

Untersuchungen zur epiphytischen Flechtenvegetation im Raum Bielefeld

Mit 8 Abbildungen und 6 Tabellen

Almut Gerhardt
und
Christiane Größer-Hellriegel

Inhalt:

1. Einleitung	162
2. Das Untersuchungsgebiet	162
2.1. Naturräumliche Gliederung und Geologie	162
2.2. Das Klima	164
2.3. Wirtschaft und Verkehr	167
3. Untersuchungsmethoden	167
3.1. Auswahl der Untersuchungsstationen	167
3.2. Untersuchte Parameter zur Charakterisierung von Standort und Flechtenbewuchs	169
4. Ergebnisse	172
4.1. Zusammenstellung der gefundenen Flechtenarten und ihre autökologische Charakterisierung	172
4.2. Die Verteilung der Flechtenarten im Untersuchungsgebiet	177
4.3. Flechtensoziologische Aspekte	183
4.4. Rinden-pH-Werte	189
4.5. Die Voruntersuchung	189
4.6. Die Zonierung der Flechtenvegetation im Untersuchungsgebiet	194
5. Diskussion	195
5.1. Beziehungen zwischen Flechtenbewuchs und Immissionsbelastung	197
5.2. Beziehungen zwischen Flechtenbewuchs und Rinden-pH-Wert	198
5.3. Beziehungen zwischen Flechtenbewuchs und Mikroklima	201
6. Zusammenfassung	203
7. Literatur	204

1. Einleitung

Eingehende Untersuchungen zur Flechtenvegetation im Raum Bielefeld liegen bisher nicht vor. Lediglich in der von LAHM 1885 veröffentlichten Zusammenstellung der in Westfalen beobachteten Flechtenarten werden für den Raum Bielefeld eine Reihe von epiphytischen Arten angegeben. (Ein ausführlicher Vergleich der dort für das Gebiet genannten Arten mit den Ergebnissen der eigenen Untersuchungen ist in Vorbereitung.) Die vorliegende Untersuchung stellt daher den Versuch dar, einen ersten Überblick über die heute in diesem Gebiet vorkommenden epiphytischen Flechtenarten und ihre Verbreitung zu geben. Darüber hinaus wurde die Flechtenvegetation im Raum Bielefeld auch unter ökologischen Gesichtspunkten untersucht: Die Flechten als Bioindikatoren und der Einfluß von Rinden-pH-Werten und mikroklimatischen Einflüssen auf die Flechtenvegetation im Untersuchungsgebiet sind Schwerpunkte der nachstehend dargestellten Untersuchung.

Danksagung: Die Verfasserinnen danken dem Garten-, Forst- und Friedhofsamt der Stadt Bielefeld für finanzielle Unterstützung.

2. Das Untersuchungsgebiet

2.1. Naturräumliche Gliederung und Geologie

Für die vorliegende Untersuchung wurden aus der 259 qkm umfassenden Gesamtkatasterfläche der Stadt Bielefeld 147 qkm als Untersuchungsgebiet (USG) ausgewählt. Es enthält die Siedlungsschwerpunkte »Alt«-Bielefeld, Brackwede, Heepen, Oldentrup, Hillegossen, Sennestadt, Ummeln, Hoberge/Uerentrup, Babenhausen.

Das USG (Abb. 1 a, b) hat Anteil an drei größeren, geomorphologisch unterschiedlichen Landschaftstypen: Teutoburger Wald (Bielefelder Osning), Herforder Liasmulde nördlich des Teutoburger Waldes sowie Senne südlich des Teutoburger Waldes.

Teutoburger Wald

Das mesozoische in 3 gleichlaufende Kämme gegliederte Gebirge des Teutoburger Waldes (TBW) besteht in seinem bis 320 m hohen Hauptkamm aus dem Osningssandstein der unteren Kreide, während die schmale Schichtrippenlandschaft des um 200 m hohen nördlichen Vorkammes aus den 3 Schichten der triassischen Muschelkalkformation gebildet wird und der 210-240 m hohe, stark in Rücken und Kuppen zergliederte, südliche Vorkamm aus Kalken der oberen Kreide aufgebaut ist. Im Bereich der nördlichen und südlichen Kalkvorberge herrschen basenhaltige Böden vor, deren natürlicher Bewuchs aus Bu-

chenwäldern besteht. Auf der mittleren Sandsteinkette und den Sandeinwehungen in den von Süden eingreifenden Taleinschnitten findet man basenarme Böden. Hier wachsen heute vorwiegend Fichtenwälder (MEISEL, 1959-1962). Die von Löß ausgekleideten Täler werden als Acker- und Grünland genutzt. - Durch den TBW führen etliche Pässe, der im Bereich der Stadt gelegene »Bielefelder Paß« ist der bedeutendste.

Herforder Liasmulde

An den Muschelkalkzug des Teutoburger Waldes schließt sich nach Norden das schmale Osningvorland an, eine in viele Rücken und langgezogene Hügel gegliederte Bergfußfläche mit Höhen um 100-110 m ü. NN. Das im Untergrund anstehende Gestein der Keuperformation bildet gleichsam den Rand einer Mulde, die sich nach Norden anschließt und aus nahezu horizontal gelagerten mergelig bis tonigen Gesteinschichten besteht. Diese Liasmulde ist gekennzeichnet durch weite Ebenen und sanft gerundete Hügel. Über den Keuper- und Liastonen lagern pleistozäne Sande, Geschiebelehme und als oberste Lage eine z. T. mächtige Lößlehmdecke. Dort wo Juratone oder auch Kalke an der Bodenbildung beteiligt sind, entstanden basenreiche, oft zu Staunässe neigende Böden. Die Braunerden der reinen Lößlehme und der unter dünnem Löß anstehenden Geschiebelehme und sandigen Keupergesteine sind basenarm. Diese Bodentypen finden sich mosaikartig verteilt im ganzen Gebiet in unterschiedlicher Flächenausdehnung. Dieser Landschaftsraum wird seit altersher intensiv landwirtschaftlich genutzt. Hinzu kommen heute zahlreiche gewerbliche Siedlungen, die sich kranzförmig um die größeren Ortschaften legen (Industrie-
börde, TOPOGR. ATLAS NRW 1968).

Senne

Im Süden und Südwesten des Teutoburger Waldes hat das Untersuchungsgebiet Anteil an der Senne, einem von eiszeitlichen Schmelzwassersanden geprägten Landschaftsraum. Reste alter Dünen, Trockentäler und Gewässer führende Kastentäler gliedern das weitgehend ebene, vom Bergfuß des Teutoburger Waldes nach Südwesten geneigte Gelände. Der magere und basenarme Sandboden der trockenen Senne trägt Reste ehemals großer Heideflächen, Ackerland und Wald. Neben kleinflächig erhalten gebliebenen Stieleichen-Birkenwäldern herrschen Kiefernbestände vor. Im Südwesten wird die Sandfläche von zahlreichen tonig-lehmigen Geschiebelehminseln der Grundmoräne durchbrochen. Sie tragen entweder Buchenwälder oder werden landwirtschaftlich genutzt. In den durch Staunässe oft feuchten Zwischentälern liegen Wiesen (SERAPHIM 1978).

