ist die Krustenflech-

te *Trapelia coarctata* im Stadtgebiet verbreitet. Während sie jedoch in Stadtrandgebieten auf Natursteinmauern und Garteneinfassungen aus Granitstein, aber auch geröllreichen Standorten (z.B. Meimersdorfer Bahnhof) ausgedehnte Lager bildet, wird sie in der Innenstadt seltener. Hier besiedelt sie oft die horizontalen Flächen von Ziegelmauern (Niebuhrstraße, mehrere alte Mauerabschnitte).

Weitere Silikatflechten wie z.B. die krustenförmige *Porpidia crustulata* zeigen eine ähnliche Verbreitung im Stadtgebiet, kommen aber in geringerer Abundanz vor.

***Baeomyces rufus* (Karte 27)**

Das einzige Vorkommen dieser stielfrüchtigen Krustenflechte in Kiel befindet sich an einer verwitterten Ziegelmauer (Friedrichsort, Stromeyerallee). Hier kommt die Flechte reich fruchtend und mit hoher Deckung vor.

Baeomyces rufus siedelt allgemein meist auf nährstoffarmem, verfestigtem Erdboden, an Wegböschungen und Gartenrändern, ist aber auch auf Silikatgestein (oft erdimprägniertes Gestein) zu finden.

***Lecidea fuscoatra* var. *grisella* (Karte 27)**

Bevorzugt an anthropogenen, staubbeeinflußten und stickstoffreichen Standorten siedelt die Krustenflechte *Lecidella fuscoatra* var. *grisella* an kalkfreiem Gestein. Sie wurde in Kiel mehrfach auf Schottersteinen im Meimersdorfer Bahnhofsgelände und am Hasseer Güterbahnhof nachgewiesen, weiterhin auf Silikatgestein im Schrebergartengelände Kollhorst.

***Tephromela atra* (Karte 28)**

Die sonst in Schleswig-Holstein an Natursteinmauern zerstreut vorkommende *Tephromela atra* wurde in Kiel nur an zwei Standorten festgestellt. Die Flechte gilt als relativ euryök und siedelt an Silikatgestein mäßig nährstoffreicher Verhältnisse. Die Vorkommen befinden sich an den Vertikalflächen von Granitblöcken einer Feldeinfahrt bei Gut Seekamp sowie an einer alten Brücke aus Granitquadern am Meimersdorfer Weg in der Schulensee-Niederung.

***Stereocaulon dactylophyllum* (Karte 28)**

Das Vorkommen der Strauchflechte *Stereocaulon dactylophyllum* auf einem Findling am Eingang zum Friedhof Friedrichsort ist neben einem Fund auf Sylt (BRAND & KETNER-OSTRAA, 1983) derzeit der einzige neuere Nachweis dieser äußerst seltenen Flechtenart für Schleswig-Holstein. Der Findling ist datiert auf 1910. Die Häufigkeit der Flechte wurde noch von ERICHSEN (1957) als "zerstreut" charakterisiert, einzelne Fundorte sind beschrieben in ERICHSEN (1928-30; 1938), heute ist sie in Schleswig-Holstein nach JACOBSEN (1992) akut vom Aussterben bedroht (Rote Liste S-H 1; JACOBSEN, 1992; vgl. Anhang B).

***Porpidia tuberculosa* (Karte 29)**

Eine in Kiel seltene Art ist die an Silikatgestein und glatten Ziegelmauern siedelnde Krustenflechte *Porpidia tuberculosa*. In Vergesellschaftung mit weiteren Krustenflechten, u.a. *Baeomyces rufus*, kommt sie auf der oben beschriebenen Ziegelmauer in Friedrichsort (Stromeyerallee) vor. Weitere Fundorte liegen am Friedhof in Holtenau und am Dorfplatz in Rönne.

***Rhizocarpon geographicum* (Karte 29)**

Die in Schleswig-Holstein selten gewordene Landkartenflechte *Rhizocarpon geographicum* wurde auf Granitquadern einer alten Brücke am Meimersdorfer Weg gefunden. Da aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens an dieser Durchfahrtsstraße die straßennahen Bereiche stark staub- und abgasbelastet sind, weisen sämtliche Flechten auf dieser Mauer eine schlechte Vitalität auf, es kommt kaum zur Diasporenbildung. *Rhizocarpon geographicum* siedelt auf der Horizontalfläche, das einzige Exemplar besitzt einen Durchmesser von knapp zwei Zentimetern.