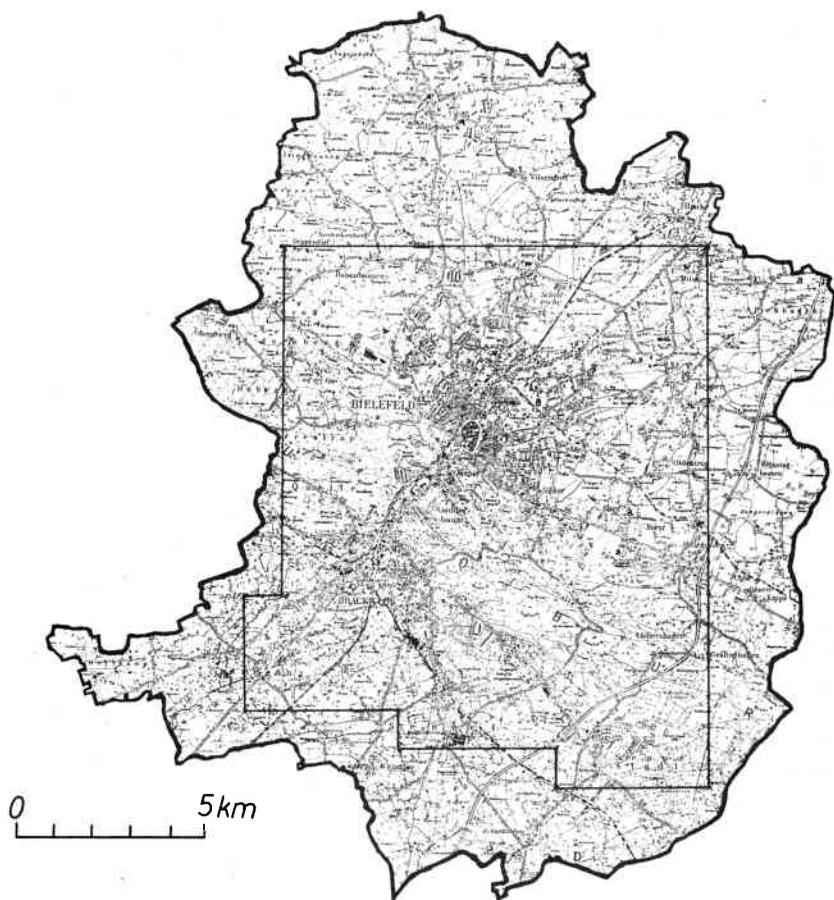
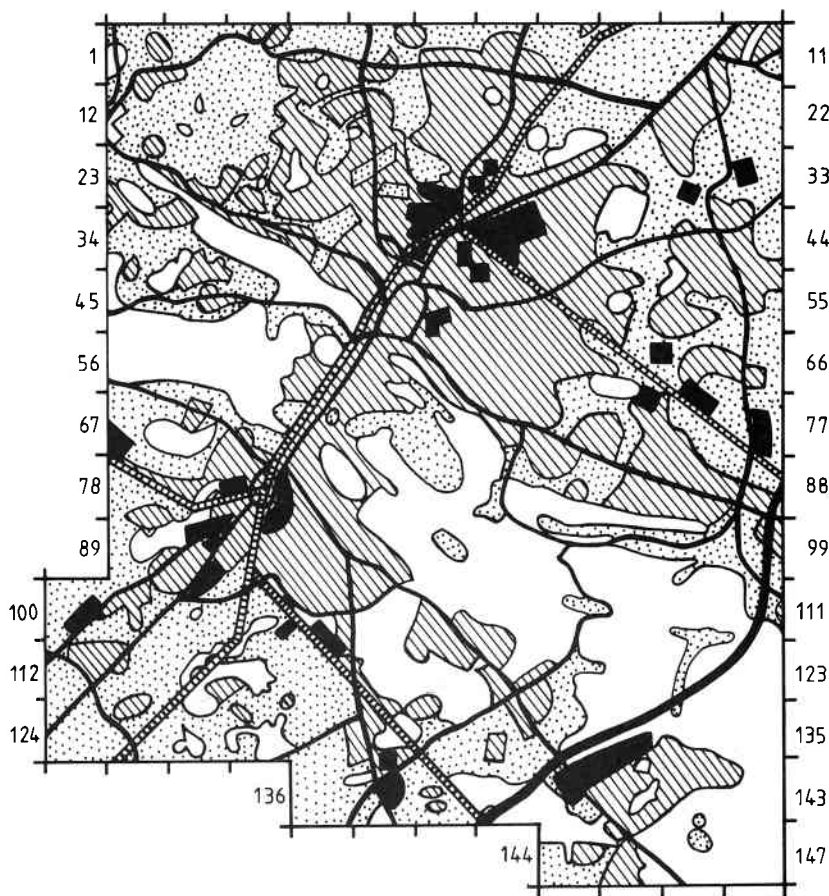


Abbildung 1 a: Das Untersuchungsgebiet

2.2. Das Klima

Das Untersuchungsgebiet liegt im Bereich des atlantischen Tieflandsklimas mit Maxima der Niederschläge im Dezember/Januar und Juli/August, mit relativ kühlen Sommern ($\bar{\varnothing}$: 17°C) und milden Wintern ($\bar{\varnothing}$: $0,4^{\circ}\text{C}$) (SCHIERENBERG 1961). Der Teutoburger Wald staut durch seine Lage quer zur im Untersuchungsgebiet vorherrschenden SW-Windrichtung (Abb. 2) die von Westen her-



0 3 km



Siedlungsflächen



Industrieflächen



Wald, Grünanlagen



Äcker, Grünland



Straßen



Bundesautobahn



Bahnlinsen

N



Abbildung 1 b: Das Untersuchungsgebiet

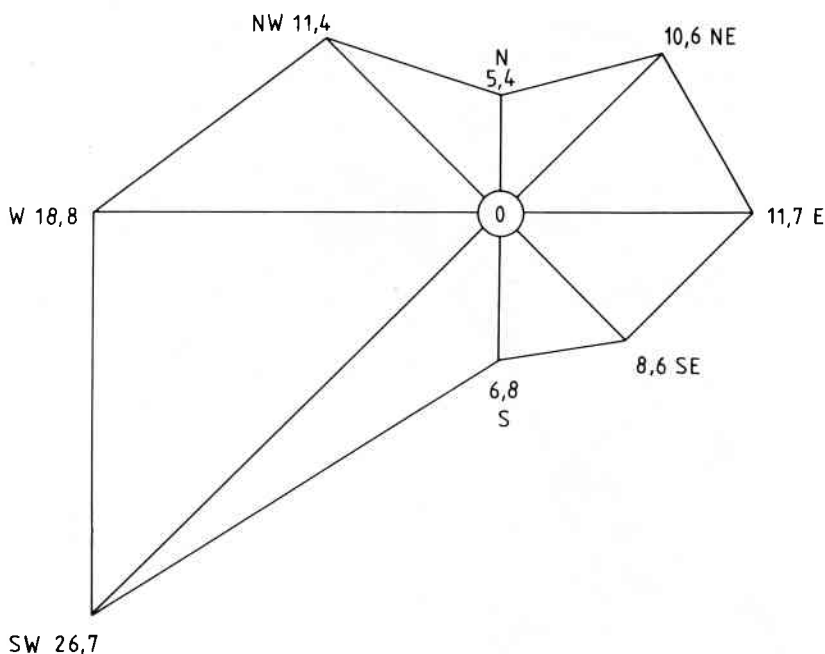


Abbildung 2: Häufigkeit der Windrichtungen im Untersuchungsgebiet, langjähriges Mittel (1955-1980), Angaben in Prozent

aufziehenden feucht-maritimen Luftmassen. Die hohe Zahl an Regentagen (172/Jahr langjähriger Durchschnitt, STAT. JAHRBUCH 1980) sowie die großen Niederschlagsmengen von 840-860 mm im Jahresdurchschnitt (FRÖHLICH 1971, 1973; SCHIERENBERG 1961, STAT. JAHRB. BIELEFELD 1980) werden durch den Steigungsregen an der Südflanke des Teutoburger Waldes, der auch als schmaler Saum über den Kamm hinweg auf die Nordflanke übergreift, verursacht. Im Norden und Osten des USG wird in 5-7 km Entfernung vom TBW allmählich die Regenschattenlage im Lee des Gebirges bemerkbar. Die Niederschläge sinken hier bereits von 800 auf 750 mm ab (FRÖHLICH 1971). Die relative Luftfeuchte ist hoch und wird mit 80% im Jahresdurchschnitt angegeben (LANDSCHAFTSPLAN OST, Wert für Bad Salzuflen). Im Herbst und Februar bilden sich häufig, meist als Folge von Inversionswetterlagen, Nebel aus, verbunden mit geringer Luftbewegung (FRÖHLICH 1973).

2.3. Wirtschaft und Verkehr

Wirtschaft

Der Raum Bielefeld - Gütersloh - Herford bildet den industriellen Schwerpunkt Ostwestfalens mit Bielefeld als einziger Großstadt. Die historischen Industriegebiete der Stadt Bielefeld liegen im Paß sowie im Osten und Norden der City, d. h. im heutigen Kernsiedlungsgebiet. In jüngerer und jüngster Zeit wurde die Industrie zum großen Teil aus dem Stadtkerngebiet verlagert und südlich des Teutoburger Waldes (z. B. Brackwede-Bahnhof), entlang der Südwest-Seite des Osnings und in Oldentrup, im Nordosten der Stadt, angesiedelt.

Aus der Statistik der Bielefelder Industriezweige für 1980 wird deutlich: Neben etlichen Großbetrieben prägen kleinere und mittlere Betriebe das Bild, Schwerindustrie fehlt weitgehend (DÜSTERLOH 1981, STAT. JAHRB. BIELEFELD 1980).

Verkehr

Der Bielefelder Paß ist bestimmendes Element der Verkehrs(netz)struktur. Im Hinblick auf den Weserdurchbruch im Weser-Wiehengebirge liegt seine Bedeutung in der geradlinigen Verbindung der Ballungsräume Ruhrgebiet - Hannover - Berlin. Die Hauptverkehrsstraßen der Stadt laufen sternförmig auf diesen Gebirgsdurchbruch zu und vereinigen sich hier zu einer einzigen Trasse (neue 4spurige Straße z. Z. im Bau). Nur die BAB 2, die das Untersuchungsgebiet im Südosten durchquert, entlastet das städtische Verkehrsnetz vom Fernverkehr. Die Hauptausfallstraßen (z. B. Heeper, Detmolder, Herforder Straße) weisen eine Belastung von 20-30000 PKW-E/16 h auf. Die im Paß verlaufende, von Norden nach Süden mitten durch die Stadt führende Arthur-Ladebeck-Straße erreicht im Innenstadtbereich Spitzenwerte von 40-50000 PKW-E/16 h, stellenweise sogar bis 60000. In den Hauptverkehrszeiten ist die Verkehrssituation in der City daher katastrophal (GENERALVERKEHRSPLAN 1976/77).

3. Untersuchungsmethoden

3.1. Auswahl der Untersuchungsstationen

Für die Geländearbeit wurde das Untersuchungsgebiet in fortlaufend durchnummerierte Quadrate von je 1 km Kantenlänge gegliedert (Abb. 1 b) und im mittleren Bereich dieser Flächen jeweils ein geeigneter Baum (Porophyt) zur Kartierung der auf ihm wachsenden Flechten als »Station« ausgewählt. Zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist eine Standardisierung der Kartierungsflächen notwendig. Bei der Auswahl der Bäume waren daher die in entsprechenden Untersu-

Abbildung 3: Datenkarten für die Geländearbeit

168

Als Untersuchungsfläche (UF) diente die am stärksten von epiphytischen Flechten bewachsene Stammhälfte von der Basis (exklusive Wurzelhals) bis in 2 m Höhe. Auf dieser Fläche wurde in Basisteil (0-50 cm) und in Stammteil (50-200 cm) differenziert. - Da im Untersuchungsgebiet keine Baumart ausreichend gleichmäßig über das Untersuchungsgebiet verteilt vorkommt, wurde auf mehreren Baumarten kartiert: am häufigsten auf der Stiel-Eiche (*Quercus robur*), 1 × Stein-Eiche (*Quercus petraea*), außerdem auf Esche (*Fraxinus excelsior*), Apfel (*Malus domestica*), Spitzahorn (*Acer platanoides*), Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus*), Walnuß (*Juglans regia*), Feld-Ulme (*Ulmus carpinifolia*).

Stand in einem Quadranten von mehreren der o. g. Baumarten jeweils ein geeignetes Exemplar zur Verfügung, erstreckte sich die Kartierung auch auf diese Bäume. Darüber hinaus wurden in allen Quadranten auch die Bäume der Umgebung einer jeden Station in einem Radius von ca. 200 m auf Flechtenvorkommen überprüft. Diese umfangreichen Zusatzbeobachtungen ergaben weitere wertvolle Aufschlüsse über die Flechtenvegetation im Gebiet.

3.2. Untersuchte Parameter zur Charakterisierung von Standort und Flechtenbewuchs

Zur Erfassung der lokalen Standortfaktoren, die eine wesentliche Rolle für Wachstum und Verteilung der Flechtenarten spielen, wurden die nachstehend aufgeführten Parameter berücksichtigt und in Anlehnung an SKYE (1968) bzw. KILIAS (1974) mit Ziffern folgendermaßen codiert und in einer für jeden Stationsbaum angelegten Datenkarte eingetragen (Abb. 3).

Charakterisierung des Stationsbaumes

Stammdurchmesser		Stammumfang (gemessen in Brusthöhe)
1: 30- 40 cm	≡	Umfang 94 bis 125 cm
2: 40- 60 cm	≡	Umfang 126 bis 188 cm
3: 60- 80 cm	≡	Umfang 189 bis 251 cm
4: 80-100 cm	≡	Umfang 252 bis 314 cm
5: > 100 cm	≡	Umfang 315 und mehr cm

Form der Krone

1: ± hoch (≥ 4 m)	2: ± niedrig (< 4 m)
1: ± dicht	2: ± locker
1: ± breit	2: ± gedrängt

Beispiel:
Die Kombination 211 bedeutet: Baum mit niedriger, dichter, breiter Krone

Form des Stammes

a) Wuchsform

o: $\pm$ senkrecht
 1: zwei- oder mehr-
 geteilt
 2: geneigt

b) Stammlänge

4: $< 2,5$ m
 3: $2,5 - 3$ m
 2: $3 - 4$ m
 1: $4 - 5$ m
 o: > 5 m

c) Rindenbeschaffenheit

o: unbeschädigt
 1: leicht beschädigt
 2: mittelschwer besch.
 3: schwer beschädigt

(Neigungswinkel und Neigungsrichtung wurden gegebenenfalls notiert.)