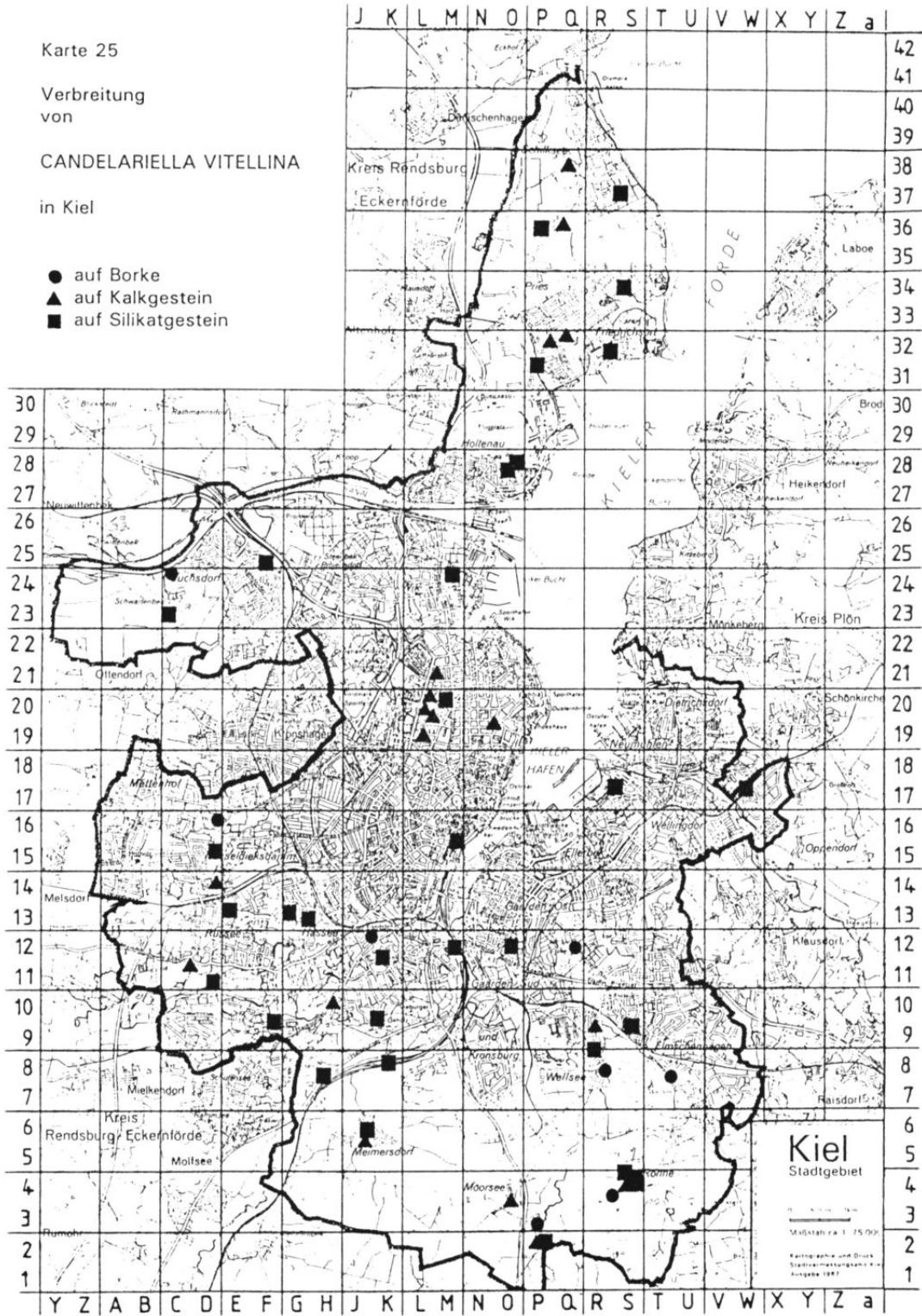
Karte 25

Verbreitung von

CANDELARIETTA VITELLINA

in Kiel

- auf Borke
 - ▲ auf Kalkgestein
 - auf Silikatgestein



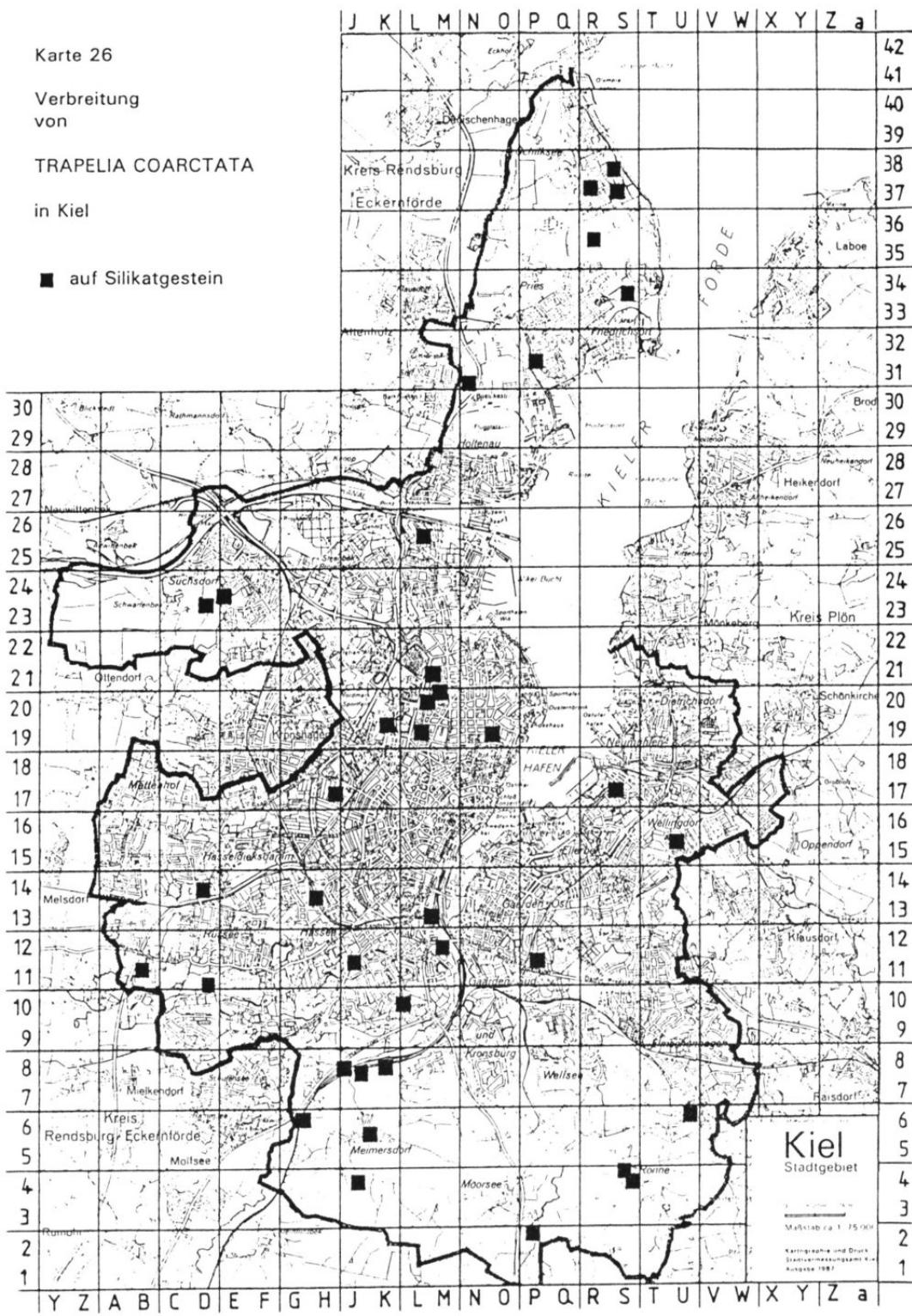
Karte 26

Verbreitung von

TRAPELIA COARCTATA

in Kiel

■ auf Silikatgestein

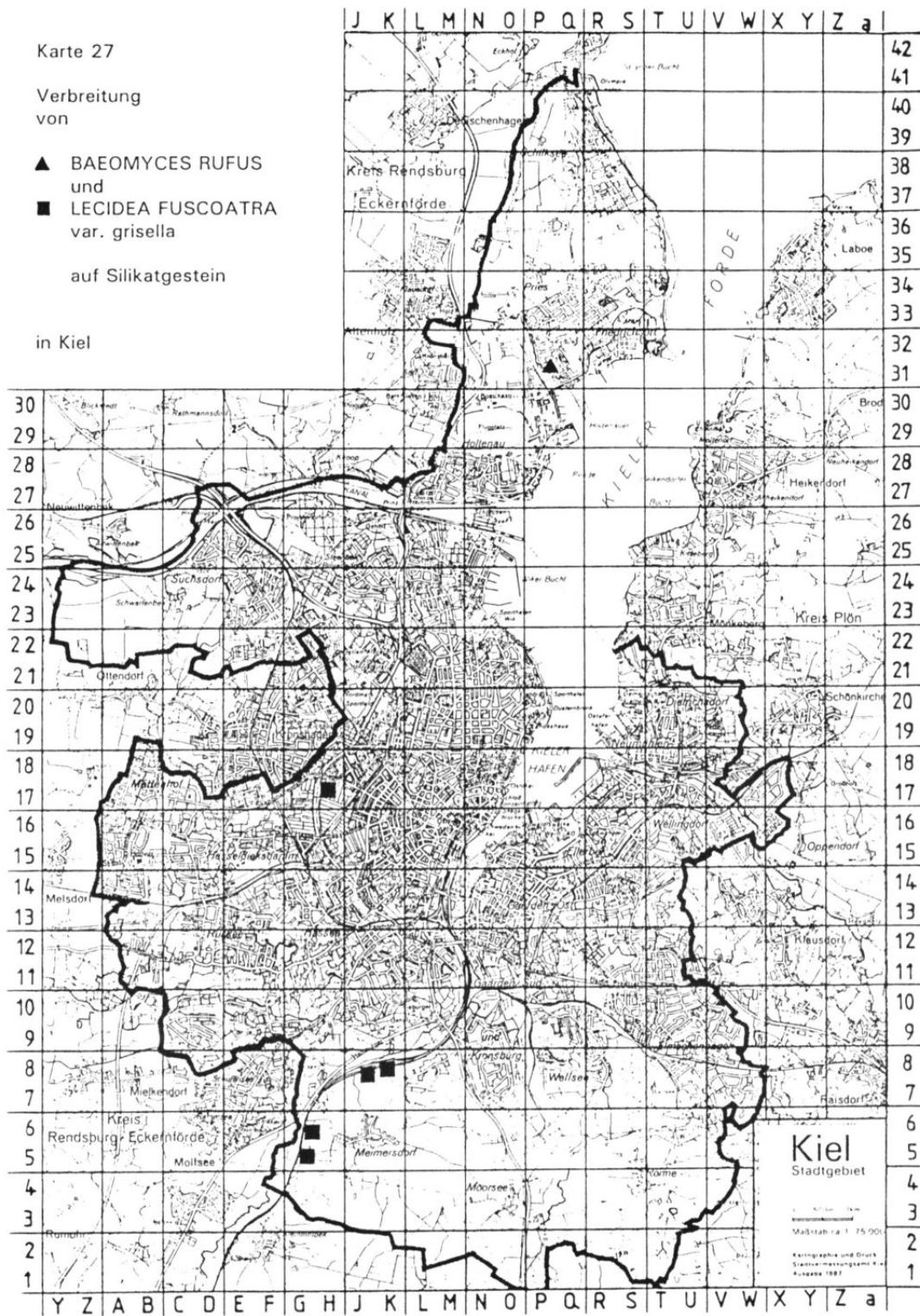


Karte 27

Verbreitung
von

- ▲ BAEOMYCES RUFUS
und
 - LECIDEA FUSCOATRA
var. grisella
- auf Silikatgestein

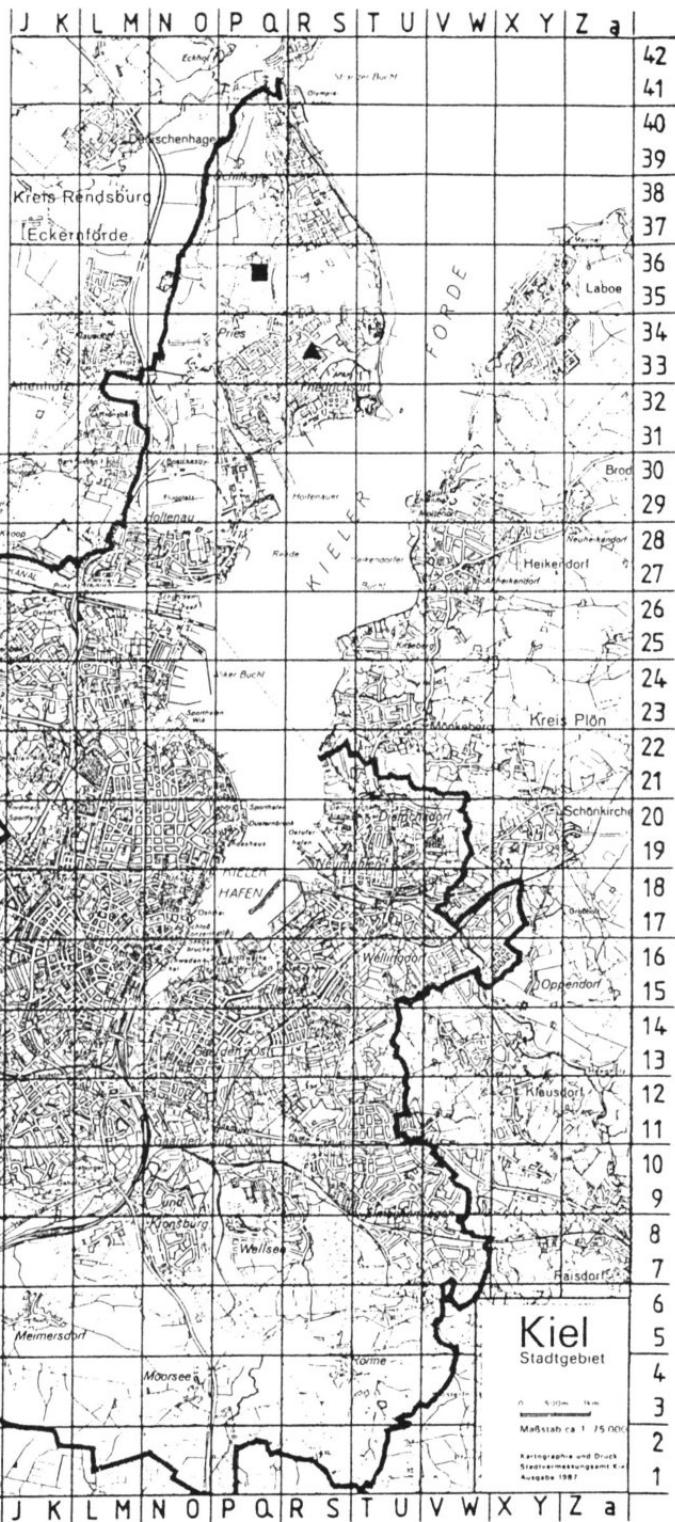
in Kiel



Karte 28

Verbreitung
von

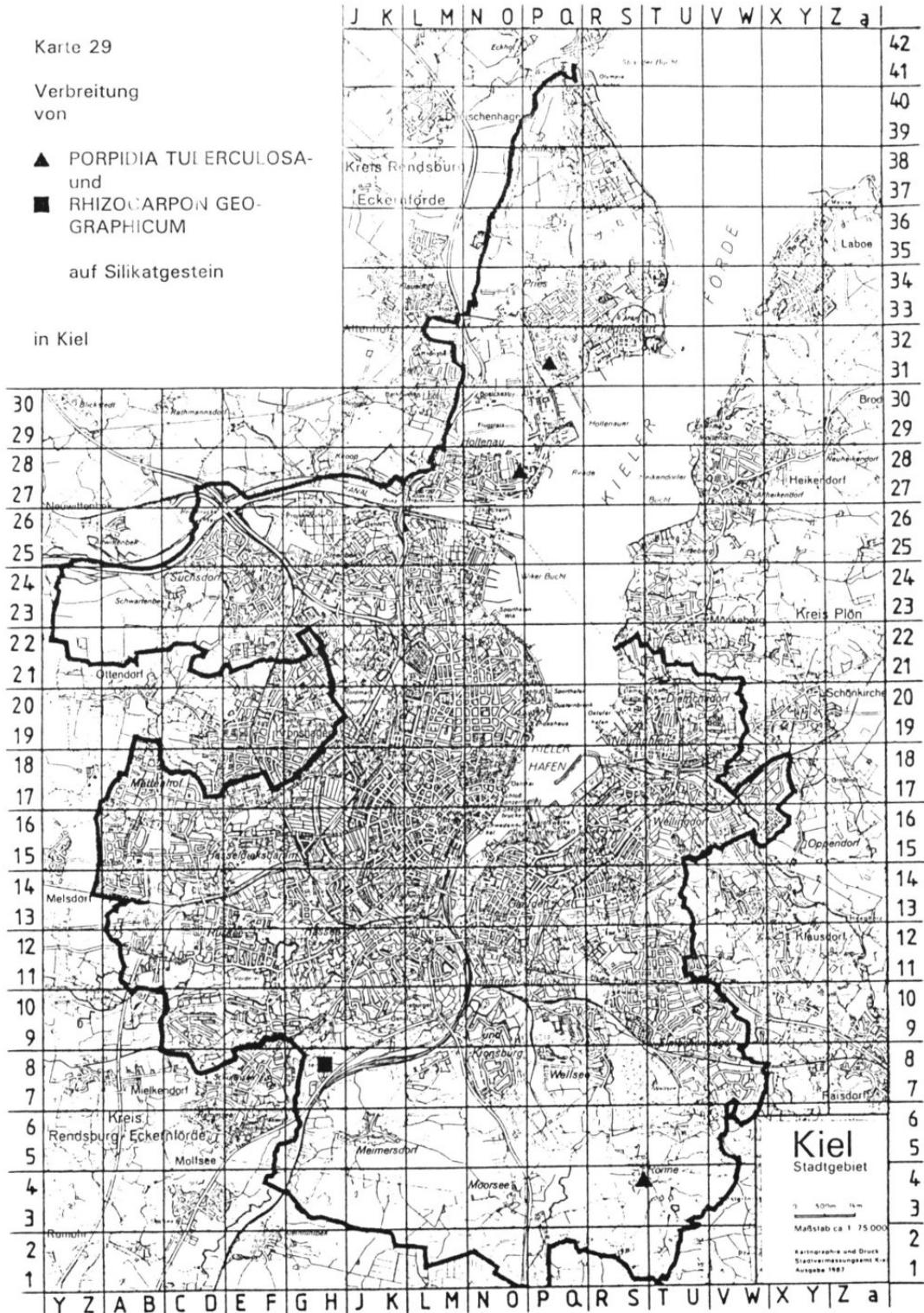
- ▲ STEREOCAULON DACTYLO-
PHYLLUM
und
■ TEPHROMELA ATRA
auf Silikatgestein
in Kiel



Karte 29

Verbreitung
von

- ▲ PORPIDIA TULERCULOSA-
und
■ RHIZOCARPON GEO-
GRAPHICUM
auf Silikatgestein
in Kiel



4.5 Funde von Flechten auf Erdboden

Erst in jüngerer Zeit wird verstärkt auf die Bedeutung urbaner Ruderalstandorte für boden- und gesteinsbewohnende Flechten hingewiesen (LEUCKERT & RUX, 1984; 1988; GILBERT, 1990).

Erbewohnende Flechten wurden im Stadtgebiet von Kiel vor allem an ruderalen Standorten mit offenen, teilweise sandigen Böden auf verschiedenen Bahnhöfen festgestellt, einen weiteren Standort stellt die sandig-lehmige Steilküste zwischen Schilksee und Friedrichsort dar.

Näher untersucht wurde das Gelände um den Hauptbahnhof, der Meimersdorfer Rangierbahnhof, der Güterbahnhof Kiel-West, der Güterbahnhof Hassee und das Gelände der Alten Ziegelei in Hasseldieksdamm.

Blatt- und Strauchflechten bilden die optisch vorherrschende Wuchsform. Auf sandigen Böden wurden insgesamt drei Vertreter der Gattung *Peltigera* gefunden, darunter typische und in Schleswig-Holstein nicht seltene Bewohner ruderaler Standorte: *Peltigera canina*, *Peltigera didactyla* und *Peltigera rufescens* (Anhang A). Zahlreiche Exemplare von *Peltigera rufescens* siedeln insbesondere auf dem brachliegenden Gelände der "Alten Ziegelei" bei Hassee. Aus dem weitläufigen Meimersdorfer Rangierbahnhof stammen außerdem Funde einiger seltener Arten wie *Cladonia cariosa* und *Cladonia cervicornis* var. *verticillata*. Vertreter der *Cladonia pyxidata*-Gruppe sind daneben auch auf anderen Unterlagen häufig (auf Borke, auf Zaunpfählen, Sandböden und Reet).

Gallertflechten sind landesweit insgesamt selten, einzelne Funde im Stadtgebiet stammen, so beispielsweise *Collema limosum*, von offenen Stellen der Steilküste in Schilksee, *Collema tenax* dagegen wurde auf älteren Mauern in randlich gelegenen Siedlungen gefunden und siedelt in feuchten, mit Erde angereicherten Mauerfugen (Findlinge, Ziegel), ein Fundort liegt bei Neu-Meimersdorf.

4.6 Flechten auf Holz

Auf Fichten- und Eichenspaltpfählen ließen sich eine Reihe von Flechtenarten vor allem in den landwirtschaftlich genutzten Stadtrandgebieten nachweisen. Die meisten Arten sind eigentlich Besiedler von Baumborken. Dazu zählen azidophytische Flechten wie *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri* und verschiedene Krustenflechten, darunter die toxitoleranten *Lecanora conizaeoides* und *Hypocenomyce scalaris*. Verbreitet sind an Seiten- und Schnittflächen auch Überzüge von unauffälligen krustigen Arten wie *Saccomorpha icmalea* und *Trapeliopsis flexuosa*. Eine auch landesweit seltene und auf luftfeuchte Verhältnisse angewiesene Art ist *Cyphelium inquinans*, die im Einzugsgebiet des Wellsees mehrfach an Hirnschnitten von Holzpfählen vorkommt. Ebenfalls vereinzelt wurde die strauchförmige *Cladonia macilenta* angetroffen, sie siedelt auf alten Zaunpfählen (Bahnschwellen) an einer landwirtschaftlichen Einfahrt am Meimersdorfer Weg. An landwirtschaftlich beeinflußten und stark eutrophierten Stellen treten nitrophytische Flechtenarten, zum Beispiel *Xanthoria candelaria* oder *Xanthoria polycarpa* als auch weitere eutrophierungsresistente Sippen hinzu.

4.7 Flechten auf Reet

Einen besonderen Wuchsraum für Flechten stellen die reetgedeckten Dächer in Schleswig-Holstein dar. Eine eingehende pflanzensoziologische Studie über Flechten auf Reet wurde von FRAHM (1972) durchgeführt. Im Stadtgebiet von Kiel sind Reetdächer nur vereinzelt erhalten. Durch Pflegemaßnahmen (Ausbesserungen sowie Abnehmen der Moose und Flechten) sind diese aber meist frei von Flechten. Ein älteres Reetdach mit reichem Flechtenwuchs ist in halbschattiger und feuchter Lage auf Gut Seekamp zu finden. Neben in Kiel auch auf anderen Substraten verbreiteten Flechten wie *Parmelia sulcata*, *Trapeliopsis flexuosa*, *Cladonia pyxidata* agg., *Cladonia fimbriata* u.a. wurden hier mit *Cladonia subulata* und *Cladonia floerkeana* weitere Strauchflechtenarten nachgewiesen.

4.8

Die Flechtenzonierung

Epilithische Flechten wurden bisher nur vereinzelt für die Aufstellung von Flechtenzonierungen in Städten mit herangezogen (HAWKSWORTH & ROSE, 1970; RYDZAK, 1968; GILBERT, 1970; HOPP, 1973), da sie nur in schwächerem Grade eine Abnahme in der Artendiversität und Vitalität zeigen. Als Hinweis auf die lufthygienische Situation in Kiel werden vor allem die Befunde (Artenvielfalt, Deckungsgrade, Vorkommen einzelner Arten, Schädigungen) an epiphytischen Flechten in Flechtenzonen zusammengefaßt. Für das Verhalten epilithischer Kalkflechten können nur Anhaltspunkte gewonnen werden. Die mangelnde Verfügbarkeit silikatischer Substrate in mehreren Stadtteilen erschwert die Beurteilung, inwieweit die Verbreitung von Silikatflechten in Kiel immissionsbeeinflußt ist.

Um das breite Spektrum an Trägerbäumen in Kiel bei der Erstellung der Flechtenzonierung zu berücksichtigen, wurden die Zonierungskriterien gemäß TÜRK & WIRTH (1980; siehe auch BESCHEL, 1958; TÜRK & ZIEGELBERGER, 1982; TÜRK 1988) abgewandelt.

Bei der Einteilung des Flechtenbewuchses in fünf unterschiedliche Zonen sollte beachtet werden, daß Veränderungen im Flechtenbewuchs kontinuierlich verlaufen und selten scharfe Grenzen zeigen. Die Zonengrenzen markieren demzufolge einen weiter zu fassenden Übergangsbereich.

4.8.1 Zonierungskriterien und die Flechtenzonen im Kieler Stadtgebiet, Karte 30

Zone 1: Gebiete reichhaltiger Flechtenvegetation

Der epiphytische und epilithische Flechtenbewuchs ist normal entwickelt und entspricht dem des weiteren Umlandes, die Flechten sind optisch ungeschädigt. Epiphytische Blatt- und Strauchflechten sind vorherrschend, die Artendiversität ist hoch. Blattflechten weisen häufig Deckungsgrade über 40 % auf. Flechten auf Kalkgestein zeigen eine hohe Artendiversität, Blattflechten sind häufig und erreichen hohe Deckungsgrade.

Ihre größte Ausdehnung erreicht diese Zone an der südlichen Peripherie der Stadt. Sie umfaßt das Naturschutzgebiet Wellsee-Becken, die landwirtschaftlich genutzten Gebiete im Süden der Stadt und die Dorfzentren mit altem Baumbestand von Rönne, Moorsee, Schlüsbek und Meimersdorf. Unterbrochen durch die Eider-Niederung (Neue Hamburger Straße, Bahnlinie) setzt sie sich über die Schulensee-Niederung und die Siedlung Hammer bis zur Kuhfurtsau fort. Eingeschlossen sind auch die westlich von Suchsdorf gelegenen, von zahlreichen Knicks durchsetzten Gebiete um Gut Schwartenbek und im Norden ein kleiner Bereich um Gut Seekamp.

Die Linden des Meimersdorfer Dorfplatzes wurden nach HACKENBERG et al. (1987) um das Jahr 1800 gepflanzt und weisen eine artenreiche Flechtenflora auf. Einzelne Vorkommen von *Anaptychia ciliaris*, *Ramalina fraxinea* und *Parmelia tiliacea* sowie zahlreiche Exemplare von *Ramalina fastigiata*, *Ramalina farinacea* und *Pertusaria*-Arten weisen den gesamten alten Baumbestand von lichenologischer Seite für Kiel als besonders schutzwürdig aus. In Moorsee wurde die landesweit in Rückgang begriffene *Physconia distorta* auf Linde gefunden. In Rönne wurden *Ramalina fastigiata*, *Pseudevernia furfuracea*, *Evernia prunastri* und *Physconia enteroxantha* beobachtet. In Knicks stehende Eichen weisen zumeist einen dichten Bewuchs mit Arten der Gattung *Parmelia*, *Evernia prunastri* und *Pertusaria* spp. auf, auch größere Vorkommen von *Pseudevernia furfuracea*, z.B. an Eiche im Schlüsbecker Moor westlich der B 404.

Flechtenreichtum charakterisiert weiterhin den alten Baumbestand der Siedlung Hammer im Südwesten Kiels. *Evernia prunastri* erreicht an *Fraxinus*, *Tilia* oder *Quercus* hohe Deckungsgrade, mit *Pertusaria leioplaca* und *Physconia perisidiosa* wurden für Kiel seltene Arten nachgewiesen.

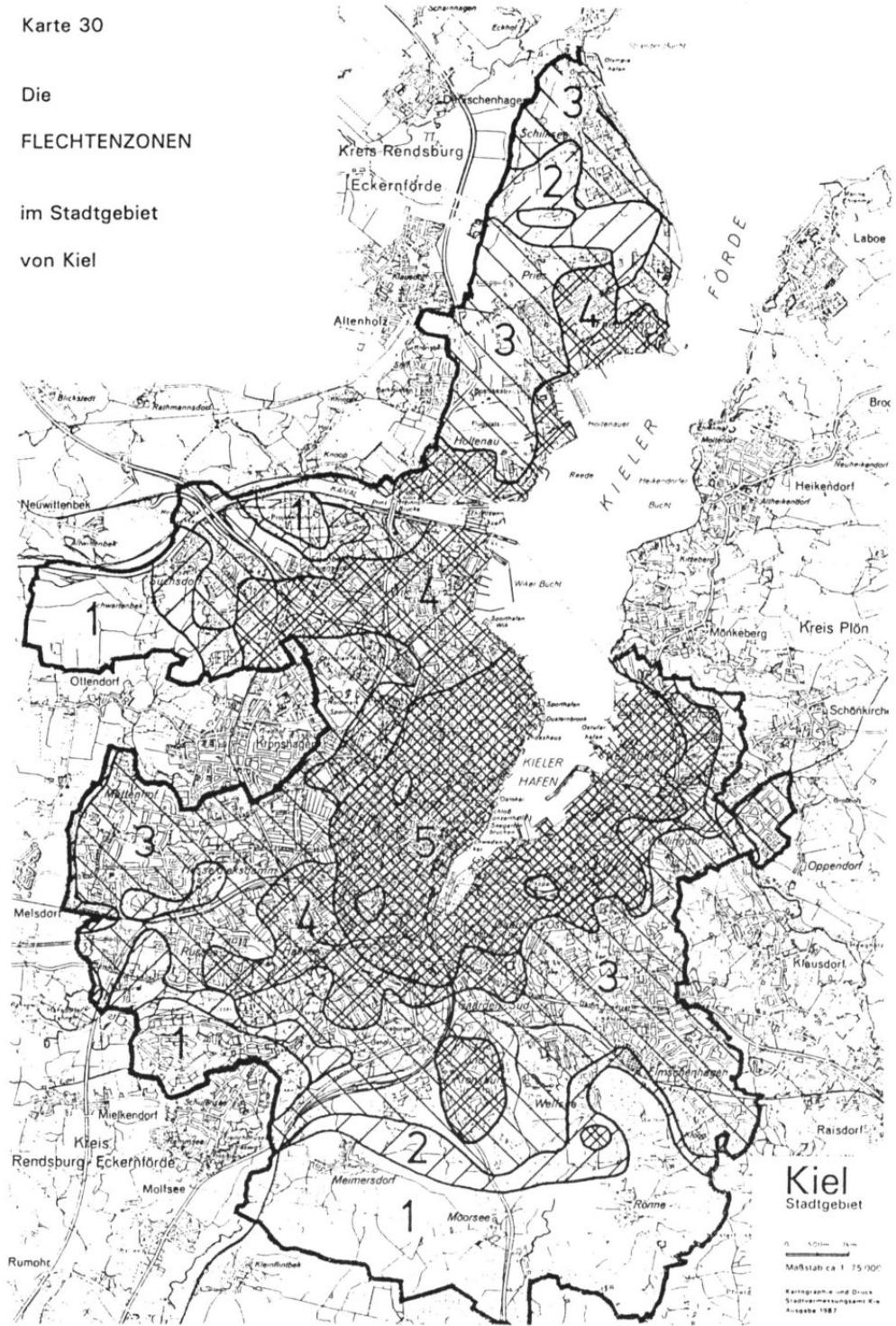
Im Knicksystem bei Gut Schwartenbeck erreicht *Evernia prunastri* die höchsten Deckungsgrade. Von Gut Schwartenbek stammt der nördlichste Fund von *Pseudevernia furfuracea* in Kiel. An Hainbuchen sind großflächig Bestände von *Lecanora carpinea* und *Lecidella elaeochroma* entwickelt.