Beispiel:

Die Kombination ooo bedeutet:
 Ein Baum mit senkrechtem, unbeschädigtem Stamm, der höher als 5 m ist.

Standort des Stationsbaums

a) Vorkommen

o: isolierte Bäume (oft Gruppen zu 2 oder 3)
 1: Bäume an Straßen, Alleen, in Grünanlagen, auf Parkplätzen, Bauernhöfen, Obstwiesen, Weiden
 2: Bäume am Rand von Parks, Wäldern, Friedhöfen
 3: Bäume in lichten Parks, Wäldern, Friedhöfen
 4: Bäume in dichten Parks, Wäldern, Friedhöfen

b) Entfernung

zum nächst höheren Hindernis
 (Baum, Hauswand)

9: < 2 m
 8: $2 - 3$ m
 7: $3 - 4$ m
 6: $4 - 5$ m
 5: $5 - 6$ m
 4: $6 - 7$ m
 3: $7 - 8$ m
 2: $8 - 9$ m
 1: $9 - 10$ m
 o: > 10 m

zum nächst niedrigeren Hindernis
 (Busch, Mauer)

9: $< \frac{1}{2}$ m
 8: $\frac{1}{2} - 1$ m
 7: $1 - 2$ m
 6: $2 - 3$ m
 5: $3 - 4$ m
 4: $4 - 5$ m
 3: $5 - 6$ m
 2: $6 - 7$ m
 1: $7 - 8$ m
 o: > 8 m

Ökologische Charakterisierung der Untersuchungsfläche (UF)

Windfaktor

0: fehlend, UF von allen Seiten geschützt
1: abgemildert, UF von einer Seite geschützt
2: UF nach allen Seiten offen

Wasserfaktor

0: UF vorwiegend trocken
1: nur ablaufendes Wasser
2: erhöhte Luftfeuchtigkeit

Lichtfaktor

0: UF schattig
1: UF nicht besonnt, doch hell oder nur kurze Zeit tagsüber besonnt
2: UF hell und besonnt

Bestimmung des Rinden-pH-Wertes

Nach einem Vergleich der von verschiedenen Autoren (z. B. TRÜMPENER 1925/26, COKER 1967, MARTIN & JAQUARD 1968, SKYE 1968, STAXÄNG 1969, GILBERT 1970, GRODZINSKA 1971, LÖTSCHERT & KÖHM 1973, JÜRGING 1975, KUNZE 1976, Thomé 1976) angegebenen Methoden zur Untersuchung des Rinden-pH-Wertes wurde in dieser Untersuchung die bei JÜRGING (1975) beschriebene Methode angewendet: Im Februar 1981 wurde von jedem Stationsbaum je eine Rindenprobe (die obersten 3 mm der Borke, max. 0,5 × 0,5 cm groß) im Basisbereich (Kniehöhe) und im Stammbereich (Brusthöhe) aus der kartierten Stammhälfte entnommen und in Glasröhrchen gefüllt. Das bei 20° C Zimmertemperatur 12 Stunden lang luftgetrocknete und zerkleinerte Rindengut wurde je Probe auf 0,7 g eingewogen, mit 10 ml aqua bidest versetzt und in halbstündigem Abstand kräftig geschüttelt. Nach frühestens 4 Stunden erfolgte die pH-Messung mit einem pH-Meter WTW 56 direkt in der Suspension.

Verteilung, Vitalität und Deckungsgrad der Flechtenvegetation am Stationsbaum

Gesamtdeckung in Prozent

0: 0 % = vegetationsfrei	3: 41-80 % = reichliche Deckung
1: 1-20 % = spärliche Deckung	4: > 80 % = sehr reichliche Deckung
2: 21-40 % = mittlere Deckung	

Wuchshöhe am Baum

Es wird festgestellt, ob die Flechten jeweils am Basisteil (0-50 cm) und/oder am Stammteil (50-200 cm) des Porophyten wachsen (Ankreuzen auf »Aufnahme-karte«).

Vitalität der einzelnen Arten

o: gut entwickelter Thallus
(Normalwuchs)
1: schwach entwickelter Thallus
(reduzierte Größe)
2: verkümmerter Thallus

+ : Flechte »fruchtend«
—: Flechte nicht »fruchtend«

—: Flechte geschädigt
+ : Flechte nicht geschädigt

Beispiel: o+ + bedeutet: Eine Flechte mit gut entwickeltem Thallus, fruchtend und ungeschädigt.

Deckungsgrad der einzelnen Art (in Anlehnung an WILMANN 1962)

1: 5 %	4: 26-50 %
2: 5-10 %	5: > 50 %
3: 11-25 %	

Exposition der einzelnen Art am Stationsbaum

Innerhalb der am stärksten bewachsenen Stammhälfte wurde für jede Art der von ihr bewachsene Expositionsbereich vermerkt. (Falls eine Flechte auf der nicht kartierten Stammhälfte wuchs, wurde ebenso verfahren.)

4. Ergebnisse

In der dargestellten Untersuchung sind insgesamt 142 Bäume kartiert worden; 89 Eichen (88 mal *Quercus robur*, 1 mal *Quercus petraea*), 20 Apfelbäume (*Malus domestica*), 16 Ahorne (11 mal *Acer pseudoplatanus*, 5 mal *Acer platano-ides*), 12 Eschen (*Fraxinus excelsior*), sowie 3 Nußbäume (*Juglans regia*) und 2 Ulmen (*Ulmus carpiniifolia*). Auf den kartierten Flächen wurden 21 epiphytische Flechtenarten gefunden. Aufgrund der intensiven Zusatzbeobachtungen konnten noch 10 weitere epiphytische Flechtenarten festgestellt werden. Da diese Untersuchung auch ein erster Beitrag zur Kenntnis der Flechtenflora im Raum Bielefeld sein soll, wurde zusätzlich mit der Registrierung der epipetrischen Flechtenarten begonnen. Zur Zeit sind hier weitere 9 Arten erfaßt. Damit ergeben sich als vorläufiges Arteninventar im Untersuchungsgebiet 40 Arten.

4.1. Zusammenstellung der gefundenen Flechtenarten und ihre autökologische Charakterisierung

Die im folgenden aufgeführte autökologische Charakterisierung für die einzelnen Flechtenarten stützt sich auf die eigenen Beobachtungen zu Vorkommen, Verbreitung und Vitalität im USG und auf WIRTH (1980). Die eigenen Beobachtungen im USG sind jeweils nach dem Bindestrich - aufgeführt. Die Nomenklatur entspricht denen von POELT (1969) und WIRTH (1980).

Kartierte Flechtenarten

Buellia punctata (HOFFM.) MASSAL.

Recht substratvage Flechte auf saurem (WIRTH: pH 4,1-5,6), $\pm$ eutrophiertem Rindensubstrat; - als ziemlich toxitolerante Krustenflechte recht häufig auf *Acer*, *Malus*, *Salix*, *Populus*, *Fraxinus*, *Juglans* gefunden, hin und wieder auch auf *Quercus*, *Tilia*, *Pirus*

Candelariella xanthostigma (ACH.) LETTAU

Relativ euryöke und toxitolerante Art, bevorzugt mäßig saure (WIRTH: pH 4,1-7,5) und mäßig eutrophierte Laubbaumrinden; - recht häufig im Gebiet, vor allem auf *Malus*, kann dabei lokal sehr stark auftreten

Cladonia chlorophaea (FLOERKE EX. SOMMERF.) SPRENGEL

Häufige, euryöke Art auf kalkarmen bis kalkhaltigen, meist nährstoffarmen, sandigen, mäßig bis ziemlich sauren Böden (pH 4,1-5,6), oft zusammen mit Moosen am Grund von Bäumen; - selten kartiert, bei *Cladonia*-Vorkommen häufig nur Horizontal-Thallus ausgebildet, dann als *Cladonia* spec. bezeichnet

Cladonia coniocraea (FLOERKE) SPRENGEL

Weit verbreiteter Acidophyt mit breiter ökologischer Amplitude, am Grund von Bäumen, auf morschem Holz, über Moosen; - die am häufigsten kartierte *Cladonia*-Art

Hypocenomyce scalaris (ACH.) CHOISY

Toxitolerante, acidophytische und anitrophytische Art (WIRTH: pH bis 4,8), wächst bevorzugt an der Stammbasis, meistens von Nadel-, seltener von Laubbäumen (*Betula*, *Quercus*); - recht häufig auf *Pinus*, viel auf *Betula* und *Quercus*, aber auch auf *Acer*, 1 $\times$ *Malus*, immer jedoch an Basis, oft bis hoch am Stamm hinauf, in der Senne häufiger als im Ravensberger Hügelland

Hypogymnia physodes (L.) NYL.

Relativ toxitolerante und euryöke Flechte, schwerpunktmäßig auf sauren (WIRTH: pH 3,4-5,6) und nährstoffarmen Substraten, lichtliebend; - etliche Funde, Thalli jedoch meist nur klein, teilweise verkümmert, von geringem Deckungsgrad, auf *Malus*, *Quercus*, *Fraxinus*, *Acer*

Lecanora conizaeoides NYL. ex CROMBIE

Sehr toxitoleranter, klimatisch sehr euryöker Acidophyt (pH: unter 3,3 bis 4,8) auf Laub- und Nadelbäumen; - überall im USG vorkommend, manche Eichen auf der »Wetterseite« (W-SW) fast vollständig mit dicker Kruste überzogen, deutlich geringerer Deckungsgrad auf *Malus*

Lecanora hageni (ACH.) ACH.

Auf subneutraler, mineralreicher oder entsprechend eutrophierter staubiger Laubbaumrinde (v. a. auf Allee- und Feldbäumen), bei Bäumen mit eutrophierter, primär saurer Rinde konzentriert an der Basis; - vor allem auf *Acer*, selten auf *Quercus*

Lecanora clarotera NYL.

Sehr euryöke, toxitolerante Art, sowohl an staubigen Feld- und Straßenbäumen wie auch an nicht eutrophierten Waldbäumen, subneutro- bis mäßig acidophytisch (WIRTH: pH 4,9-7,0); - im Gebiet bis jetzt sehr selten gefunden, vor allem an Basis von *Ulmus*

Parmelia exasperatula NYL.

Euryöke Art, vor allem auf Bäumen mit relativ nährstoffreichem Substrat, starke Eutrophierung tolerierend, sehr lichtliebend; - bisher nur zweimal kartiert (evtl. teilweise im Verband mit *P. glabratula* übersehen), auf *Malus* und *Juglans*

Parmelia glabratula (LAMY) NYL. var. *fuliginosa* (Fr. ex. DUBY) GRUMM.

Ziemlich euryöke Flechte, meist an recht lichtreichen Standorten (z. B. freistehende Bäume), auf mäßig bis sehr saurem (WIRTH: pH 3,4-5,6), nährstoffarmem bis nährstoffreichem Substrat; - vereinzelt auf *Malus*, *Salix* und vor allem auf *Juglans*, dann oft größere Flächen deckend, bevorzugt Neigungsflächen, in *Tallagen oder in Gewässernähe

Parmelia saxatilis (L.) ACH.

Feuchtigkeitsliebender Acidophyt (WIRTH: pH 3,4-4,8), meidet stärkere Eutrophierung; - im USG recht oft auf *Salix*, hier ist *P. saxatilis* häufiger vertreten als *P. sulcata*, weniger auf *Malus*

Parmelia sulcata TAYLOR

Bei breiter Öko-Amplitude Schwerpunkt des Vorkommens an ziemlich lichtreichen, nährstoffreichen, mäßig sauren bis subneutralen Substraten (WIRTH: pH 4,8-7,0); - häufiger auf *Malus* sowie auch auf *Salix* und *Juglans* gefunden

Parmeliopsis ambigua (WULFEN) NYL.

Nach WIRTH eine gegen SO₂-Belastung resistente, acidophytische Art (WIRTH: pH 3,4-5,6), Anitrophyt; - in ehemaliger verwilderter Obstplantage am Nordhang des TBW (245 m über NN.), dort auf *Malus* häufig, jedoch bislang nur von diesem Fundort bekannt

Pertusaria spec.

Am Mittelstamm von *Quercus* in SW-Exposition zweimal kartiert, Lager sehr klein, daher nur bis zur Gattung bestimmbar

Physcia ascendens (Fr.) H. OLIVIER

Ziemlich toxitolerant, lichtliebend, auf recht nährstoffreichen und eutrophierten Standorten (WIRTH: pH 4,9-8,5); - im Gebiet selten, fast nur an Alleebäumen (*Acer*)

Physcia orbicularis (NECKER) POETSCH

Eine der toxitolerantesten Blattflechten, zudem sehr euryök, lichtliebend und starke Eutrophierung tolerierend (WIRTH: pH 4,9-8,5); - im USG als Epiphyt sehr selten am Stammgrund, als epipetrische Art häufig auf Beton, Zement, Mörtel

Physcia tenella (Scop.) DC

Gegenüber *Physcia ascendens*, die ähnliche Ökologie und Soziologie aufweist, Schwerpunkt an saureren und weniger eutrophierten Standorten; - im USG häufig kartiert, vor allem auf *Malus*, auch auf *Ulmus*, *Acer*, *Populus*, *Salix*, *Aesculus*, *Juglans*, *Prunus* (selten), *Sambucus* (selten), einmal auf *Quercus*.

Platismatia glauca (L.) CULB & CULB

Auf saurer Rinde von Laub- und Nadelbäumen, ähnlich *Parmelia saxatilis*, in niederen und trockenen Lagen selten; - im Gebiet 4 Vorkommen bekannt, Thalli klein, geringer Deckungsgrad, auf *Malus*, einmal auf *Pirus*

Xanthoria candelaria (L.) Th. Fr.

Auf stickstoffreichen und eutrophierten Substraten (WIRTH: pH (4,1-) 4,9-7,0 (7,5)), lichtliebend; - nicht sehr häufig im Gebiet, Thalli meist klein und verstreut am Stamm, nur einmal auf *Tilia platyphyllos* Scop. in vielen groschengroßen, polstrigen Lagern (Meyer zu Selhausen)

Lepraria incana (L.) Ach.