Für Waldgebiete vergleichsweise üppigen Flechtenbewuchs weisen Eichen und Eschen im Projensdorfer Gehölz auf. Die reichhaltigste Flechtenvegetation findet sich entlang von Straßen durch den Wald oder in Lichtungen, die erhöhte einfallende Lichtmenge begünstigt den Bewuchs (SCHNEIDER, 1985; WILMANNS & BIBINGER, 1966).

Die seltene *Ramalina pollinaria* an Eiche nahe Gut Seekamp scheint ein Relikt ehemals reicherer Flechtenvorkommen in diesem Gebiet zu sein.

Karte 30

Die
FLECHTENZONEN
im Stadtgebiet
von Kiel



Kiel
Stadtgebiet

0 5 10 15 Km
Maßstab ca. 1 : 75 000
Karlsruhe und Düsseldorf
Stadtvermessungsamt Kiel
Ausgabe 1987

Zone 2: Gebiete mit leicht eingeschränkter Flechtenvegetation

Epiphytische Blatt- und Strauchflechten sind vorherrschend und erreichen Deckungsgrade über 25 %. Sehr immissionsempfindliche Arten fehlen. *Evernia prunastri* ist häufig, *Pseudevernia furfuracea* nur noch selten anzutreffen. Der Schädigungsgrad der Blatt- und Strauchflechten liegt unter 25 %. Der epilithische Flechtenbewuchs auf Kalkgestein ist nicht eingeschränkt und an älteren Mauern reichhaltig.

Zone 2 charakterisiert die Übergänge zu dicht bebauten Gebieten in Kiel. In der näheren Umgebung des Industriegebiets Wellsee (bebaut vor 1981) ist der Flechtenbewuchs an Eichen durch Abholzen einzelner Bäume reduziert und durch erhöhte Staubbelastung beeinträchtigt. In Zone 2 dringt die immissionsempfindliche Strauchflechte *Pseudevernia furfuracea* noch in Stadtrandgebiete ein: Auf Pappel kommt sie in der Melsdorfer Landstraße, auf Linde in der Hofholzallee (stark staubbelastet) und im Petersburger Weg am Vieburger Gehölz vor. Die westliche Begrenzung ist das Autobahnkreuz der BAB. In der Russeer Au weisen verschiedene freistehende Eichen einen reichen Bewuchs auf. Vom Landschaftsschutzgebiet Russeer Gehege bis zum Hasseldieksdammer Gehege setzt sich jenseits der Autobahn die Zone fort. Im Nordwesten der Stadt charakterisiert Zone 2 den Übergang zu den Siedlungs- und Industriegebieten von Suchsdorf. Das Ortsteilzentrum von Suchsdorf zeichnet sich durch eine beruhigte Verkehrslage aus. Pappeln (*Populus balsamifera*) und Ahorn (am Kanal) zeigen guten Flechtenbewuchs (*Physconia enteroxantha*), ebenso Eichen am Rand der Neubausiedlung. Am Nienbrügger Weg siedelt *Parmelia acetabulum* auf *Tilia platyphyllos*. Im Norden der Stadt umgibt Zone 2 weitläufig die Zone 1. Der Ortskern von Schilksee Dorf und der landwirtschaftlich genutzte Bereich der Scheidekoppe bei Schilksee weisen eine gute epiphytische und epilithische Flora auf. Das westliche Schwentineufer bei Wellingdorf ist durch erhöhte Luftfeuchtigkeit begünstigt. Reicher Flechtenbewuchs findet sich hier vor allem an *Salix spp.*, offenbar hat der dichte Baumbestand eine Filterwirkung gegenüber der Umgebung. An den Linden im Wehdenweg aber ist der Flechtenbewuchs bereits erheblich reduziert.

Zone 3: Gebiete mit stärker eingeschränktem Flechtenbewuchs

Der Deckungsgrad der epiphytischen Blatt- und Strauchflechten liegt unter 25 % , der Thallusdurchmesser der Blattflechten liegt häufig über 1,5 cm. Der Schädigungsgrad einzelner Blattflechten erreicht bis zu 50 %. Die Artendiversität ist stark herabgesetzt. Kalkflechten zeigen an stark befahrenen Straßen verringerte Deckungsgrade und Diversität.

Zone 3 deckt im Süden Kiels weitgehend die locker überbauten Bereiche, die Neue Hamburger Straße, die Meimersdorfer Moorniederung sowie die Schrebergartengelände zwischen Wellingdorf und Elmschenhagen, Russee und Hassee und bei Hasseldieksdamm ab. Im Westen zählt das Wohngebiet um den alten Ortskern von Suchsdorf und im Norden ein großer Flächenanteil von Schilksee über Pries bis nach Holtensau dazu.

Der Flechtenbewuchs in diesen Bereichen zeichnet sich durch eingeschränkten Artenreichtum auf allen Phorophyten außer *Populus* und *Salix* aus oder durch starke Schädigungen an den vorhandenen Flechten.

In Mettenhof existieren noch (vor allem am westlichen Siedlungsrand) alte Knickbäume (*Quercus*, *Fraxinus*), die deutlich staub- und verkehrsbeeinträchtigt sind. Auch mechanische Schädigungen durch Bautätigkeiten und parkende Autos (Helsinkistraße) wurden beobachtet. Auffallend ist die starke Schädigung einiger immissionsanzeigender Arten: Weißverfärbungen im Thallus von *Parmelia sulcata* deuten auf lokal starke Immissionen.

Die schnellwüchsigen und anspruchslosen epilithischen Kalkflechten finden dagegen durch neugeschaffene Unterlagen (Betonmauern) geeignete Ansiedlungsmöglichkeiten (Bildungszentrum Mettenhof am Heidenberger Teich).

Durch hohe Staubbelaustung zeichnet sich das Industriegebiet Wellsee aus, in Elmschenhagen dürften sich Straßenverkehr (Preetzer Damm) und die enge Bebauungsstruktur des alten Ortskerns negativ auf den Flechtenbewuchs auswirken.

In Oppendorf ist die alte Eichenallee des Oppendorfer Weges hervorzuheben, in der sich ursprünglich ein sehr reicher Flechtenbewuchs befand. Relikte davon bilden heute *Ramalina farinacea*, *Evernia prunastri*, stark geschädigte *Parmelia acetabulum* (fast vollständig verfärbt) und weitere Parmelien. Dies scheint zum Teil auf die starke Staubbelaustung während straßenbaulicher Aktivitäten der letzten Jahre zurückzuführen zu sein, möglicherweise auf den allgemein schlechten Zustand der Eichen (Baumkataster

Kiel, GARTEN- UND FRIEDHOFSAMT, 1988) und auf die an das Ostufer verfrachteten Luftverunreinigungen des Westufers.

Vor allem im Norden Kiels ist dieser Zone ein größerer Bereich zuzuordnen, wobei die landwirtschaftlich genutzten Gebiete im Norden gegenüber denen des Süden Kiels einen erheblich verschlechterten Bewuchs aufweisen. Als Ursachen müssen hier gesehen werden: das starke Verkehrsaufkommen in Richtung Schilksee (vor allem im Sommerhalbjahr) und die gegenüber dem Süden und Westen Kiels etwas verringerte Niederschlagsmenge (ERICHSEN, 1964) sowie Schadstoffausstöße des Heizkraftwerkes Kiel-Wik (1992 stillgelegt), da dieses in der Hauptwindrichtung gelegen ist.

Zone 3 ist im Innenstadtbereich inselhaft. Es handelt sich dabei um die hygrisch begünstigten Parkanlagen und Friedhofsgelände innerhalb einer sonst vor allem mesoklimatisch ungünstigeren Umgebung. Schrevenpark, Nordfriedhof, Südfriedhof, der Volkspark in Gaarden und in geringem Maße auch die Forstbaumschule weisen gegenüber den umgebenden Straßen einen vermehrten Artenreichtum auf. Über solche "Inseln" wird es den Flechten ermöglicht, im Falle einer Luftgüteverbesserung in angrenzende Stadtbereiche wieder vorzudringen.

Zone 4: Gebiete mit stark verarmtem Flechtenbewuchs

Der Deckungsgrad der Blatt- und Strauchflechten erreicht nur noch bis zu 5 %, die Artendiversität ist stark eingeschränkt, toxotolerante Arten sind vorherrschend. Der Thallusdurchmesser der Blattflechten liegt selten über 1,5 cm, die Flechten sind häufig mit Algen überzogen und weisen Krüppelwuchs auf. Die Schädigungsgrade liegen über 50 %. Der epilithische Flechtenbewuchs liegt meist bei < 10 wechselnden Arten, an Hauptverkehrsstraßen bei 0 - 4 Arten.

Zone 4 beschränkt sich im Süden Kiels auf die Randbereiche des dichtest bebauten Innenstadtgebiets, erstreckt sich in der leicht aufgelockerten Bebauung in Kiel-Wik und den Suchsdorfer Stadtteil um die Eckernförder Straße über Holtenau bis nach Friedrichsort. Die Zone charakterisiert einen Übergangsbereich zwischen Zone 3 und der stark verarmten Zone 5. Die Bestände sind zumeist artenarm und erreichen keine hohe Deckung mehr. Evernia prunastri kommt nur noch vereinzelt in Borkenrissen vor, am Mittelstamm sind *Hypogymnia physodes* und *Parmelia sulcata* meist in geringer Deckung und kleinen, oft veralgten Exemplaren anzutreffen. Gesteinsflech-

ten gehen von Kalkgestein häufig auf die staubimprägnierte Basis von Bäumen über.

Bäume an Hauptverkehrsstraßen weisen dichte Staubüberzüge auf, in Russee, Hassee und Kronsburg sind verhältnismäßig wenig geeignete Trägerbäume zu finden.

In Holtenau wurden trotz eines ausgeprägten Baumbestandes nur sehr wenige Flechten gefunden. Dies könnte auf Emissionen des Heizkraftwerkes Wik zurückzuführen sein, das nach Angaben des UMWELTBUNDESAMTES (1983) als Großfeuerungsanlage zwei Kessel mit Kohleheizung betrieb und Schwefeldioxidausstöße bis zu 478 kg/h aufwies.

Eine Insel dieser Qualitätsstufe befindet sich in der am südlichen Stadtrand liegenden Zone 2 und ist sehr wahrscheinlich auf den flechtenschädigenden Einfluß des Asphalt-Splitt-Werkes an der Straße "Zum Forst" zwischen Wellsee und Rönne zurückzuführen. An den am Straßenrand stehenden Eichen der direkten Umgebung sind die Flechten in äußerst schlechtem Zustand. Reste von *Evernia prunastri*, *Lecanora chlorotera*, *Lecanora carpinea*, *Hypogymnia physodes* zeugen von einem ursprünglich reichen Bewuchs an den Eichen. Die Bäume sind inzwischen ganz mit Staubablagerungen überzogen.

Zone 5: Gebiete mit extrem verarmtem Flechtenbewuchs

Der Deckungsgrad der Blatt- und Strauchflechten ist < 1 %. Es sind zu meist einzelne, sehr kleine Thalli in Borkenrissen oder am Stammgrund. Der Thallusdurchmesser der Blattflechten liegt häufig unter 1 cm. Die Flechten sind stark veraltet, Schädigungsgrade liegen über 75 %. Die epilithische Vegetation ist eingeschränkt, es siedeln meist nur 1 - 6 Arten in geringer Deckung an Kalkgestein.

Zone 5 zeichnet sich in Kiel durch Dominanz der toxitoleranten *Lecanora conizaeoides* aus und weist nur einzelne Thalli verschiedener Blattflechten zumeist in Borkenritzen oder an der Basis von Bäumen auf: *Hypogymnia physodes*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Xanthoria parietina*, *Xanthoria candelaria*, *Physcia tenella*.

Sie erstreckt sich über den inneren Stadtteil vom Düsternbrooker Gehölz bis zum Westring, verläuft hier weitgehend parallel, schließt die eng bebauten Straßenzüge ein und verläuft hufeisenförmig am Theodor-Heuss-Ring an der äußeren Bebauungsgrenze von Gaarden-Ost über Ellerbek (außer Stadt-

rat-Hahn-Park) bis zum Gemeinschaftskraftwerk Kiel.

Die Bebauungsstruktur ist sehr dicht. In den engen Straßen mit stark eingeschränkter Ventilation, aber auch an Straßenzügen mit stärkstem Verkehrsaufkommen sind die Straßenbäume bis auf *Lecanora conizaeoides* bewuchslos. Lediglich größere Grünflächen sind hier ausgeschlossen, sie enthalten einen reicheren Flechtenbewuchs (Zone 3). Der epilithische Flechtenbewuchs beschränkt sich an stark befahrenen Straßen auf wenige Arten, oft fehlen Flechten. Da diese Zone im Lee der Müllverbrennungsanlage am Theodor-Heuss-Ring liegt, dürfte ein erheblicher Teil der Schwefeldioxid- und Staubbelastung im Stadtkern und deren Wirkung auf die Flechten auf ihre Emissionen zurückzuführen sein.

DISKUSSION

Die festgestellte Zahl von insgesamt 141 Flechtenarten auf den verschiedenen Substraten im Kieler Stadtgebiet ist im Vergleich zu Ergebnissen aus vielen anderen Städten im Bundesgebiet weit überdurchschnittlich. Zur epiphytischen Artenzahl anderer Stadtkartierungen zeigen sich deutliche Unterschiede (Tab.5).

Tab. 5: Vergleich der Gesamtartenzahl epiphytischer Flechten in Kiel mit weiteren Städten

Ort	Artenzahl	Jahr	BearbeiterIn
Hamburg	20	1962	Villwock
Stuttgart	26	1974	Djalali
Saarbrücken	28	1976	Thomé
Würzburg	37	1973	Hopp
Regensburg	57	1976	Goppel
Klagenfurt	89	1986	Türk & Seger
Kiel	90	1990	Zimmer
Flensburg	91	1990	Jacobsen

Zum Vergleich sollen hier auch die Artenzahlen epilitischer Flechten einiger Städte aufgeführt werden. In der an Epiphyten sehr verarmten Stadt Hannover notierte KLEMENT (1958) insgesamt noch 29 auf Gestein vorkommende Flechten und zwar überwiegend auf "...kalkhaltigem Kunstgestein aller Art, wie Zement oder Beton und am besten auf Mörtel."

In Lublin fand RYDZAK (1953) 35 "...steinbewohnende Stadtfechten", in Würzburg fand HOPP (1973) insgesamt 51 Gesteinsflechten. Jüngere Untersuchungen an ausgewählten Standorten Südwest-Berlins ergaben eine Florenliste von 49 Gesteinsflechten (SEAWARD, 1985). In Kiel wurden 58 gesteinsbewohnende Flechten gefunden.

Die Situation in Kiel läßt den Schluß zu, daß die für Flechten relevante Schadstoffbelastung der Luft in Kiel vergleichsweise gering ist und nur in kleinen Gebieten höhere Konzentrationen annimmt (Karte 30). Kiels Lage in Schleswig-Holstein wird begünstigt durch eine sehr niedrige Hintergrundbelastung (durch Langstreckentransport von Luftschatdstoffen, UMWELTBUNDESAMT, 1989).

Der Artenreichtum weist aber auch auf den relativ hohen Anteil an weitgehend unbelastetem Umland, die reiche Grünflächenversorgung innerhalb der Kieler Stadtgrenzen und auf das für Flechten eher günstige Großklima Schleswig-Holsteins hin.

Der Anteil der Epiphyten in Städten mit geringen Niederschlagssummen ist kleiner als in Städten mit atlantischem Klima. Trotzdem weist Hamburg (ca. 700 mm Niederschlag) im Gegensatz zu beispielsweise Würzburg (< 600 mm Niederschlag) erheblich weniger epiphytische Flechten auf (VILLWOCK, 1962). Die Flechtenarmut dürfte daher auf die Toxizität der Luftaerosole zurückzuführen sein. Der Flechtenbewuchs in Kiel und Flensburg mit rund 90 Epiphytenarten ist vor allem auf den atlantischen Klimatyp zurückzuführen.