Toxitoleranter, anitrophytischer Acidophyt; - fast an jedem Baum zu finden, wächst bevorzugt in den Rindenvertiefungen der Ostseiten der Bäume

Zusätzlich beobachtete epiphytische und epipetrische Arten

Epiphytische Arten

Candelariella aurella (Hoffm.) Zahlbr. var. *aurella*

Trockenheits- und lichtliebender Basidophyt (pH > 7); - als Epiphyt selten und dann hauptsächlich auf Straßenbäumen (*Acer*, *Tilia*)

Candelariella vitellina (Hoffm.) Müll. Arg.

Gewöhnlich Gesteinsbewohner (Silikat), seltener am Basisteil von Laubbaumstämmen, besonders an gedüngten Stellen, an sehr lichtreichen Standorten, xe-

rophytischer Acidophyt; - im USG bis jetzt nur zweimal gefunden, je einmal auf *Fraxinus* und *Tilia*, immer an schräger, südexponierter Stammbasis in unmittelbarer Nähe von Viehställen

Cladonia fimbriata (L.) Fr.

Bewohner saurer, relativ nährstoffarmer, sandiger Böden wie Böschungen, Wegränder, Magerrasen, auch auf morschem Holz und an Stammbasis der Bäume (WIRTH: pH (3,1-) 4,1-7,0), oft mit *Cl. chlorophaea* und *Cl. coniocraea* vergesellschaftet; - im USG häufiger kartiert, vor allem auf *Salix*

Evernia prunastri (L.) Ach.

Acidophyt mit relativ breiter ökologischer Amplitude, anitro- bis mäßig nitrophytisch (WIRTH: pH 3,4-5,6); - im Gebiet 2 dürftige Vorkommen bei nahezu identischen Umweltbedingungen: auf *Salix* an einem Teich nach SW zum Wasser hin exponiert, nördlicher Bergfuß des TBW, Siedlungsrandgebiet

Lecanora muralis (SCHREIBER) RABENH.

Euryöke und sehr toxitolerante Flechte, an lichtreichen schrägen horizontalen Flächen, als subneutro- bis basiphytische sowie nitrophytische Art (WIRTH: pH 5,7 - > 7) auf kalkhaltigen, staubimprägnierten oder gedüngten Substraten; - als Epiphyt selten im Gebiet, auf Wurzelhals oder Stammbasis von *Quercus* und *Ulmus*

Parmelia acetabulum (NECKER) DUBY

Auf mäßig saurer bis subneutraler, meist rissiger Rinde (WIRTH: pH 4,9-7,0), meist freistehender Laubbäume, nährstoffreiches Substrat bevorzugend und gewissen Eutrophierungsgrad ertragend; - im Gebiet selten (4 Funde), je einmal auf *Quercus*, *Fraxinus*, zweimal auf altem *Juglans* (hier einmal fruchtend)

Parmelia tiliacea (HOFFM.) Ach.

Bevorzugt an ziemlich nährstoffreichen Rinden wachsend, photophytisch; - ein einziges Vorkommen bekannt: auf einzeln stehender *Tilia platyphyllos*, leicht schräg, beschnittene Krone, auf Bauernhof in einem Längstal des TBW

Pertusaria albescens (HUDSON) COISY & WERNER [var. *corallina* (ZÄHLBR.) LAUNDON]

Wird als mäßig acidophytische bis neutrophytische Art auf rissiger eutrophierter Laubbaumborke beschrieben (WIRTH: pH 4,9-7,0); - bislang erst ein Fund bekannt, großes Lager auf altem *Juglans* mit tief zerklüfteter Borke

Physcia caesia (HOFFM.) FÜRNROHR

An ziemlich eutrophierten, lichtreichen, auch meist stickstoffreichen Substraten, subneutro- bis basiphytisch (WIRTH: 4,9- > 7); - als Epiphyt relativ selten, an jungen Straßenbäumen (*Acer*), bevorzugt im Bereich von Stammverletzungen

Xanthoria parietina (L.) TH. FR.

Ziemlich toxitolerante, lichtliebende Art auf subneutraler (WIRTH: pH 5,7-8,5), relativ nährstoffreicher Rinde; - als Epiphyt recht selten, auf Alleebäumen (*Acer*) unter Einfluß von Staub, Wundflüssen, einmal auf Wurzelhals von *Tilia*, neben Viehweide

Mit den hier für das USG vorgestellten 31 epiphytischen Flechtenarten dürfte das Artenspektrum bei den epiphytischen Blattflechten weitestgehend abgedeckt sein. Es wird jedoch angenommen, daß im USG noch einige epiphytische Krustenflechten-Arten zu finden sein werden.

Epipetrische Arten

Da sich die Untersuchung schwerpunktmäßig mit epiphytischen Flechten beschäftigt, werden die gesteinsbewohnenden Arten nur namentlich - ohne autoökologische Daten - aufgeführt.

Aspicilia contorta (HOFFM.) KREMPELH.

Caloplaca decipiens (ARNOLD) BLOMB. & FORSS.

Candelariella aurella (HOFFM.) ZAHLBR. var. *aurella*

Collema crispum (HUDSON) WIGG.

Lecanora muralis (SCHREBER) RABENH.

Lecidella stigmathea (ACH.) HERTEL & LEUCK

Physcia ascendens (FR.) H. OLIVIER

Physcia caesia (HOFFM.) FÜRNROHR

Physcia orbicularis (NECKER) POETSCH

Physconia grisea (LAM.) POELT

Placynthium nigrum (HUDSON) GRAY

Protoblastenia rupestris (SCOP.) STEINER

Peltigera spec. (infertil)

Xanthoria parietina (L.) TH. FR.

Xanthoria aureola auct. (non (ACH.) ERICHSEN

Die Auflistung der bis jetzt identifizierten epipetrischen Flechtenarten stellt erst einen kleinen Ausschnitt des vermutlich recht großen Artenreichtums dar. Hier sind weitere Untersuchungen geplant.

4.2. Die Verteilung der Flechtenarten im Untersuchungsgebiet

Auf 94 der 142 kartierten Bäume (66 %) findet sich neben *Lepraria incana* *Lecanora conizaeoides* als einziger Epiphyt. Die restlichen 19 kartierten epiphytischen Flechtenarten verteilen sich auf die übrigen 48 Bäume, anders ausgedrückt: 90 % der Arten verteilen sich auf 1/3 der Porophyten, wobei noch zwischen den einzelnen Baumarten zu differenzieren ist (s. S. 182).

Die mit Abstand am häufigsten kartierten Arten sind: *Hypogymnia physodes* (17 ×), *Hypocenomyce scalaris* (17 ×), *Physcia tenella* (17 ×), *Buellia punctata* (16 ×), *Cladonia coniocraea* (12 ×) und *Cladonia* spec. Es folgen *Candelariella xanthostigma* (7 ×) und die deutlich selteneren Arten *Lecanora hageni*, *Parmelia sulcata*, *Parmelia saxatilis* mit 4(-5?) Funden und *Parmelia exasperatula* mit 3 Funden. Zu den sehr selten kartierten (gefundenen) Flechten gehören *Pertusaria* spec., *Physcia orbicularis*, *Xanthoria candelaria*, sowie *Lecanora chlorotera*, *Lecanora muralis*, *Parmelia glabratula*, *Platismatia glauca* und *Parmeliopsis ambigua*.

Die Verteilung der sechs häufigsten Flechtenarten

Die Verteilung der 6 häufigsten Flechtenarten im Untersuchungsgebiet ist in Verteilungskarten (Abb. 4 a-f) dargestellt.

Hypogymnia physodes

Der Deckungsgrad von *Hypogymnia* ist, bis auf wenige Ausnahmen, durchweg spärlich bis äußerst gering. Die Thalli bleiben zwar klein, doch meist ohne erkennbare Schädigungen (Ausnahme Q 128, knolliger Wuchs). Bevorzugt besiedelt wird der Mittelstamm in N- bis W-Exposition. 7 Vorkommen von *Hypogymnia* bei 89 kartierten Eichen und 6 Vorkommen bei 20 Apfelbäumen zeigen deutlich, daß *Malus* das günstigere Substrat ist.

Das Verbreitungsmuster dieser Blattoflechte ist eigentümlich. Auf *Malus* und *Fraxinus* tritt sie besonders häufig im Bereich des südlichen Teils des TBW auf, vorzugsweise am Nordhang. Auf *Quercus* beschränkt sie sich ausschließlich auf den südöstlichen Teil der Senne. Nördlich des TBW ist bis jetzt nur ein einziges Vorkommen von *Hypogymnia* auf *Quercus* bekannt (Q 2), auf *Malus* tritt sie erst wieder in den höchstens locker verbauten äußeren Randgebieten auf.

Hypocenomyce scalaris

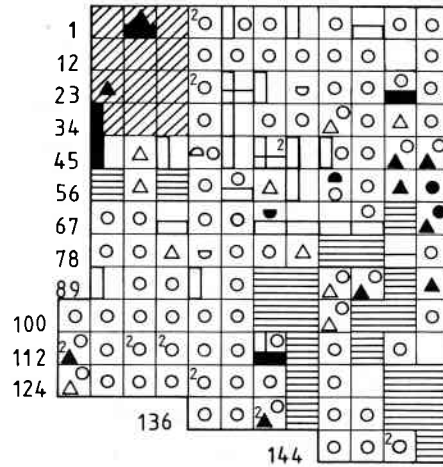
Hypocenomyce zeigt hinsichtlich der Wahl des Substrates eine Präferenz für *Quercus robur* (14 Funde), bei je zwei Vorkommen auf *Fraxinus* und *Acer platanoides*, hinsichtlich der räumlichen Verteilung eine nahezu ausschließliche Beschränkung auf die Senne südlich des TBW. Bei deutlicher Bevorzugung der Stammbasis, greift die Besiedlung durch *Hypocenomyce* oft hoch am Stamm hinauf, nicht selten bis 1,7 m, und kann dabei recht hohe Deckungsgrade erreichen. Als lichtliebende Flechte besiedelt sie hauptsächlich die west- bis südexponierten Stammseiten, doch kann sie auch in W-N-E-Expositionen existieren (hauptsächlich an Waldrändern).

Physcia tenella

Bis auf *Quercus* und *Fraxinus* wird jedes der kartierten Substrate besiedelt, bei Bevorzugung von *Malus domestica*. Aussagen zu ihrem Verbreitungsmuster

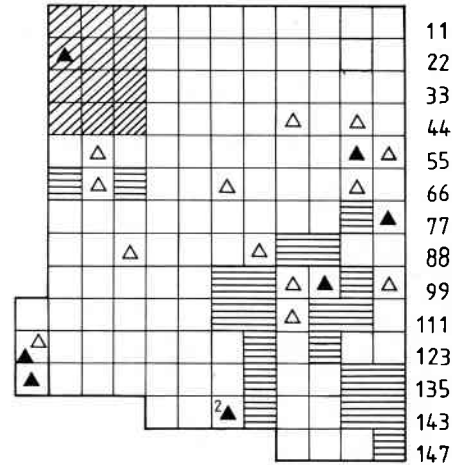
Abbildung 4: Verteilung der 6 häufigsten Flechtenarten über das Untersuchungsgebiet
a) *Buellia punctata* (Hoffm.) Massal.
b) *Candelariella xanthostigma* (Ach.) Lettau

Buellia punctata (Hoffm.) Massal.



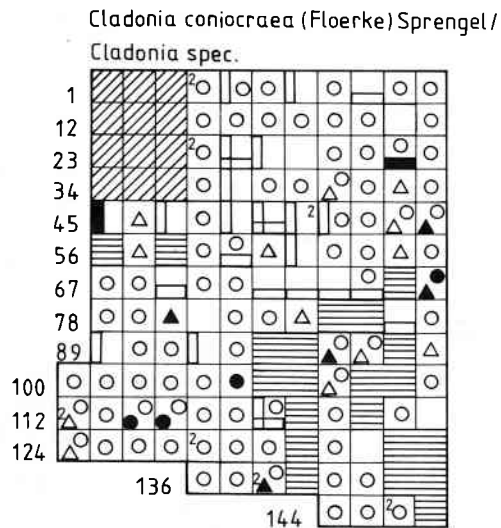
Flechtenart	vorhanden / nicht vorhanden	
<i>Quercus robur</i>	●	○
<i>Malus domestica</i>	▲	△
<i>Acer platanoides / pseudoplatanus</i>	■	□
<i>Fraxinus excelsior</i>	■	□

Candelariella xanthostigma (Ach.) Lettau



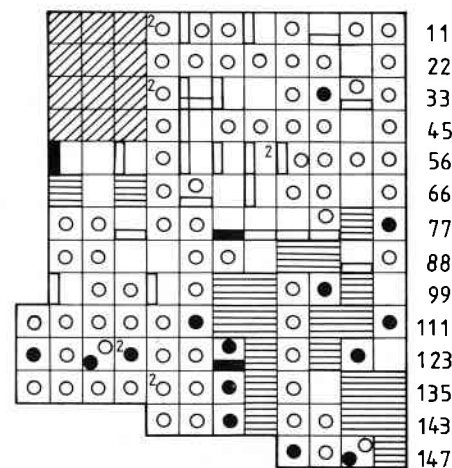
Flechtenart	vorhanden / nicht vorhanden	
<i>Juglans regia</i>	●	○
<i>Ulmus carpinifolia</i>	●	○
Kein Stationsbaum	■	□
Gebiet der Vor- untersuchung	■	□

Abbildung 4: Verteilung der 6 häufigsten Flechtenarten über das Untersuchungsgebiet
 c) *Cladonia coniocraea* (Floerke) Sprengel / (*Cladonia spec.*)
 d) *Hypocenomyce scalaris* (Ach.) Choisy



Flechtenart	vorhanden / nicht vorhanden	
<i>Quercus robur</i>	●	○
<i>Malus domestica</i>	▲	△
<i>Acer platanoides</i> / <i>pseudoplatanus</i>	■	□
<i>Fraxinus excelsior</i>	■	□