In der Regel zeigten Flechtenkartierungen in urban-industriellen Gebieten gute Übereinstimmung mit der Zonierung nach der Luftbelastung (HAWKS-WORTH & ROSE, 1970; GILBERT, 1970; JOHNSEN & SOCHTING, 1973; KIRSCHBAUM et.al., 1974; ARVIDSSON & SKOOG, 1984 u.a.)

Verschiedenste Geländebeobachtungen und Begasungsversuche, aber auch Transplantationsversuche bestätigen diese Zusammenhänge (HAWKS-WORTH & ROSE, 1976; NASH & WIRTH, 1988; RICHARDSON, 1988; u.a) und schränken die These ein, daß eine Verarmung der Flechten in Städten ausschließlich auf das durch die Bebauung veränderte Stadtklima zurückzuführen (RYDZAK, 1968; RYDZAK & KRYSIAK, 1970) sei.

Eher scheint die Schädigung der Flechten auf eine Kombinationswirkung verschiedener Faktoren zurückzuführen zu sein. Dies sind eine veränderte lufthygienische Situation (höhere Immissionen durch starken Kraftfahrzeugverkehr und industrielle Verbrennungsvorgänge sowie Hausbrand, Eutrophierung durch Düngemittelflug) und die klimatischen Bedingungen (dichte Bebauung, dadurch eine verringerte Ventilation, stärkere Erwärmung und Trockenheit und eine Anreicherung von Schadstoffen durch Luftstau, vgl. STEINER & SCHULZE-HORN, 1955). Dazu ergibt sich eine erschwerte Diasporenausbreitung (durch dichte Bebauungsstruktur oder nicht genügend zur Verfügung stehende Substrate). Schädigungen entstehen nicht zuletzt durch zusätzliche biotische Faktoren wie z.B. Tierfraß.

Saure Luftschadstoffe wirken zum einen direkt auf die Flechten oder aber über die Änderung des pH-Wertes des Substrates auf sie ein. An Borken guter Pufferkapazität und geringer Azidität und an kalkhaltigen Substraten können Flechten weiter in SO₂-belastete Gebiete vordringen (GILBERT, 1965; 1970; RAO & LE BLANC, 1967; SKYE, 1968; JOHNSEN & SOCHTING, 1973).

Begasungen mit SO₂ führen zu Schäden in der Stickstoff-Fixierung, Photosynthese und Respiration, den Pigmenten und zu Na-Ausfluß (RICHARDSON & NIEBOER, 1983). Für einzelne Flechtenarten lässt sich bei der Begasung mit SO₂ oder HF eine "Empfindlichkeitsrangfolge" aufstellen (DÄSSLER & RANFT, 1969; BÖRTITZ & RANFT, 1972). Die Alge scheint die empfindlichere Komponente der Symbiose zu sein.

SO₂ schädigt nur in Verbindung mit Wasser; im trockenen Zustand nehmen Flechten kein SO₂ auf (TÜRK & WIRTH, 1974). Von den entstehenden Produkten H₂SO₃, HSO₃⁻, S₂O₅ und SO₃⁻ (SCHMIDT, 1972) ist vor allem das pH-abhängige Verhältnis von HSO₃⁻ und SO₃⁻-Ionen wichtig. Es verschiebt sich bei niedrigem pH-Wert zu mehr HSO₃⁻-Ionen, die als die toxischere Komponente betrachtet werden (TÜRK & WIRTH, 1975).

Alle Produkte von im Wasser gelöstem SO₂ sind um so stärkere Oxidantien, je geringer der pH-Wert ist. Dies führt so zur Zerstörung von Chlorophyll und zum Ausbleichen des Thallus. Die Schäden führen zu einer Änderung der Nettophotosynthese und somit zu verlangsamten Wachstumsraten. TÜRK (1988) führt dabei das Ausbleichen und die Weißverfärbung der Thalli auf den Einfluß von lokal wirkendem SO₂ zurück, während er Immissionen über den Ferntransport durch eine Rot- oder Braunverfärbung (Phaeophytin-Bildung) erkennt (oftmals in Regenabflußstreifen). Bei starker Belastung werden die Zellorganellen geschädigt. SO₂-Belastungen auch mit niedrigen Konzentrationen führen zu Änderungen der Chloroplastenform, Vergrößerung der Mitochondrien in den Algen und Änderungen der Vakuole der Pilze. Solche ultrastrukturellen Änderungen treten ein, noch bevor makroskopische Veränderungen zu erkennen sind (HOLOPAINEN, 1984).

Fluor führt zur Zerstörung von Thylakoidmembranen der Chloroplasten und zu Veränderungen in den Chloroplasten (HOLOPAINEN & KÄRENLAMPI, 1985), die die Photosynthese beeinträchtigen.

Wenige Untersuchungen wurden bisher über die Wirkung von NO_x, Ozon oder PAN durchgeführt. In hoher Konzentration wirken sie aber toxisch (RICHARDSON, 1988).

Obwohl nicht toxisch wirkende Metalle von Flechten ohne Schäden in größeren Mengen akkumuliert werden können (RICHARDSON, 1988), kann die Schädigung durch einige Metalle, wie z.B. Zink oder Kupfer, ein Verschwinden der Flechten zur Folge haben (Bild 14), dabei werden die vom Regenwasser gelösten Metalle von den Flechten als Ionen bis zu einer vor allem für den Pilz letalen Konzentration extrazellulär gebunden. Durch Ionenaustausch gelangen sie auch in die Zellen und werden dort angehäuft (RICHARDSON, 1988).

Neben der Aufnahme von Elementen aus dem Regenwasser werden auch von der Unterlage (Rinde, Gestein) z.B. Blei, Cadmium und Zink aufgenommen. Auf Dächern ist die Auswirkung von Zinkblechen oder Blitzableitern auf die Flechtenbesiedlung deutlich (nicht selten an Einfamilienhäusern an Gauben, z.B. in Kiel-Suchsdorf oder Elmschenhagen).

Im Rahmen des Immissionsmeßprogrammes des Gewerbeaufsichtsamtes Itzehoe wurden im Winterhalbjahr 1988/1989 in Lübeck (Industriegebiet-Lübeck-Herrenwyk, Innenstadt) auftretende Spitzenwerte für SO_2 -Konzentrationen in der Innenstadt und im Industriegebiet gemessen (Tab.6). Langjährige Staubmessungen ergaben eine kontinuierliche Abnahme der Belastung in der Umgebung des Industriegebietes.

Tab. 6: SO_2 - Mittel - und Spitzen-Werte für den Meßzeitraum von Dez. 1987 - Mai 1988 der Meßstationen in S-H (MINISTER für WIRTSCHAFT, TECHNIK und VERKEHR S-H, 1988)

SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Kücknitz	MP 83 Schön- böken	ST06 Koberg	ST10 Wester- büttel	Alten- deich	Geesthacht	Bargte- heide	Schleswig	Kiel
Mittelwerte	21	23	34	14	17	24	17	13	17
Spitzenwerte	125	152	144	89	155	165	98	85	90

MP83 : Industriegebiet

ST10 : Lübecker Innenstadt

Die Mittelwerte liegen sowohl in Kiel als auch in Lübeck unter den in der TA-Luft angegebenen ($140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Jahresmittel). Die Spitzenwerte der SO_2 -Immissionen über den Meßzeitraum liegen zwischen 125 und $152 \mu\text{g}/\text{m}^3$

SO_2 für die drei Meßstationen in Lübeck. Die Innenstadt nimmt dabei einen Mittelwert ein.

In Kiel wurden im Winterhalbjahr am Rand der dichter bebauten Innenstadt SO_2 -Höchst-Werte von $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 gemessen. Nach Angaben des Gewerbeaufsichtsamtes Kiel (persönliche Mitteilung) sind die SO_2 -Belastungswerte von Lübeck den in der Kieler Innenstadt gemessenen Werten vergleichbar, so daß auch hier ein ähnlicher Gradient in der Luftbelastung angenommen werden kann.

In Anlehnung an die bereits für Kopenhagen (JOHNSEN & SOCHTING 1973) aufgestellte Korrelation zwischen Verbreitungsgrenzen einzelner Flechten und der mittleren winterlichen SO_2 -Immissionsrate sowie den in Lübeck und Kiel gemessenen SO_2 -Werten wird eine qualitative Skala zur Abschätzung der Luftgüte in Kiel vorgeschlagen (Tab.7).

Bezüglich Kiel zeigt sich demgegenüber eine Beziehung zwischen der Flechtenverbreitung und den im Winter gemessenen Höchstwerten der SO_2 -Konzentration der Luft (DER MINISTER für WIRTSCHAFT, TECHNIK und VERKEHR S-H, 1988), aber auch den Folgewirkungen des Autoverkehrs.

Die Wintermittelwerte des SO_2 -Gehaltes der Luft in den Kieler Flechtenzonen sind erheblich niedriger als in denen anderer Städte mit ähnlichem Klima (Hamburg, Kopenhagen). Die Flechtenzonierung in Kiel läßt somit auf viel niedrigere Schwellenwerte schließen, z.B. beträgt die im Winterhalbjahr 1988 gemessene mittlere SO_2 -Belastung der Luft gemäß der Meßstelle Pädagogische Hochschule Kiel nur $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nach der Flechtenzusammensetzung ist dieses Gebiet der Zone 3 zuzuordnen, die in Kopenhagen eine Grenzbelastung von $70\text{-}80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 anzeigt. Lediglich einzelne Spitzenwerte in der Kieler Zone 3 erreichen diese Größenordnung.

Bei einer relativ geringen Hintergrundbelastung der Region an SO_2 -Immissionen spielen offensichtlich einzelne Emittenten in Kiel und der starke Kraftfahrzeugverkehr eine größere Rolle für die Verbreitung von Flechten in Kiel.

Durch die Lage zur Windrichtung vom Heizkraftwerk Kiel-Wik läßt sich die Flechtenarmut an Straßenbäumen in Holtenau auf lokale Immissionen zurückführen. Gleiche Zusammenhänge sind wahrscheinlich auch zwischen dem stark reduzierten Bewuchs in der Kieler Innenstadt und den Emissionen der Müllverbrennungsanlage am Theodor-Heuss-Ring und des Heizkraftwerkes in der Humboldtstraße sowie für den eingeschränkten Flechtenbewuchs

Tab. 7: Verbreitungsgrenzen einiger Flechten in Kiel und ihre Zuordnung zur mittleren SO₂-Immission (DER MINISTER für WIRTSCHAFT, TECHNIK und VERKEHR S-H, 1988) im Vergleich zu Kopenhagen (Winterhalbjahresmittel, JOHNSEN & SOCHTING, 1973) und der Region Untermain (Jahresmittel, STEUBING et.al. 1983).

Flechtenart	Kopen-hagen SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Unter-main SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Kiel (Zone)	Spitzen-werte SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Winter-mittel-wertel SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Lecanora conizaeoides	-	> 150			
Lepraria incana	-	> 150			
Buellia punctata	90-100	100			
Hypogymnia physodes		100			
Parmelia sulcata	90-100	100			
Physcia tenella/adscend.	80-90	100			
Lecanora chlarotera	70-80	70			
Parmelia glabratula	-	70			
Platismatia glauca	-	< 60			
Ramalina spp.	-				
Anaptychia ciliaris	< 40				
			> 4-5	> 100	> 30
				ca. 90	15
			1-2	< 90	< 15

in der näheren Umgebung des Gemeinschaftskraftwerkes Neumühlen-Dietrichsdorf anzunehmen. Allerdings liegen der Bearbeiterin keine Werte für die SO₂-Konzentrationen vor, die dies direkt belegen könnten.

Auch die Lagebeziehung zwischen dem Asphalt-Splitt-Werk zwischen Wellsee und Rönne und der stark geschädigten Flechtenvegetation an Eichen an der Straße "Zum Forst" lässt auf eine toxische Staubbelastung durch das Werk schließen.

Während allgemein die Emissionen von SO₂ zurückgingen, ist die Emission von Stäuben im Straßenverkehr über die letzten Jahrzehnte angestiegen.

Am Ausstoß von SO₂ hat der Kraftfahrzeugverkehr wenig Anteil. Für Stickoxide ist der Kfz-Verkehr Hauptemittent mit ansteigender Tendenz durch die zunehmende Anzahl an PKW, für Kohlenmonoxid zwar auch der wichtigste Emittent, jedoch sinkt der Ausstoß insgesamt seit 1970 leicht (BUNDESMINISTER für UMWELT, NATURSCHUTZ und REAKTORSICHERHEIT, 1988).

In vielen immissionsökologisch orientierten Untersuchungen an Flechten wird der Einfluß starken Kfz-Verkehrs auf Flechten nur beiläufig erwähnt und vorwiegend Zusammenhänge mit den SO₂-Immissionen dargestellt. Einen deutlichen Zusammenhang zwischen Autoabgasen und verringelter Wachstumsgeschwindigkeit von Flechten belegen z.B. LAWREY & HALE (1979).

Für die Schadstoffbelastung durch den Kraftfahrzeugverkehr in Kiel mögen Messungen der Schwermetalle Blei und Cadmium (JUNGCLAUS, 1984) an verschiedenen Straßen unterschiedlicher Verkehrsbelastung Indikatorwirkung haben und zur Interpretation des Fehlens der meisten Flechten an Hauptverkehrsstraßen - selbst wenn sie Grünstreifen haben (z.B. Westring) - beitragen.

Bei stichprobenartigen Verkehrsdichtezählungen (VERKEHRSAMT KIEL, 1989) ergaben sich die höchsten Belastungen für den Westring/Ecke Olshausenstraße (14.050 E^{*} / 24 h am 14.06.1988), die Holtenauer Hochbrücke, die Werftstraße und den Kieler Stadtkern auf dem Westufer sowie die Eckernförderstraße-Ecke Westring (19.600 E/ 24 h, 01.06.1989), den Theodor-Heuss-Ring und den Ostring. Diese mit 30.000 bis 40.000 E/ 24 h befahrenen Strecken entsprechen weitgehend den ausgewiesenen Zonen stärkster Flechtenverarmung im Innenbereich von Kiel. Die sternförmig auf den Exerzierplatz zulaufenden Straßen weisen ebenfalls eine hohe Verkehrsdichte auf (Knooper Weg ca. 12.500 E/ 24 h). Die geringere Verkehrsdichte an der Feldstraße steht in Übereinstimmung mit einsetzendem Flechtenbewuchs (Übergang von Flechtenzone 5 zu Zone 4).

* eine PKW-Einheit (E) entspricht 0,5 LKW, 1 PKW, 2 Krafträder

In den letzten Jahrzehnten sind die Konzentrationen an NH_x in der Atmosphäre und im Niederschlag als Folge intensiver Landwirtschaft kontinuierlich angestiegen. Eutrophierungsempfindliche Flechten von nährstoffarmen Standorten gehen zurück, während sich eutrophierungstolerante Arten, "Nitrophyten", von denen einige ursprünglich nur auf "Vogelfelsen" und andere nährstoffreiche Standorte spezialisiert waren, stark ausbreiten können. Erhöhte Nährstoffzufuhr aus der Luft fördert das Wachstum aerophiler Grünalgen, die Baumstämme überziehen und sich auf epiphytischen Blatt- und Strauchflechten verstärkt ansiedeln.

Eine düngungsbedingt geförderte Art ist *Caloplaca decipiens*. In landwirtschaftlich stark genutzter Umgebung (z. B. in Kiel-Pries, an der Vertikalfäche einer Kalkmauer) kommt sie vermehrt vor. Die starke Ausbreitung von *Xanthoria elegans* als Folge intensiver Düngung wurde bereits in England und Dänemark nachgewiesen (SEAWARD, 1987; SOCHTING, 1989).

In Kiel finden sich bisher nur wenige Exemplare dieser einst auf "Vogelsitzplätze" beschränkten Flechte (Schilksee, Musäus-Platz der Universität Kiel, Mettenhof), eine weitere Ausbreitung ist wohl zu erwarten.

Gefördert wird auch die Verbreitung eutrophierungsresistenter Arten z.B. der Gattungen *Physcia*, *Xanthoria* und *Buellia* auf Rinde und Gestein. Die auffällige Häufung von *Candelariella vitellina*, *Lecanora muralis* und *Physcia caesia* auf Mauern von Dorfängern (Rönne, Moorsee u.a.) ist ebenfalls auf deren Düngungseinfluß zurückzuführen.

In diesem Zusammenhang muß auch der Einfluß von Hunden in der Stadt erwähnt werden. An der durch Hundeurin nur schwach eutrophierten Basis von Laubbäumen gelingt es einigen eutrophierungstoleranten Arten noch, weit in sonst flechenarme Bereiche vorzudringen. Jeglicher epiphytischer Bewuchs verschwindet allerdings an der Basis von Park- und Straßenbäumen, die häufig von Hunden "markiert" werden (Werftpark in Gaarden, Schrevenpark). Von den Inhaltsstoffen des tierischen Urins dürfte dabei Harnstoff toxisch für Flechten sein. Er bewirkt zugleich auch erhebliche Rindenverätzungen (GARTEN- UND FRIEDHOFSAMT, 1984).

An Park- und Straßenbäumen wurden gelegentlich auch dichte Fraßspuren von Schnecken gefunden. Charakteristische Schadbilder ergeben sich bei *Hypogymnia physodes*, *Hypogymnia tubulosa*, *Parmelia sulcata* oder *Evernia prunastri* (starke Fraßschäden wurden z.B. an *Hypogymnia physodes* und *H.tubulosa* im Stadtrat-Hahn-Park, Ostufer, beobachtet). Da die Thallusränder häufig zuerst abgefressen werden, wird dadurch bei Strauch-

und Blattflechten die Ausbreitung durch die Beseitigung der Diasporen erschwert.

Auf eine bisher vielfach übersehene starke Beeinträchtigung der Flechten in Städten durch Reinigungsmaßnahmen wies z.B. JAHNS (1982) hin. Die Beseitigung der Epiphyten durch Abkratzen oder durch Kalken der Bäume wurde vereinzelt beobachtet. An Obstbäumen in einem Schrebergartengebiet bei Ellerbek werden von Zeit zu Zeit durch Kalken der Obstbäume Flechten beeinträchtigt. Weit verbreitet ist aber immer noch die irrtümliche Ansicht (wie sich bei Gesprächen mit Einzelpersonen während der Untersuchungen herausstellte), Flechten seien "Parasiten" und fügen den Bäumen "Schaden zu". In Einzelfällen gehen die Besitzer von Privatgärten mit Drahtbürsten gegen den Kryptogamenbewuchs vor (z.B. Elmschenhagen). Häufiger sind Reinigungsarbeiten an Grundstücksmauern mit harten Bürsten oder Stahlbürsten zu beobachten. Durch Farbanstriche wird die oft bunte Kalkflechtenvegetation (*Xanthoria parietina*, *Lecanora muralis*, *Caloplaca spp.* und verschiedene Krustenflechten) vernichtet. Solche Maßnahmen sind besonders in Neubaugebieten mit Einfamilienhaus-Bebauung verbreitet (Schilksee, Friedrichsort u.a.).

Das Abholzen älterer Einzelbäume im Zuge von Straßen- und Siedlungsbaumaßnahmen trägt erheblich zur Verarmung der Flechtenflora bei und erschwert die Wiederansiedlung von Flechten in diesen Gebieten. Nur euryöke Pionierarten besiedeln die ersatzweise gepflanzten jüngeren Bäume. Als Beispiel wurde in Mettenhof die alte Knicklandschaft beim Siedlungsbau stark beeinträchtigt. Alte Eichen und Eschen tragen hier nur noch Relikte der ursprünglichen Flechtenvegetation, jüngere Straßenbäume (*Acer* und *Tilia*) sind überwiegend noch epiphytenfrei.

Phorophyten sind in Einzelfällen durch Winterstürme gefährdet. Im Volkspark Gaarden stürzten in den Winterstürmen 1989/90 zwei ältere Pappeln um, die aufgrund ihrer günstigen Borkenbeschaffenheit einen dichten Flechtenbewuchs hatten (*Physcia tenella*, *Xanthoria parietina*, *Buellia punctata*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Xanthoria candelaria* u.a.). Diese zwar weit verbreiteten Arten zeigten in der sonst flechtenarmen Gegend die lokal verbesserte Luftqualität an.

Interessant in diesem Zusammenhang ist ein Vergleich der derzeitigen Befunde mit einer früheren Aufnahme von Flechtenvorkommen von TRÜMPE-

NER (1926) in Kiel. In Tabelle 8 werden die von TRÜMPENER notierten Flechten aus vier Parkanlagen Kiels mit den heutigen Befunden aus diesen Gebieten verglichen.

Die meisten Angaben von TRÜMPENER beziehen sich nur auf *Populus* als Phorophyten, während bei den hier vorliegenden Untersuchungen auch *Acer*, *Betula*, *Fagus*, *Fraxinus*, *Populus*, *Salix*, *Sorbus* und *Tilia* berücksichtigt sind.

Tab.8 Vergleich der Flechtentvorkommen einiger Standorte in Kiel zwischen 1926 (TRÜMPENER) und 1990; + = Vorkommen der Art

Artnname	Schreven-park		Schützen-park		Südfried-hof		Volkspark	
	1926	1990	1926	1990	1926	1990	1926	1990
<i>Buellia punctata</i>		+		+		+		+
<i>Chaenotheca ferruginea</i>						+		
<i>Cladonia coniocraea</i>	+					+		
<i>Cladonia fimbriata</i>	+			+		+		
<i>Evernia prunastri</i>	+					+		+
<i>Hypogymnia physodes</i>	+		+	+	+	+		+
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	+							+
<i>Hypocenomyce scalaris</i>						+		
<i>Lecanora conizaeoides</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Lecanora expallens</i>						+		
<i>Lecanora dispersa</i>	+							+
<i>Lepraria incana</i>	+			+		+		+
<i>Parmelia sulcata</i>	+		+	+	+	+		+
<i>Parmelia glabratula</i>				+		+		
<i>Parmelia exasperatula</i>								+
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	+			+				
<i>Physcia adscendens</i>	+		+		+		+	+
<i>Physcia tenella</i>	+			+				+
<i>Xanthoria candelaria</i>	+			+				+
<i>Xanthoria parietina</i>	+							+
<i>Xanthoria polycarpa</i>	+							+

Der Gegensatz zwischen den Aufnahmen ist sehr drastisch. Die Flechtenvegetation Kiels scheint 1926 hiernach wesentlich ärmer gewesen zu sein. Es muß also ein Anstieg der Artendiversität seit 1926 angenommen werden. Auch heute siedeln überwiegend toxitolerante oder nitrophile Flechten

an den vier Standorten, aber das Vorkommen mäßig empfindlicher Arten, wie z.B. der Strauchflechte *Evernia prunastri* im Schrevenpark, könnte auf eine seit damals verbesserte Immissionssituation hinweisen. Vermerkt sei auch das jetzige Vorkommen der hygrisch anspruchsvollen und als empfindlich geltenden *Platismatia glauca* (*Salix alba "Tristis"*, Schrevenpark), die Trümpener nicht erwähnt hat.

Gegen den Eindruck einer möglichen Unvollständigkeit in TRÜMPENERS Angaben spricht die Tatsache, daß er pH-Messungen an einem weiten Spektrum von Flechtenarten durchgeführt hat, viele dieser Arten aber lediglich von Standorten in Kiel nicht erwähnte. Daher kann davon ausgegangen werden, daß außer den mit Bewuchs genannten Bäumen alle übrigen keine Flechten trugen.

Zu bemerken ist auch, daß fast der gesamte Baumbestand der Innenstadt Kiels und der angrenzenden Bereiche im Zweiten Weltkrieg zerstört wurde und neu angepflanzt werden mußte. Die jetzigen Angaben über Flechtenvorkommen müssen daher auf einer Wiederansiedlung in den inneren Stadtbereichen nach dieser Zeit beruhen.

Auf eine "Rückeroberung" der Städte durch Flechten wird in jüngerer Zeit wiederholt im Hinblick auf die rückläufige SO₂-Belastung der Luft hingewiesen (ROSE & HAWKSWORTH, 1981). Wie in London sind auch hier die günstigsten Bäume für eine Wiederbesiedlung geschützte Bäume an luftfeuchten Standorten, oftmals Weiden, die an Gewässern stehen (Schrevenpark, Schützenpark). Neben *Salix* und *Populus* werden aber auch andere Bäume wie *Acer* oder *Fraxinus* (Volkspark Gaarden) besiedelt, wie an Jugendstadien von *Hypogymnia physodes* oder *Parmelia sulcata* u.a. ersichtlich ist.

Um andererseits eine weitere Verschlechterung der Luftqualität zu verhindern und eine Ausdehnung der beeinträchtigten Gebiete zu vermeiden, sollten städtebauliche Planungen und Maßnahmen auf die möglichen stadt-klimatischen und umweltgefährdenden lufthygienischen Wirkungen geprüft werden. Aus den vorliegenden Ergebnissen können Empfehlungen für die Verbesserung der bestehenden Verhältnisse und die Planungen bei der Bebauung und Inanspruchnahme bisher ungenutzter Flächen gegeben werden, die einer Erhöhung der relativen Luftfeuchte und der verbesserten Ausfilterung von Schadstoffen dienen. Es wird besonders auf die Bedeutung ausreichender Grünanlagen mit Strauch- und Baumbeständen hingewiesen.

Im Stadtgebiet von Kiel wurde eine Punktkartierung von einzelnen Standorten epiphytischer, epilithischer und epigäischer Flechten sowie von Flechtenvorkommen auf bearbeitetem Holz und einem Reetdach durchgeführt. Das Vorkommen von 141 Flechtenarten auf den verschiedenen Substraten wird beschrieben und von 24 ausgewählten Flechtenarten die Verbreitung im Stadtgebiet dargestellt.

Ein deutlicher Stadteinfluß lässt sich bei der Verbreitung und Häufigkeit epiphytischer Flechten auf einzelnen Trägerbäumen im Stadtgebiet von Kiel erkennen, an den Flechtenthalii bestimmter Arten zeigen sich Nekrosen. Vom dörflich geprägten Stadtrand bis zur Innenstadt lässt sich eine deutliche Verarmung des epiphytischen Flechtenbewuchses feststellen. Die höchste Artendiversität weisen die Gebiete im Westen und Südwesten von Kiel auf. Kleinklimatisch begünstigte Bereiche wie Parkanlagen und Friedhöfe in der Innenstadt ermöglichen einen gegenüber ihrer dicht versiegelten Umgebung besser ausgeprägten Flechtenbewuchs. Eine eigentliche "Flechtenwüste" lässt sich in Kiel nicht erkennen, im engsten Stadtzentrum auf dem Ost- und Westufer ist der Bewuchs jedoch bis auf die toxitoleranteste Krustenflechte *Lecanora conizaeoides* reduziert.

Messungen des Borken-pH an *Tilia platyphyllos* zeigen, daß in Kiel durch Luftschaadstoffe in der Innenstadt eine Ansäuerung der Borke von Linde erfolgt. Dies könnte die Ansiedlung bestimmter Flechtenarten mit unterschiedlicher pH-Präferenz auf dem veränderten Substrat ausschließen. Viele der als toxitolerant bekannten Arten sind aber an saure Substrate angepaßt und dringen bis weit in die Innenstadt vor.

Der Einfluß der Stadt ist weniger ausgeprägt bei epilithischen Kalkflechten. Die basische Unterlage puffert saure Immissionen ab und ermöglicht Kalkflechten, weiter als die Epiphyten in Innenstadtbereiche vorzudringen. Die Verbreitung sowohl von Kalk- als auch Silikatflechten ist zudem von der Verfügbarkeit geeigneter besiedelbarer Substrate abhängig. Besonders Silikatsubstrate sind in Kiel ungleichmäßig verteilt.

Im wesentlichen unter Berücksichtigung des epiphytischen Flechten-be-

wuchses, im Stadtinneren auch der Epilithen auf Kalkgestein, wurden 5 Flechtenzonen für das Kieler Stadtgebiet ausgewiesen, die Bereiche unterschiedlicher Luftgüte dokumentieren.

Mit der Hintergrundbelastung der Luft durch SO₂ und auch mit der SO₂-Konzentration in der Innenstadt läßt sich die Zonierung nicht erklären, vielmehr ergeben sich Hinweise, daß Straßenverkehr und größere Einzelelementen die Flechtenvegetation beeinflußt haben.

Als weitere die Flechtenvegetation beeinflussende Faktoren sind Einträge aus der Landwirtschaft (NH_x) sowie örtlich Reinigungsmaßnahmen, das Fällen von Bäumen oder sonstige biotische Faktoren zu berücksichtigen.

Ein Vergleich der Flechtenbefunde mit einer früheren Untersuchung (TRÜMPENER, 1926) in Kiel deutet allerdings lokal durch einen höheren Artenreichtum auf eine Verbesserung der Luftqualität in den letzten Jahrzehnten hin.

- ARVIDSSON, L. & SKOOG, L., 1984: Svaveldioxidens inverkan pa lavfloran i Göteborgsområdet. - Svensk Botanisk Tidskrift 78: 137-144.
- BARKMAN, J.J., 1958: Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. - Assen, 628 pp.
- BELANDRIA, G.; ASTA, J. & NURIT, F., 1989: Effects of sulphur dioxide and fluoride on ascospore germination of several lichens. - Lichenologist 21 (1): 79-86.
- BESCHEL, R., 1958: Flechtenvereine der Städte, Stadtfeuchten und ihr Wachstum. - Ber. naturw.-med. Ver. Innsbruck 52: 1-158.
- BÖRTITZ, S. & RANFT, H., 1972: Zur SO₂- und HF-Empfindlichkeit von Flechten und Moosen. - Biol. Zbl. 91: 613-613.
- BRAND, A.M. & KETNER-OOSTRAA, R., 1983: Lichens. Survey of the lichen flora of the larger Wadden Sea islands and coastal areas. In Dijkema, K.S. & Wolff, W.J. (eds.): Flora and vegetation of the Wadden Sea islands and coastal areas. - Rotterdam.
- BRAUN-BLANQUET, J., 1964: Pflanzensoziologie. - Wien New York, 865 pp.
- BRIGHTMAN, F.H. & SEAWARD, M.R.D., 1977: Lichens of man-made substrates. In: Seaward, M.R.D. (ed.): Lichen Ecology. London, pp. 253-294.
- BRODO, I.M., 1966: Lichen growth and cities: a study on Long Island, New York. - Bryol. 69: 427-449.
- BUNDESMINISTER FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (Hrsg.), 1988: Vierter Immissionsschutzbericht der Bundesregierung. - Bonn, 115 pp.
- COPPINS, B.J., 1984: Epiphytes of birch. - Proceedings of the Royal Society of Edinburgh 85 B: 115-128.
- DÄSSLER, H.G. & RANFT, H., 1969: Das Verhalten von Flechten und Moosen unter dem Einfluß einer Schwefeldioxidbegasung. - Flora, Abt. B, 158: 454-461.
- DE SLOOVER, J.R., 1964: Vegetaux epiphytes et pollution de l'air. - Rev. Quest. Scient. 25: 531-561.
- , & LEBLANC, F., 1968: Mapping of atmospheric pollution on the basis of lichen sensitivity. In: Misra, R. & Gopal, B. (eds.): Proc. Symp. recent advances in tropical ecology. Varanasi, pp. 42-56.
- De WIT, T. 1976: Epiphytic lichens and air pollution in the Netherlands. - Bibl. Lichenol. 5: 1-226.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (Hrsg.), 1967: Klima-Atlas von Schleswig-Holstein, Hamburg und Bremen. - Offenbach, 435 pp.
- DJALALI, B., 1974: Flechtenkartierung und Transplantate als Indikation der Luftverunreinigung im Ballungsraum Stuttgart. - Diss. Univ. Hohenheim, 70 pp.

- DU RIETZ, G.E., 1945: Om fattigbark- och rikbarksamhällen. - Svensk Botanisk Tidkrift 30: 147-150.
- ERICHSEN, C.F.E., 1928-30: Die Flechten des Moränengebietes von Ostschleswig mit Berücksichtigung der angrenzenden Gebiete. - Verhandl. des Bot. Ver. der Prov. Brandenburg 70: 128-223, 71: 85-129, 72: 1-68.
- , -, 1938: Neue Beiträge (3.) zur Flechtenflora Schleswig-Holsteins und des Gebiets der Unterelbe. - Ann. Mycol. 36: 128-153.
- , -, 1957: Flechtenflora von Nordwestdeutschland. - Stuttgart, 411 pp.
- ERIKSEN, W., 1964: Beiträge zum Stadtklima von Kiel.- Schrift. d. Geograph. Inst. Univ. Kiel. Bd. 22 (1): 1-218.
- ERNST, G., 1988: Die epiphytische Flechtenvegetation auf Nordstrand. - Arbeitsber. AG Angew. Geogr. Münster 13: 1-13.
- FISCHER-BENZON, R. von, 1901: Die Flechten Schleswig-Holsteins. - Kiel/Leipzig, 103 pp.
- FRAHMH, J.P., 1972: Die Vegetation auf Reetdächern. - Mitt. d. Arbeitsgemeinschaft f. Floristik in S-H und HH 21: 1-213.
- GARTEN- UND FRIEDHOFSAMT, 1984: Bericht über den Zustand der Straßenbäume mit Aussage über Art und Ausmaß verschiedener Umwelteinflüsse und mit Maßnahmenkatalog. - Kiel, 23 pp.
- GARTEN- UND FRIEDHOFSAMT, 1986: Landschaftsplan Kiel. 84 pp.
- GARTEN- UND FRIEDHOFSAMT, 1988: Baumkataster für die Stadt Kiel. 55 pp.
- GILBERT, O.L., 1965: Lichens as indicators of air pollution in the Tyne Valley. In: Goodman, G.T. & al.: Ecology and the industrial society, 35-47.
- , -, 1970: A biological scale for the estimation of sulphur dioxide pollution. - New Phytol. 69: 629-634.
- , -, 1988: Colonization by *Parmelia saxatilis* transplanted onto a suburban wall during declining SO₂ pollution. - Lichenologist 20 (2): 197-198.
- , -, 1990: The lichen flora of urban wasteland. - Lichenologist 22 (1): 87-101.
- GOPPEL, C., 1976: Verbreitung und Ökologie von Rindenflechten im Stadtgebiet von Regensburg - ihr Zeigerwert für das Stadtklima und Luftverschmutzung. - Denkschr. Regensb. Bot. Ges. 35: 5-102.
- HAWKSWORTH, D.L., 1971: Lichens as litmus for air pollution: a historical review. - Int. J. Environ. Stud. 1(4): 281-296.
- HAWKSWORTH, D.L. & ROSE, F., 1970: Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. - Nature, Vol. 227: 145-148.
- HAWKSWORTH, D.L. & ROSE, F., 1976: Lichens as Pollution Monitors. - Studies in Biology 66. London, 60 pp.
- HENSSSEN, A., & JAHNS, H.M., 1974: Lichenes. - Stuttgart, 467 pp.
- HOLOPAINEN, T.H., 1984: Cellular injuries in epiphytic lichens transplanted

- to air polluted areas. - *Nord. J. of Botany* 4: 393-408.
- HOLOPAINEN, T.H. & KÄRENLAMPI, L., 1985: Characteristic ultrastructural symptoms caused in lichens by experimental exposure to nitrogen compounds and fluorides. - *Annales Botanici* 22: 643-651.
- HOPP, U. 1973: Die epiphytische und epipetrische Flechtenvegetation von Würzburg und ihre Abhängigkeit vom Stadteinfluß. - *Staatsex. Univ. Würzburg*. 130 pp.
- HOPP, U. & KAPPEN, L., 1981: Einige Aspekte zur immissionsbedingten Verbreitung von Flechten im Stadtgebiet von Würzburg. - *Ber. Bayer. Bot. Ges.* 52: 15-24.
- JACOBSEN, P., 1987: Standortansprüche, Soziologie und Verbreitung nährstoffliebender epiphytischer Flechten im nördlichen Jungmoränengebiet Schleswig-Holsteins. - Diplomarbeit Univ. Kiel, 107 pp.
- JACOBSEN, P., 1987a: Liste der in Schleswig-Holstein gefundenen Flechtenarten. - *Kieler Notiz.* 19: 45-84.
- JACOBSEN, P., 1992: Flechten in Schleswig-Holstein: Bestand, Gefährdung und Bedeutung als Bioindikatoren. - *Mitt. d. Arb.-Gem. Geobotanik in Schlesw.-Holstein und Hamburg*, 234 pp.
- JAHNS, H.M., 1982: Luftverschmutzung und Krustenflechten im Frankfurter Stadtgebiet. - *Natur und Museum* 122: 334-343.
- JOHN, V., 1986: Verbreitungstypen von Flechten im Saarland - eine Orientierungshilfe für die Raumbewertung. - *Abh. Delattinia* 15: 1-170.
- JOHNSON, I. & SOCHTING, U., 1973: Influence of air pollution on the epiphytic lichen vegetation and bark properties of deciduous trees in the Copenhagen area. - *Oikos* 24: 344-351.
- JÜRGING, P., 1975: Epiphytische Flechten als Bioindikatoren der Luftverunreinigung. - *Bibliotheca Lichenologica* 4. Cramer, Vaduz.
- JÜRGING, P. & BURKHARDT, I., 1982: *Bibliographie Flechten und Luftverunreinigung*. - Landschaftsökologie Weihenstephan, 150 pp.
- JUNGCLAUS, G., 1984: Erfassung der von Blei, Cadmium und Streusalz ausgehenden Vegetationsbelastung an ausgewählten Verkehrswegen von Kiel. - *Diss. Univ. Kiel*, 163 pp.
- KAPPEN, L., 1973: Response to extreme environments. In: Ahmadjian, V. & Hale, M.E., (eds.): *The lichens*. Academic Press, New York London: pp. 310-380.
- KIRSCHBAUM, U., & KLEE, R. & STEUBING, L., 1974: Luftqualitätsmessungen infolge von Immissionswirkungen auf Flechten - Flechten als Bioindikatoren. - *Lufthyg.-meteorol. Modellunters. in der Region Untermain*. 5. - *Arbeitsbericht Frankfurt*, pp. 116-127.
- KLEMENT, O., 1949: Zur Flechtenvegetation Schleswig-Holsteins. - *Schr. Nw. Vr. S-H* 24: 1-15
- , -, 1958: Die Flechtenvegetation der Stadt Hannover. - *Beitr. z. Naturk.*

- Niedersachsens 11: 56-60.
- KRÜGER-DANIELSON, H., 1982: Epiphytische Flechten als Bioindikatoren. - Staatsex. FU Berlin, 205 pp.
- KUNZE, M., 1972: Emittentenbezogene Flechtenkartierung auf Grund von Frequenzuntersuchungen. - *Oecologia* 9: 123-133.
- , -, 1976: Die Abhängigkeit der Frequenz epiphytischer Flechten von Substrat-, Klima- und Immissionsfaktoren. - Daten Dok. Umweltschutz 19: 57-72.
- LANDESHAUPTSTADT KIEL, 1987: Umweltbericht, pp 67-78.
- LAWREY, J.D. & HALE, M.E. jr., 1979: Lichen growth responses to stress induced by automobile exhaust pollution. - *Science* 204: 423-424.
- LEUCKERT, C. & RUX, K.D., 1984: Epiphytische und epigäische Flechten auf der Pfaueninsel in Berlin - Wannsee. Beobachtungen aus den Jahren 1980 bis 1983. - *Verh. Berl. Bot. Ver.* 3: 123-137.
- MINISTER FÜR NATUR UND UMWELT DES LANDES S-H, 1988: Luftüberwachung in Schleswig-Holstein. Meßbericht 1987. - Kiel, 149 pp.
- MINISTER FÜR NATUR UND UMWELT DES LANDES S-H, 1992: Immissions-Überwachung der Luft in Schleswig-Holstein. Meßbericht 1991. - Kiel, 149 pp.
- NASH III, T.H. & WIRTH V. (eds.), 1988: Lichens, bryophytes and air quality. - Bibl. Lichenol. 30: 1-97. Berlin/Stuttgart.
- NI LAMHNA, E.; RICHARDSON, D.H.S.; DOWDING, P. & WELLS, J.M., 1983: An air quality survey of Cork city and Great Island carried out by schoolchildren. Dublin: An Foras Forbartha.
- NI LAMHNA, E.; RICHARDSON, D.H.S.; DOWDING, P.; O'DOWD, N. & DOWNEY, D., 1987: An air quality survey of the east coast of Ireland, North of Dublin, carried out by school-children. An Foras Forbartha.
- NYLANDER, W., 1866: Les lichens du Jardin du Luxembourg. - *Bull. Soc. Bot. France* 13: 364-372.
- RAO, D.N. & LEBLANC, F., 1967: Influence of an iron-sintering plant on the epiphytic vegetation in Wawa, Ontario. - *Bryologist* 70: 141-157.
- RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN, 1983: Waldschäden und Luftverunreinigungen. Sondergutachten. Stuttgart/Mainz, 172 pp.
- RICHARDSON, D.H.S., 1988: Understanding the pollution sensitivity of lichens. - *Bot. J. Linn. Soc.* 96: 31-43.
- RICHARDSON, D.H.S. & NIEBOER, E., 1983: Ecophysiological responses of lichens to sulphur dioxide. - *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 54: 331-351.
- RITSCHEL, G., 1977: Verbreitung und Soziologie epiphytischer Flechten in Nordwestbayern. - Bibl. Lichenol. 7: 1-192.
- ROSE, C.I. & HAWKSWORTH, D.L., 1981: Lichen recolonization in Londons cleaner air. - *Nature* 289: 289-292.

- RYDZAK, J., 1953: Rozmieszczenie i ekologia porostow miasra Lublina (Dislokation und Ökologie von Flechten der Stadt Lublin). Ann. Univ. Mariae Curie - Sklodowska Lublin, Sectio C, 8: 233-256.
- RYDZAK, J., 1968: Lichens as indicators of ecological conditions of the habitat. Ann. Univ. Mariae Curie - Sklodowska Lublin, Sectio C, Vol. XXIII, 10: 131-153.
- RYDZAK, J. & KRYSIAK, K., 1970: Lichen flora of Tomaszow Mazowiecki. - Vegetatio 21: 375-397.
- SCHMIDT, M., 1972: Fundamental chemistry of sulfur dioxide removal and subsequent recovery via aqueous scrubbing. - Int. J. Sulfur Chem. Part B, 7: 11-19.
- SCHNEIDER, K., 1985: Kartierung der epiphytischen Flechtenvegetation im Raum Bremen - Lüneburger Heide. - Veröff. Übersee-Mus. Bremen A 7: 1-129.
- SEAWARD, M.R.D., 1976: Lichens in air-polluted environments: multivariate analysis of the factors involved. In: Kärenlampi (ed.): Proceedings of the Kuopio meeting on plant damages caused by air pollution. Kuopio, 57-63.
- , -, 1985: A study of saxicolous lichens from selected sites in South-West Berlin (West). - Verh. Berl. Bot. Ver. 5 : 121-131.
- , -, 1987: Effects of quantitative and qualitative changes in air pollution on the ecological and geographical performance of lichens. In: Hutchinson, T.C. & Keema, K.M. (eds.): Effects of atmospheric pollutants on forests, wetlands and agricultural ecosystems, pp 439-450.
- SERNANDER, R., 1926. Nach Skye, E., 1986: Lichens and air pollution. - Acta Phytogeogr. 52: 1-123.
- SKYE, E., 1958: Luftföroreningars inverkan på busk- och bladlavfloran kring skifferoljeverket i näckes Kvarntorp. - Svensk Bot. Tidskrift 52: 133-177.
- , -, 1968: Lichens and air pollution. - Acta Phytogeogr. Suec. 52: 1-123.
- SOCHTING, U., 1989: *Xanthoria elegans* spreading in Denmark. - Graphis Scripta 2: 167.
- , & RAMKAER, K., 1982: The epiphytic lichen zones in rural Denmark and Schleswig-Holstein. - Nord. J. Bot. 2: 171-181.
- STATISTISCHES LANDESAMT S-H, 1989: Statistisches Jahrbuch S-H.
- STATISTISCHES LANDESAMT S-H, 1992: Statistisches Jahrbuch S-H.
- STEINER, M & SCHULZE-HORN, D, 1955: Über die Verbreitung und Expositionsabhängigkeit der Rindeneiphyten im Stadtgebiet von Bonn. - Decheniana Bd. 108, Heft 1: 1-16.
- STEUBING, L.; KIRSCHBAUM, U.; POOS, F. & CORNELIUS, R., 1983: Monitoring mittels Bioindikatoren in Belastungsgebieten. In: Umlandverband Frankfurt: Ökologie und Planung in Verdichtungsgebieten, 65 pp.
- STEWIG, R., 1971: Kiel. Einführung in die Stadtlandschaft. 74 pp.

- STEWIG, R., 1983: Die Entwicklung der Stadt Kiel. - In: Bähr, J. (Hrsg.): Kiel 1879-1979. Kieler Geographische Schriften 58: 23-42.
- TRÜMPENER, E., 1926: Über die Bedeutung der Wasserstoffkonzentration für die Verbreitung von Flechten. - Beih. Bot. Cbl. A, 42: 321-354.
- TÜRK, R., 1988: Bioindikation von Luftverunreinigungen mittels Flechten. - In: Ökophysiologische Probleme durch Luftverunreinigungen. Karl-Franzens Universität Graz, 13-27.
- TÜRK, R. & WIRTH, V., 1974: Der Einfluß des Wasserzustandes und des pH-Wertes auf die SO₂-Schädigung von Flechten. - Verh. Ges. Ökol.: 167-171.
- TÜRK, R. & WIRTH, V., 1975: The pH-dependance of SO₂-damage to lichens. - Oecologia (Berl.) 19: 285-291.
- TÜRK, R. & ZIEGELBERGER, G., 1982: Die Luftqualität im Stadtgebiet von Salzburg - dargestellt anhand der Verbreitung epiphytischer Flechten. - In: Luftgüteuntersuchungen mit Bioindikatoren im Lande Salzburg. - Schriftenreihe Luftgüteuntersuchung 7: 78-141.
- UMWELTBUNDESAMT, 1989: Daten zur Umwelt 1988/89. - Berlin, 613 pp.
- VILLWOCK, I., 1962: Der Stadteinfluß Hamburgs auf die Verbreitung epiphytischer Flechten. - Abhandl. Verhandl. Naturw. Ver. Hamburg N. F. 6: 147-166.
- WATSON, M.F. ; HAWKSWORTH, D.L. & ROSE, F., 1988: Lichens on elms in the British Isles and the effect of the dutch elm disease on their status. - Lichenologist 20 (4): 327-352.
- WILMANNS, O. & BIBINGER, H., 1966: Methode der Kartierung kleinfächiger Kryptogamengesellschaften. - Bot. Jb. 85: 509-521.
- WIRTH, V., 1972: Die Silikatflechten-Gemeinschaften im außeralpinen Zentraleuropa. - Diss. Bot. 17, 306 pp. Lehre.
- , -, 1980: Flechtenflora. - Stuttgart, 552 pp.
- , -, 1985: Zur Ausbreitung, Herkunft und Ökologie anthropogen geförderter Rinden- und Holzflechten. - Tuexenia 5: 523-535.
- , -, 1987: Die Flechten Baden-Württembergs. - Stuttgart, 528 pp.
- WOELM, E., 1988: Notizen zur Flechtenflora der Eiderstedt (Schleswig-Holstein). - Arbeitsber. AG Angew. Geogr. Münster 13: 15-21.
- ZIMMER, D. & ABEL, H., 1992/1993: Erfassung der Flechtenflora und Einrichtung von Lichenologischen Dauerquadraten an Bodendauerbeobachtungsflächen und ihrer Umgebung in Schleswig-Holstein. - unveröff. Gutachten im Auftrag des Geologischen Landesamtes Schleswig-Holstein, 560 pp.

Anhang A

Kommentierte Artenliste der Flechten Kiels

Häufigkeitsangaben:

sehr selten	:	< 5	Einzelfunde im Stadtgebiet
selten	:	5 - 15	"
zerstreut	:	5 - 50	"
verbreitet	:	50 - 100	"
häufig	:	100 - 250	"
sehr häufig	:	> 250	"

Acarospora fuscata (Nyl.) Arn.

Zerstreut, kommt auf Findlingen, Natursteinmauern und weiteren silikatischen Substraten vor (Schilksee, Graf-Luckner Weg auf Findling; Garteneinfassung).

Anaptychia ciliaris (L.) Koerb.

Sehr selten, einzelne Vorkommen auf den Linden des Meimersdorfer Angers und in Moorsee.

Arthonia radiata (Pers.) Ach.

Zerstreut, in Wäldern und baumreichen Gebieten auf verschiedenen Laubbäumen (*Fraxinus* und *Fagus*), z.B. im Projensdorfer Gehölz und an glattrindiger Linde in Meimersdorf.

Arthopyrenia punctiformis Massal.

Sehr selten, an Buche (Niederung südwestlich von Meimersdorf), an Eiche (Wanderweg an der Ottendorfer Au).

Aspicilia caesiocinerea (Nyl. ex Malbr.) Arn.

Selten, auf älteren, zum Teil stark staubimprägnierten Silikatmauern, vor allem an der Kieler Peripherie (Moorsee, Brücke in der Schulensee-Niederung).

Aspicilia contorta (Hoffm.) Krempelh.

Zerstreut auf kalkhaltigen Substraten, auch in locker überbauten Stadtgebieten, fehlt im Stadtzentrum.

Bacidia naegelii (Hepp) Zahlbr.

Sehr selten, auf *Salix pentandra* an der Kuhfurtsau bei Hammer.

Baeomyces rufus (Huds.) Rebent.

Sehr selten, einziger Fundort in Friedrichsort, Stromeyerallee, reiches Vorkommen auf Backsteinen, fruchtend.

Buellia aethalea (Ach.) Th.Fr.

Selten, auf Silikatgestein. An der Strandmauer in Friedrichsort auch auf alten Ziegelmauern.

Buellia griseovirens (Turn.& Boss ex Sm.) Ahnb.

Selten auf Laubbäumen. An *Fraxinus*, Eiderbrook in Hammer.

Buellia punctata (Hoffm.) Massal.

Sehr häufig, auf eutrophierten Borken, auch im dicht bebauten Stadt-kern an der Basis von Laubbäumen.

Calicium viride Pers.

Zerstreut, auf alten Eichen am Stadtrand, in Nordost bis Ost-Expositi-on.

Caloplaca chlorina (Flotow) Sandst.

Selten, auf staubimprägniertem Silikatgestein. Friedrichsort, Schreber-gartengelände am Grüffkamp.

Caloplaca citrina (Hoffm.) Th.Fr.

Häufig, auf kalkhaltigen Substraten auch in dicht bebautem Bereich, bevorzugt an Vertikalfächern von Mauern. Gelegentlich an der staub-imprägnierten Basis von Laubbäumen.

Caloplaca decipiens (Arn.) Blomb. & Forss

Verbreitet, auf glatten, kalkhaltigen Substraten. Meist an Vertikalfächern, meidet den Stadt-kern. Niedrige Kalkmauer in Pries-Dorf.

Caloplaca holocarpa (Hoffm.) Wade

Häufig, an kalkhaltigem Gestein, auch im Stadtkern. Gelegentlich auf staubimprägnierter Rinde.

Caloplaca saxicola (Hoffm.) Nordrin

Verbreitet, auf Beton, Waschbeton und Mörtel, meidet die innersten Stadtgebiete. An Mauern des Bildungszentrum Mettenhof.

Caloplaca teicholyta (Ach.) J.Stein.

Sehr selten, an einer Kalkmauer auf dem Gelände des Meimersdorfer Rangierbahnhofs.

Candelaria concolor (Dicks.) Stein

Selten, an Laubbäumen am südlichen Stadtrand, Eichenallee Oppendorfer Weg.

Candelariella aurella (Hoffm.) Zahlbr.

Häufig, auf kalkhaltigen Substraten bis in die Innenstadt. Gelegentlich am Stammgrund staubimprägnierter Bäume. Oft zusammen mit *Lecanora dispersa*.

Candelariella reflexa (Nyl.) Lettau

Selten, an freistehenden Laubbäumen. An *Malus communis*, in einem alten Schrebergarten, Am Ihlberg, Russee.

Candelariella vitellina (Hoffm.) Müll.Arg.

Verbreitet, an älterem Silikatgestein (Findlinge, Mauern), auch auf kalkhaltigem Substrat. Vereinzelt auch an eutrophierter Laubbaumborke. In Rönne, Mauer am Dorfplatz.

Candelariella xanthostigma (Ach.) Lett.

Zerstreut, bis in locker überbaute Gebieten auf Laubbaumborke vorkommend. Auf staubimprägnierter Borke von *Tilia platyphyllos* an der Hamburger Chaussee.

Cetraria chlorophylla (Willd.) Vain.

Selten, meist ein bis wenige Thalli auf saurer Borke von Laubbäumen, kommt in Gebieten erhöhter Luftfeuchte vor (Stadtrand, Parks). An *Acer pseudoplatanus* im Stadtrat-Hahn-Park, Ellerbek.

Chaenotheca ferruginea (L.) Tibell

Zerstreut, an älteren Laubbäumen, vor allem Eichen, in Parks und an der Peripherie der Stadt. Auf Eiche in Hammer im Wiepenkrog und auf Fichten (Oppendorfer Weg.).

Cladonia cariosa (Ach.) Sprengel

Sehr selten, einziger Fundort auf Ruderalflächen im Gelände des Meimersdorfer Rangierbahnhofs.

Cladonia cervicornis ssp. verticillata (Ach.) Flot.

Sehr selten, einziger Fundort auf dem Gelände des Meimersdorfer Rangierbahnhofs.

Cladonia coniocraea auct.

Verbreitet, auf sauren Borken (*Betula*, *Quercus*), auf morschen Zaunpfählen. Dichte Bestände auf Birke, im Nordfriedhof.

Cladonia fimbriata (L.) Fr.

Verbreitet, auf sauren Borken und morschem Holz. Auf geneigten Stämmen von Birken in hoher Deckung. An *Tilia platyphyllos* und *Betula pendula* auf dem Südfriedhof.

Cladonia floerkeana (Fr.) Flörke

Sehr selten, einziger Fundort auf Reet, Gut Seekamp.

Cladonia macilenta Hoffm.

Sehr selten, einziger Fundort auf morschem Holz an einer Zufahrt zu den Bahngleisen, Meimersdorfer Weg.

Cladonia pyxidata (L.) Hoffm.

Zerstreut, auf sandigen Böden verschiedener Bahnhöfe und in den Dünen bei Friedrichsort.

Cladonia subulata (L.) Weber

Sehr selten, auf Reet in Gut Seekamp und auf Zaunpfählen an der Zufahrt zu den Bahngleisen, am Meimersdorfer Weg.

Cliostomum griffithii (Sm.) Coppins

Selten, am Stadtrand auf Laubbaumborken. An *Ulmus*, Knick bei Gut

Schwartenbek.

Collema crispum (Huds.) Web.

Sehr selten, auf Erde und älteren Mauern. In den Fugen einer Ziegelmauer in Kronsburg, Krummbogen. Auf dem Meimersdorfer Bahnhofsgelände.

Collema limosum (Ach.) Ach.

Sehr selten, an der Steilküste in Schilksee auf lehmigem Boden.

Cyphelium inquinans (Sm.) Trevis.

Selten, an den Hirnschnitten von Zaunpfählen aus Eichenholz. In der Wellseer und Russeer Niederung.

Dimerella pineti (Ach.) Vezda

Zerstreut, in Waldgebieten an der Basis und am Mittelstamm verschiedener Laubbäume. Reich an Eichen im Projensdorfer Gehölz.

Evernia prunastri (L.) Ach.

Häufigste Strauchflechte im Stadtgebiet, auch nicht selten in dicht bebauten Gebieten vorkommend (zeigt hier oft Kümmerwuchs der Thalli, geringe Deckung). An windoffenen Stellen polsterförmiger Wuchs (Projensdorfer Gehölz, am Kanal), in geschützten Lagen lange Thalli bildend (bis zu fünf cm). Westlich von Suchsdorf an Esche.

Haemmatomma ochroleucum (Neck.) Laund.

Zerstreut, vor allem an älteren Eichen an der Peripherie der Stadt. Eichenallee Oppendorfer Weg; Eichen in Hammer.

Hypocenomyce scalaris (Ach.) Choisy

Verbreitet, auf saurer Borke und auf bearbeitetem Holz, sehr toxicotent. An *Tilia platyphyllos* in der Feldstraße, Kiel-Wik.

Hypogymnia physodes (L.) Nyl.

Sehr häufig auf saurer Laubbaumborke und Zaunpfählen. An Mittelstämmen von Linden dringt sie weit in die Innenstadt vor (kleine Exemplare in Borkenrissen). An der Peripherie der Stadt in hoher Deckung auf Eichen.

Hypogymnia tubulosa (Schaer.) Havaas

Verbreitet, auf saurer Laubbaumborke im ganzen Stadtgebiet zumeist in einzelnen bis wenigen Exemplaren. An *Acer platanoides* mehrfach in der Herthastraße, Kiel-Wik.

Lecania cyrtella (Ach.) Ch.Fr.

Sehr selten, an der Basis von Laubbäumen. An *Populus*, Kuhfurtsau.

Lecania erysibe (Ach.). Mudd

Zerstreut auf kalkhaltigem Gestein, seltener in der dicht überbauten Innenstadt. Hansastrasse, auf Mörtel.

Lecanora albescens (Hoffm.) Branth & Rostr.

Häufig, auf kalkhaltigen Substraten, auch in der Innenstadt auf Mörtel und Beton.

Lecanora cf. allophana (Ach.) Nyl.

Sehr selten, an *Tilia platyphyllos*, Segeberger Landstraße.

Lecanora argentata (Ach.) Malme

Zerstreut, an glattrindigen Laubbäumen (Esche, Ahorn, gelegentlich Buche) an Stadtrandgebieten und Waldrändern. An *Fagus*, Schwartenbeker Kanalweiche.

Lecanora campestris (Schaer.) Hue

Zerstreut, auf älteren Kalkmauern, in mäßig dicht überbauten Gebieten vorkommend, nicht in der Innenstadt. Mauer in Kiel-Pries, Hofeinfahrt.

Lecanora carpinea (L.) Vain.

Verbreitet, in Stadtrandgebieten, gern auf glatter Borke (*Carpinus*, *Acer*, *Fraxinus*, *Tilia*), nicht im Stadtzentrum.

Lecanora chlarotera Nyl.

Verbreitet, häufiger als *Lecanora carpinea* auch auf rissiger Borke. Nicht in der Innenstadt.

Lecanora conizaeoides Nyl. ex Cromb.

Sehr häufig, häufigste Krustenflechte in Kiel, am Mittelstamm fast

jeden Baumes auch in der Innenstadt anzutreffen.

Lecanora dispersa (Pers.) Sommerf.

Sehr häufig, auf Kalksubstrat im Stadtgebiet weit verbreitet, geht oft auch auf die staubimprägnierte Basis von Bäumen über.

Lecanora expallens Ach.

Häufig, in Stadtrandgebieten und unbesiedelten Bereichen auf saurer Laubbaumborke, auch auf Zaunpfählen.

Lecanora hagenii (Ach.) Ach.

Sehr selten, auf eutrophierter Laubbaumborke. An einer Pappelallee, Schrebergartengelände in Friedrichsort.

Lecanora intumescens (Rebent.) Rabenh.

Sehr selten, auf glatter Borke älterer Buchen, auf Fagus am Rand des Russeer Geheges.

Lecanora muralis (Schreb.) Rabenh.

Verbreitet, auf Kalk- und Silikatsubstraten, auch in der Innenstadt, z.T. mit hoher Deckung. Auf niedriger Kalkmauer im Forstweg.

Lecanora polytropa (Hoffm.) Rabenh.

Zerstreut, auf Silikatgestein (Findlinge, Mauern), häufig mit Candelariella vitellina. Silikatbordstein, Werner-Siemens-Straße, Friedrichsort.

Lecanora saligna (Schrad.) Zahlbr.

Selten, auf beschädigter Baumborke und hölzernen Zaunpfosten (vertikal). An Crataegus, Stromeyerallee in Friedrichsort.

Lecanora symmicta (Ach.) Ach.

Selten, auf hölzernen Zaunpfählen aus Eichenholz im landwirtschaftlich genutzten Gebiet (Moorsee).

Lecanora umbrina (Ach.) Massal.

Selten, auf Zaunpfählen. Friedrichsorter Au.

Lecanora varia (Hoffm.) Ach.

Selten, auf Holz in ländlichen Gebieten. Wellsee-Niederung.

Lecidea erratica Koerb.

Selten, Pionierart auf Bahndammschotter im Meimersdorfer Bahnhofsgelände.

Lecidea fuscoatra var.*grisella* (Flörke) Nyl.

Selten, auf Bahndammschotter oder Ziegeln (z.B. Meimersdorfer Rangierbahnhof).

Lecidea cf. lithophila (Ach.) Ach

Sehr selten, auf einem Findling im Friedhof Friedrichsort. Mit *Stereocaulon dactylophyllum*.

Lecidella elaeochroma (Ach.) Choisy coll.

Zerstreut, in Stadtrandgebieten auf glatter bis mittlerissiger Borke (*Carpinus*, *Fraxinus* und *Tilia*). An *Carpinus*, Knick westlich von Gut Schwarzenbek.

Lecidella scabra (Tayl.) Hertel & Leuckert

Selten, auf altem Silikatgestein, auf Granit an einer Feldeinfahrt, Seekamperweg.

Lecidella stigmataea (Ach.) Hertel & Leuckert

Verbreitet, auf kalkhaltigen Substraten, auch Ziegelmauern, fehlt im innersten Stadtzentrum. In der Hansastrasse auf Ziegelmauern.

Lepraria incana (L.) Ach.

Sehr häufig, oft in Borkenrissen, auch im inneren Stadtgebiet an Laubbäumen, zusammen mit *Lecanora conizaeoides*.

Micarea denigrata (Fr.) Hedl.

Zerstreut, auf Zaunpfählen aus Eichenholz, häufig auf den Hirnschnitten, in landwirtschaftlich genutzten Gebieten. In der Wellsee-Niederung, in Neu-Meimersdorf auf Holz.

Micarea misella (Nyl) Hedel.

Sehr selten, auf einem Fagus-Stumpf an der Schwentine bei Oppendorf (siehe JACOBSEN, 1990).

Micarea prasina Fr.

Selten, auf Baumstümpfen und Bäumen. An Alnus im Erlenbruch am Vorderen Russee.

Mycobilimbia sabuletorum (Schreb.) Hafelln.

Sehr selten, einziger Fundort auf einer bemoosten Kalkmauer in Kiel-Pries.

Ochrolechia subviridis (Hoeg) Erichs.

Sehr selten, an alter Eiche in Hammer, Wiepenkrog.

Opegrapha varia Pers.

Sehr selten, an Carpinus, Talniederung südlich von Meimersdorf.

Parmelia acetabulum (Neck.) Duby

Zerstreut, an freistehenden Laubbäumen, auch in locker bebauten Gebieten. Nienbrügger Weg, an Linde. Oppendorfer Weg, an Eichen in schlechter Vitalität (Nekrosen).

Parmelia conspersa (Ehrh. ex Ach.) Ach.

Sehr selten, einziger Fundort auf einem Granitfindling im Schrebergartengelände bei Hasseldieksdamm.

Parmelia elegantula (Zahlbr.) Szat.

Selten, auf Laubbaumborke, Eichenallee in Oppendorf.

Parmelia exasperatula De Not.

Zerstreut, auf Laubbaumrinden, z. B. an Linden in Rönne, Meimersdorf.

Parmelia glabratula (Lamy) Nyl.

Verbreitet, auf Laubbaumrinden, dringt in locker bebaute Gebiete vor, selten auf Silikatgestein vorkommend.

Parmelia laciniatula (Flag. ex Oliv.) Zahlbr.

Zerstreut, auf Borke, fehlt in dichter bebauten Gebieten. An Eschen im Moorsee.

Parmelia saxatilis (L.) Ach.

Zerstreut, vereinzelt an Linde und Eiche vorkommend, nicht im Stadtzentrum. An Salix alba, Schleswiger Straße, Hassee.

Parmelia subaurifera Nyl.

Zerstreut, auf Laubbaumborke in Randgebieten. An Populus, Wohnlager Solomit.

Parmelia subrudecta Nyl.

Sehr selten. An Linde, Moorsee.

Parmelia sulcata Tayl.

Sehr häufig, bis weit in das Stadtzentrum auf Borken vor allem in Parkanlagen.

Parmelia tiliacea (Hoffm.) Ach.

Sehr selten, einziger Fundort in Meimersdorf auf glattrindiger Tilia platyphyllos, Hofeinfahrt "Am Dorf".

Parmeliopsis ambigua (Wulf.) Nyl.

Sehr selten, an Eiche am Kanalwanderweg.

Peltigera canina (L.) Willd.

Sehr selten, auf Sandboden im Meimersdorfer Rangierbahnhof.

Peltigera didactyla (With.) Laund.

Sehr selten, auf Sandboden im Meimersdorfer Bahnhofsgelände, an der Steilküste in Schilksee.

Peltigera rufescens (Weis.) Humb.

Zerstreut, auf Sandboden verschiedener Bahnhöfe (Kiel-West, Meimersdorf und Hassee) und an der Steilküste in Schilksee.

Pertusaria albescens (Huds.) Choisy & Wern.

Zerstreut, in Randgebieten, auf Tilia, Fraxinus und Quercus, nicht in der Innenstadt. An Linden in Meimersdorf.

Pertusaria amara (Ach.) Nyl.

Sehr selten, in Dorfkernen an der südlichen Peripherie der Stadt. An Eiche in Moorsee.

Pertusaria coccodes (Ach.) Nyl.

Selten, vor allem auf Borken freistehender Laubbäume. Auf Eiche in Moorsee. Auf Linden in Meimersdorf.

Pertusaria leioplaca DC.

Sehr selten, an einer Esche im Wald von Hammer, Eiderbrook.

Pertusaria pertusa auct.

Zerstreut, Vorkommen in Stadtrandgebieten, auf Laubbaumborke. An Linde in Meimersdorf.

Phaeophyscia nigricans (Flk.) Moberg

Zerstreut, auf kalkhaltigen Substraten, selten Laubbaumborke.

Phaeophyscia orbicularis (Neck.) Moberg

Sehr häufig, an der Stammbasis staubimprägnierter Laubbäume und auf kalkhaltigen Substraten. Bis ins Stadtzentrum vordringend und häufig.

Phlyctis argena (Spreng.) Flot.

Häufig, in Stadtrandgebieten an freistehenden Laubbäumen, meidet den Stadt kern.

Physcia adscendens (Fr.) Oliv.

Häufig, auf Borke und auf Kalkgestein bis in den Stadt kern vordringend.

Physcia caesia (Hoffm.) Fürnr.

Häufig, auf Granit und Kalksubstraten, reich entwickelt auf alten Dorfmauern im ländlichen Bereich. Mauern in Rönne. Verbreitet auch auf älteren Ziegelmauern, auch in der Innenstadt vorkommend.

Physcia dubia (Hoffm.) Lettau

Zerstreut, auf Silikatgestein, gelegentlich auf staubimprägnierter Laubbaumborke. Niedrige Mauer, Neu-Meimersdorf.

Physcia tenella (Scop.) DC.

Sehr häufig, in der Innenstadt oft an staubimprägnierter Stammbasis

oder an Wasserabflußstreifen verschiedener Baumarten.

Physconia distorta (With.) Laund.

Sehr selten, an *Tilia platyphyllos* in Moorsee. Nicht fruchtend.

Physconia enteroxantha (Nyl.) Poelt

Zerstreut, nicht in dicht bebauten Bereichen, auf alten Pappeln und Linden. An Pappeln am Rungholtplatz.

Physconia grisea (Lam.) Poelt

Selten, auf Borke freistehender Laubbäume und auf Kalkmauern mit rauher Oberflächenstruktur. In Kiel-Pries, Hofeinfahrt. In Suchsdorf am Alten Steenbeker Weg.

Physconia perisidiosa (Erichs.) Moberg

Sehr selten, an *Populus canadensis*, Eiderbrook.

Platismatia glauca (L.) W.Club. & C.Club.

Selten, meist einzelne Exemplare auf saurer Borke von Eiche und Birke. An *Salix alba* im Schrevenpark.

Porpidia crustulata (Ach.) Hertel & Knoph.

Zerstreut, auf Findlingen und Backsteinmauern auch im locker bebauten Bereich.

Porpidia tuberculosa (Sm.) Hertel & Knoph

Sehr selten, auf alten Ziegelmauern und Silikatgestein. In Friedrichsort, Stromeyerallee auf Ziegeln. Friedhof Holtenau, auf Silikat.

Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf

Zerstreut, zeigt Kümmerwuchs in siedlungsnahen Bereichen. Im südlichen Stadtrandgebiet mehrere Vorkommen an Eiche. Z.B. Schlüsbecker Moor.

Psilolechia lucida (Ach.) Choisy

Sehr selten, auf Ziegelmauern und Granit, an alten Gebäuden. Friedhof bei Russee.

Pyrrhospora quernea (Dicks.) Koerb.

Sehr selten, an Eiche bei Schwartenbek, am Wanderweg.

Ramalina farinacea (L.) Ach.

Zerstreut, im ländlichen Bereich, häufig an Eichen. Eichenallee in Oppendorf, Moorsee an Linde.

Ramalina fastigiata (Pers.) Ach.

Zerstreut, in Stadtrandgebieten, auf *Tilia*, *Fraxinus* und *Quercus*. An den Linden des Meimersdorfer Dorfplatzes.

Ramalina fraxinea (L.) Ach.

Sehr selten, einziger Nachweis in Meimersdorf auf einer glattrindigen Linde, Hofeinfahrt.

Ramalina pollinaria (Westr.) Ach.

Sehr selten, an alter Eiche bei Gut Seekamp.

Rhizocarpon cf. distinctum Th.Fr.

Sehr selten, auf Silikatgestein am Kanalwanderweg.

Rhizocarpon geographicum (L.) DC.

Sehr selten, einziger Fundort an einer Brücke aus Granitquadern bei Russee.

Rhizocarpon obscuratum (Ach.) Massal.

Sehr selten, auf Silikatgestein auf dem Friedhof Holtenau.

Rinodina gennarii Bagl.

Verbreitet, auf Kalksubstraten auch im Innenstadtbereich.

Saccomorpha icmalea (Ach.) Clauz. & Roux

Verbreitet, gelegentlich auf Borke (Stammbasis), auch auf Zaunpfählen. An Birken auf dem Nordfriedhof.

Sarcogyne regularis Koerb.

Zerstreut, auf glattem, kalkhaltigem Substrat (Beton). Reich in Mettenhof. Auf den Betonmauern des BZM.

Schismatomma decolorans (Turn. & Borr. ex Sm.) Clauz. & Vezda
Sehr selten, an alten Eichen (Hammer und Oppendorf).

Scoliciosporum chlorococcum (Stenham.) Vezda
Zerstreut, auf saurer Borke, zumeist an *Quercus*, *Betula* oder *Tilia*.
Schilksee, alte Eiche auf der Scheidekoppel. Waldlichtung.

Scoliciosporum umbrinum (Ach.) Arn.

Zerstreut, auf Silikatgestein, Findlingen, vor allem auf Bahndammschotter, z. B. im Meimersdorfer Rangierbahnhof.

Stereocaulon dactylophyllum Flk.

Sehr selten, einziger Fund auf einem Findling im Friedrichsorter Friedhof (datiert auf 1910). Neben einem Fund auf Sylt (BRAND & KETNER - OSTRAA, 1983) ist dies der einzige Nachweis für Schleswig-Holstein.

Strangospora pinicola (Massal.) Koerb.

Zerstreut, auf sauren Laubbaumborken und Zaunpfählen, auch im Stadtgebiet. An *Tilia platyphyllos*, Feldstraße, Kiel-Wik.

Tephromela atra (Huds.) Hafelln.

Sehr selten, auf altem Blockwall an einer Feldeinfahrt (Gut Seekamp), an der Brücke aus Granitquadern bei Russee.

Trapelia coarctata (Sm.) Choisy

Zerstreut, Erstbesiedler auf Findlingen und Ziegelmauern auch in locker überbauten Gebieten. Niebuhrstraße, auf Ziegelmauern.

Trapelia obtegens (Th.Fr.) Hertel

Sehr selten, auf Bahndammschotter des Meimersdorfer Rangierbahnhofs.

Trapeliopsis flexuosa (Fr.) Coppins & P.James

Zerstreut, vor allem auf Zaunpfählen. An der Friedrichsorter Au auf Holz.

Verrucaria calciseda DC.

Sehr selten, auf den Kalkblöcken im neuen Botanischen Garten der

Universität Kiel.

Verrucaria halizoa Leight.

Sehr selten, auf Granitblöcken am Nord-Ostsee Kanal.

Verrucaria muralis Ach.

Verbreitet, auf Kalksubstraten siedelnd. Auch in überbauten Bereichen.

Verrucaria nigrescens Pers.

Verbreitet, auf Kalksubstraten auch im überbauten Bereich.

Xanthoria calcicola Oxner

Sehr selten, auf Betonmauer in Mettenhof, am Skandinaviendamm Nähe Aalborgring.

Xanthoria candelaria (L.) Th.Fr.

Häufig, oft an der eutrophierten Basis von Bäumen oder in Wasserabflußstreifen am Stamm. Im gesamten Stadtgebiet.

Xanthoria elegans (Link) Th.Fr.

Sehr selten, auf glattem Kalkgestein (Beton). Musäusplatz, Universität Kiel.

Xanthoria fallax (Hepp) Arn.

Sehr selten, auf staubimprägnierter Borke von Linde in Elmschenhagen, Nähe Friedhof.

Xanthoria parietina (L.) Th.Fr.

Sehr häufig, auf eutrophierter Laubbaumborke und Kalk sowie staubimprägniertem Silikatgestein im ganzen Stadtgebiet.

Xanthoria polycarpa (Hoffm.) Rieber

Häufig, an Laubbäumen, gelegentlich in Stammabflußstreifen, nicht im innersten Stadtkern.

Anhang B

Gefährdungsgrade der Flechten Kiels nach der Roten Liste Schleswig-Holstein (JACOBSEN, 1992), Wuchsform und Substratwahl

Wuchsformtypen der Flechten:

Kr = Krustenflechte

Bl = Blattflechte

St = Strauchflechte

Substratkürzel:

B = Borke

H = Holz

K = Kalkgestein

S = Silikatgestein

R = Reet

E = Erdboden

+ = Substratwechsel

RL	Artname	Wuchs-form	Substrat					
			B	H	K	S	R	E
	<i>Acarospora fuscata</i>	Kr				S		
2	<i>Anaptychia ciliaris</i>	Bl	B					
3	<i>Arthonia radiata</i>	Kr	B					
	<i>Arthopyrenia punctiformis</i>	Kr	B					
	<i>Aspicilia caesiocinerea</i>	Kr				S		
	<i>Aspicilia contorta</i>	Kr			K			
2	<i>Bacidia naegelii</i>	Kr	B					
	<i>Baeomyces rufus</i>	Kr						
	<i>Buellia griseovirens</i>	Kr	B					
	<i>Buellia punctata</i>	Kr	B	+			+	
	<i>Buellia aethalea</i>	Kr				S		
3	<i>Calicium viride</i>	Kr	B					
	<i>Caloplaca chlorina</i>	Kr				S		

Fortsetzung:

RL	Artnname	Wuchs-form	Substrat					
			B	H	K	S	R	E
	<i>Caloplaca citrina</i>	Kr	+		K	+		
	<i>Caloplaca decipiens</i>	Kr	+		K	+		
	<i>Caloplaca holocarpa</i>	Kr	+		K	+		
	<i>Caloplaca saxicola</i>	Kr			K	+		
	<i>Caloplaca teicholyta</i>	Kr			K			
3	<i>Candelaria concolor</i>	Bl		B				
	<i>Candelariella aurella</i>	Kr	+	+	K	+		
	<i>Candelariella reflexa</i>	Kr		B				
	<i>Candelariella vitellina</i>	Kr	+		+	S		
	<i>Candelariella xanthostigma</i>	Kr	B	+				
	<i>Cetraria chlorophylla</i>	Bl	B					
	<i>Chaenotheca ferruginea</i>	Kr	B					
3	<i>Cladonia cariosa</i>	St						E
	<i>Cladonia cervicornis</i> ssp. vert.	St						E
	<i>Cladonia coniocraea</i>	St	B	+			+	+
	<i>Cladonia fimbriata</i>	St	B	+			+	+
	<i>Cladonia floerkeana</i>	St					R	
	<i>Cladonia macilenta</i>	St		H				
	<i>Cladonia pyxidata</i>	St	+		+	+	+	E
	<i>Cladonia subulata</i>	St					+	+
	<i>Cliostomum griffithii</i>	Kr	B					
2	<i>Collema crispum</i>	Bl			K			+
2	<i>Collema limosum</i>	Bl						E
3	<i>Cyphelium inquinans</i>	Kr		H				
	<i>Dimerella pineti</i>	Kr	B					
	<i>Evernia prunastri</i>	St	B	+				
	<i>Haematomma ochroleucum</i>	Kr	B					
	<i>Hypocenomyce scalaris</i>	Kr	B	+				
	<i>Hypogymnia physodes</i>	Bl	B	+			+	
	<i>Hypogymnia tubulosa</i>	Bl	B	+				
	<i>Lecania cyrtella</i>	Kr	B					
	<i>Lecania erisybe</i>	Kr			K	+		
	<i>Lecanora albescens</i>	Kr	+		K	+		
	<i>Lecanora cf. allophana</i>	Kr	B					
3	<i>Lecanora argentata</i>	Kr	B					
	<i>Lecanora campestris</i>	Kr			K	+		
	<i>Lecanora carpinea</i>	Kr	B					
	<i>Lecanora chlarotera</i>	Kr	B					

Fortsetzung:

RL	Artname	Wuchs-form	Substrat					
			B	H	K	S	R	E
	<i>Lecanora conizaeoides</i>	Kr	B	+	+	+		
	<i>Lecanora dispersa</i>	Kr	+		K	+		
	<i>Lecanora expallens</i>	Kr	B	+				
	<i>Lecanora hagenii</i>	Kr	B	+				
1	<i>Lecanora intumescens</i>	Kr	B					
	<i>Lecanora muralis</i>	Bl	+		K	+		
	<i>Lecanora polytropa</i>	Kr				S		
	<i>Lecanora saligna</i>	Kr	B	+				
	<i>Lecanora symmicta</i>	Kr		H				
	<i>Lecanora umbrina</i>	Kr	+	H				
3	<i>Lecanora varia</i>	Kr		H				
	<i>Lecidea erratica</i>	Kr				S		
3	<i>Lecidea fuscoatra</i> var. <i>grisella</i>	Kr				S		
	<i>Lecidea cf. lithophila</i>	Kr				S		
3	<i>Lecidella elaeochroma</i>	Kr		B				
3	<i>Lecidella scabra</i>	Kr				S		
	<i>Lecidella stigmatea</i>	Kr			K	+		
	<i>Lepraria incana</i>	Kr	B	+		+		
	<i>Micarea denigrata</i>	Kr	+	H				
1	<i>Micarea misella</i>	Kr		H				
	<i>Micarea prasina</i>	Kr		B				
1	<i>Mycobilimbia sabuletorum</i>	Kr				K		
3	<i>Ochrolechia subviridis</i>	Kr	B					
3	<i>Opegrapha varia</i>	Kr	B					
	<i>Parmelia acetabulum</i>	Bl	B					
2	<i>Parmelia conspersa</i>	Bl				S		
3	<i>Parmelia elegantula</i>	Bl	B					
	<i>Parmelia exasperatula</i>	Bl						
	<i>Parmelia glabratula</i>	Bl	B	+		+		
	<i>Parmelia laciniatula</i>	Bl	B			+		
	<i>Parmelia saxatilis</i>	Bl	B	+		+		
3	<i>Parmelia subaurifera</i>	Bl	B					
3	<i>Parmelia subrudecta</i>	Bl	B					
	<i>Parmelia sulcata</i>	Bl	B	+	+	+	+	
	<i>Parmelia tiliacea</i>	Bl	B					
	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	Bl	B					
3	<i>Peltigera canina</i>	Bl						E
3	<i>Peltigera didactyla</i>	Bl						E

Fortsetzung:

RL	Artname	Wuchs-form	Substrat					
			B	H	K	S	R	E
3	<i>Peltigera rufescens</i>	B1						E
	<i>Pertusaria albescens</i>	Kr	B					
3	<i>Pertusaria amara</i>	Kr	B					
3	<i>Pertusaria coccodes</i>	Kr	B					
3	<i>Pertusaria leioplaca</i>	Kr	B					
	<i>Pertusaria pertusa</i>	Kr	B					
	<i>Phaeophyscia nigricans</i>	B1	+		K	+		
	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	B1	B	+	K	+		
	<i>Phlyctis argena</i>	Kr	B					
	<i>Physcia adscendens</i>	B1	B		K	+		
	<i>Physcia caesia</i>	B1	+	+	K	+		
	<i>Physcia dubia</i>	B1	+		K	+		
	<i>Physcia tenella</i>	B1	B	+	K	+		
2	<i>Physconia distorta</i>	B1	B					
	<i>Physconia enteroxantha</i>	B1	B					
3	<i>Physconia grisea</i>	B1	B			+		
1	<i>Physconia perisidiosa</i>	B1	B					
3	<i>Platismatia glauca</i>	B1	B	+				
	<i>Porpidia crustulata</i>	Kr					S	
3	<i>Porpidia tuberculosa</i>	Kr					S	
3	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	St	B	+				
3	<i>Psilolechia lucida</i>	Kr					+	
3	<i>Pyrrhospora quernea</i>	Kr	B					
	<i>Ramalina farinacea</i>	St	B					
3	<i>Ramalina fastigiata</i>	St	B					
2	<i>Ramalina fraxinea</i>	St	B					
1	<i>Ramalina pollinaria</i>	St	B					
2	<i>Rhizocarpon cf.distinctum</i>	Kr					S	
2	<i>Rhizocarpon geographicum</i>	Kr					S	
3	<i>Rhizocarpon obscuratum</i>	Kr					S	
	<i>Rinodina gennarii</i>	Kr	+		K	+		
	<i>Saccomorpha icmalea</i>	Kr	+	H				
	<i>Sarcogyne regularis</i>	Kr				K		
3	<i>Schismatomma decolorans</i>	Kr	B					
	<i>Scoliciosporum chlorococcum</i>	Kr	B					
	<i>Scoliciosporum umbrinum</i>	Kr					S	
1	<i>Stereocaulon dactylophyllum</i>	St					S	
	<i>Strangospora pinicola</i>	Kr	B	+				

Fortsetzung:

RL	Artname	Wuchs-form	Substrat					
			B	H	K	S	R	E
3	<i>Tephromela atra</i>	Kr				S		
	<i>Trapelia coarctata</i>	Kr				S		
3	<i>Trapelia obtegens</i>	Kr				S		
	<i>Trapeliopsis flexuosa</i>	Kr		H			+	
1	<i>Verrucaria calciseda</i>	Kr			K			
	<i>Verrucaria halizoa</i>	Kr				S		
	<i>Verrucaria muralis</i>	Kr			K			
3	<i>Verrucaria nigrescens</i>	Kr			K			
3	<i>Xanthoria calcicola</i>	Bl			K			
	<i>Xanthoria candelaria</i>	Bl	B	+	+			
	<i>Xanthoria elegans</i>	Bl			K			
	<i>Xanthoria fallax</i>	Bl	B					
	<i>Xanthoria parietina</i>	Bl	B	+	K	+		
	<i>Xanthoria polycarpa</i>	Bl	B					

**MITTEILUNGEN DER ARBEITSGEMEINSCHAFT GEOBOTANIK
IN SCHLESWIG-HOLSTEIN UND HAMBURG e.V.**

Folgende Hefte sind noch lieferbar:

- 24, 1974 CLAUSEN, W., Zur Geschichte und Vegetation ostholsteinischer Stock-ausschlagwälder, 125 S., DM 8,20
- 25, 1975 USINGER, H., Pollenanalytische und stratigraphische Untersuchungen an zwei Spätglazialvorkommen in Schleswig-Holstein, 183 S., DM 16,80
- 26, 1976 MÖLLER, H., Soziologisch-ökologische Untersuchungen der Sandküstenvegetation an der schleswig-holsteinischen Ostsee, 166 S., DM 25,30
- 27, 1976 KLINGER, P.-U., Bearbeitung der mitteleuropäischen *Sphagna cuspidata...*, 59 S., DM 4,50
- 28a 1977 SCHREITLING, K.-Th., Wir bestimmen Laubbäume im Winter, 47 S., DM 4,00
- 28b 1977 SCHREITLING, K.-Th. Wir bestimmen Bäume im Sommer, 28 S., DM 2,40
- 29, 1978 MARTENSEN, H.-O. u. W. PROBST, Synoptische Rubus-Flora für Nordwestdeutschland und Nordeuropa, 144 S., DM 10,80
- 31, 1981 RAABE, E.W., Über die Vegetation des Vorlandes an der östlichen Nordseeküste, 124 S. und farbige Vegetationskarte, DM 20,80
- 32, 1982 RAABE, E.W., C. BROCKMANN u. K. DIERSSEN, Verbreitungskarten ausgestorbener, verschollener und sehr seltener Gefäßpflanzen in Schleswig-Holstein, 317 S., DM 30,00
- 33, 1984 Zur Flora und Vegetation Schleswig-Holsteins und angrenzender Gebiete - Dem Andenken an E.W. RAABE gewidmet, 315 S., DM 34,00
- 35, 1985 GULSKI, M., Landschaftsökologische Untersuchungen im Hellbachtal (Kreis Herzogtum Lauenburg), 109 S., DM 10,80.
- 36, 1986 JANSEN, W., Flora des Kreises Steinburg, 403 S., DM 34,00
- 37, 1987 ALTROCK, M., Vegetationskundliche Untersuchungen am Vollstedter See unter besonderer Berücksichtigung der Verlandungs-, Niedermoor- und Feuchtgrünland-Gesellschaften, 128 S., DM 15,50.

- 39, 1988 MIERWALD, U., Die Vegetation der Kleingewässer landwirtschaftlich genutzter Flächen. Eine pflanzensoziologische Studie aus Schleswig-Holstein, 286 S., DM 30,00.
- 43, 1992 LÜTT, S., Produktionsbiologische Untersuchungen zur Sukzession der Torfstichvegetation in Schleswig-Holstein. 272 S., DM 20,00
- 44, 1992 TWENHÖVEN, F. L., Untersuchungen zur Wirkung stickstoffhaltiger Niederschläge auf die Vegetation von Hochmooren. 172 S., DM 20,00
- 45, 1993 GARNIEL, A., Die Vegetation der Karpfenteiche Schleswig-Holsteins. 352 S., 27,50 DM
- 46, 1994 ZIMMER, D.; Erfassung der Flechtenflora der Stadt Kiel sowie ihre Auswertung unter immissionsökologischen Aspekten. 140 S., DM 15,00

Die Preise gelten für Mitglieder der AG Geobotanik, für Studierende und für den Buchhandel. Sie entsprechen den reinen Herstellungskosten.

Anschrift der Arbeitsgemeinschaft:

Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.
Neue Universität, Biologiezentrum N 41a, D-24098 Kiel.