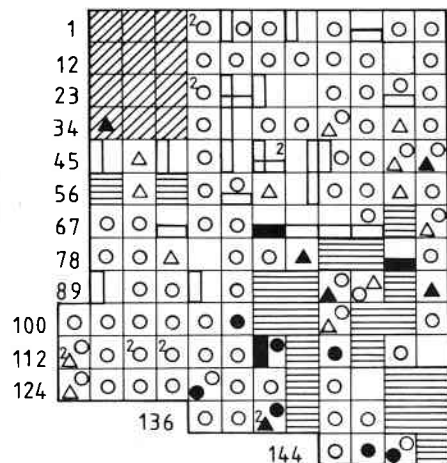
Hypocenomyce scalaris (Ach.) Choisy



Kein Stationsbaum	▨
Gebiet der Vorunter- suchung	▩

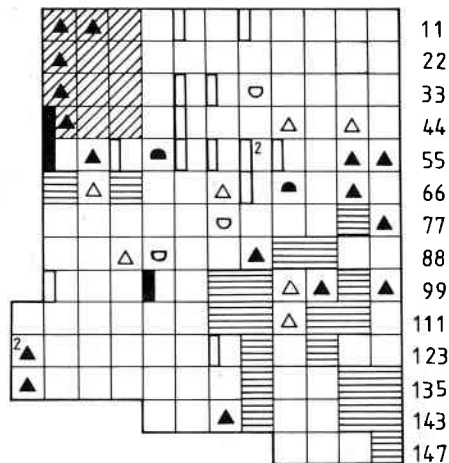
Abbildung 4:
Verteilung der 6 häufigsten Flechtenarten über das Untersuchungsgebiet
e) *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.
f) *Physcia tenella* (Scop.) DC

Hypogymnia physodes (L.) Nyl.



Flechtenart	vorhanden / nicht vorhanden	
<i>Quercus robur</i>	●	○
<i>Malus domestica</i>	▲	△
<i>Acer platanoides</i> / <i>pseudoplatanus</i>	■	□
<i>Fraxinus excelsior</i>	■	□

Physcia tenella (Scop.) DC



Flechtenart	vorhanden / nicht vorhanden	
<i>Juglans regia</i>	●	○
<i>Ulmus carpinifolia</i>	●	○
Kein Stationsbaum	■	□
Gebiet der Vor - untersuchung	■	□

können wegen der heterogenen Substratbesiedlung und des lückenhaften Vorkommens der betreffenden Baumarten nur unter Vorbehalt gemacht werden. *Physcia tenella* wurde häufig im landwirtschaftlich genutzten Nordwesten des USG gefunden, sowie im Osten um Heepen - Oldentrup - Hillegossen, wo sie durchweg sehr hohe Deckungswerte erreicht. Auf *Ulmus* dringt sie am weitesten gegen die Stadt Bielefeld vor.

Buellia punctata

Buellia verhält sich im USG sehr substratvag, indem sie sämtliche kartierte Baumarten besiedelt (s. auch Kap. 4.1.). *Malus domestica* ist bevorzugtes Substrat. Die Krustenflechte kommt hauptsächlich in den westlichen, südlichen und vor allem östlichen, nur locker verbauten und landwirtschaftlich genutzten Randgebieten vor, sowie im Bereich des TBW. *Buellia* dominiert meistens gegenüber den anderen Flechtenarten und erreicht z. T. Deckungsgrade von über 50 %, besonders im Bereich von Regenwasserabläufen am Stamm. Sie besiedelt als Photophyt bevorzugt S-SW- bzw. S-SE-Expositionen.

Auf *Quercus* ist die Flechte ein seltener Epiphyt, und es gibt nur zwei Vorkommen im äußersten Osten des USG, der bereits durch seine bevorzugte Besiedlung durch mehrere Flechtenarten auffiel.

Cladonia coniocraea, *Cladonia* spec.

Kommt hauptsächlich im Osten und südlich des TBW vor. Auf *Quercus* beschränkt sich die Art auf die Basis bei spärlichstem Deckungsgrad, während sie auf *Malus* meist zusammen mit *Hypogymnia physodes* auftritt und dann auch im Stammbereich zu finden ist.

Candelariella xanthostigma

Die Art beschränkt sich mit *Malus domestica* auf ein einziges Substrat. *Candelariella* kommt bevorzugt in den nordwestlichen, östlichen und südlichen Randgebieten des USG vor.

Insgesamt scheint bei den hier genannten Flechtenarten folgende Tendenz zur Besiedlung der untersuchten Porophyten zu bestehen: Bevorzugung der südlich des Teutoburger Waldes gelegenen Gebiete, der gebirgsnahen Teile des Untersuchungsgebietes, sowie der ländlichen Randpartien, besonders im Osten.

Die Verteilung der Flechten auf den untersuchten Baumarten

Neben einer Übersicht über die Verteilung der kartierten Arten im USG gibt auch eine Zuordnung der gefundenen Flechtenarten zu den Substraten einen Aufschluß zur Verbreitungsökologie der Flechten.

Prozentintervall	Code	Anzahl der Bäume (N = 89)
< 5 %	1	1
5 - 10 %	2	5
11 - 25 %	3	13
26 - 50 %	4	30
> 50 %	5	40

Tabelle 1: Deckungsgrad von *Lecanora conizaeoides* auf *Quercus robur*
Flechten auf *Quercus robur*

Auf 89 untersuchten Eichen konnten insgesamt 9 Flechtenarten - incl. *Lepraria incana* - festgestellt werden (Tab. 2). Die durchschnittliche Artenzahl beträgt 2,3. 79 % der untersuchten Eichen tragen - neben *Lepraria incana* - ausschließlich *Lecanora conizaeoides*. Die Deckungsgrade für *Lecanora conizaeoides* (Tab. 1) zeigen, daß diese Krustenflechte im USG recht üppig gedeiht.

Flechten auf *Malus domestica*

Auf den 20 untersuchten Apfelbäumen konnten 15 verschiedene Flechtenarten kartiert werden (Tab. 3). *Malus domestica* erwies sich damit als das artenreichste Substrat. Die Artenzahl pro Stationsbaum schwankt zwischen 1 und 8 Arten, sie liegt im Durchschnitt bei 3 bis 4 Arten. Allerdings ist in ¼ aller Fälle der Gesamtdeckungsgrad des Flechtenbewuchses nur als spärlich zu bezeichnen ($\cong$ 1-20 % Deckung), obwohl die in diese Kategorie fallenden Stationsbäume durchaus bis zu 6 verschiedene Flechtenarten tragen können.

Flechten auf *Acer platanoides*, *Acer pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior*, *Ulmus carpinifolia* und *Juglans regia*

Auf diesen Baumarten konnten - ohne *Lepraria incana* - 13 Flechtenarten gefunden werden (Tab. 4). Nur *Lecanora chlarotera* auf *Ulmus* tritt als neue Art auf. Bei allen oben aufgezählten Baumarten überwiegen diejenigen Exemplare, die *Lecanora conizaeoides* als einzigen Epiphyten tragen. Nur 9 dieser 31 Porphyten tragen zusätzlich bis zu 5 weitere Flechtenarten.

4.3. Flechtensoziologische Aspekte.

Da die Datenerhebung an den Stationsbäumen sehr detailliert durchgeführt wurde, kann die Flechtenvegetation im USG auch unter Berücksichtigung pflanzensoziologischer Gesichtspunkte etwas näher beschrieben und das im USG inzwischen erreichte Verarmungsstadium der Flechtenflora deutlich gemacht werden.

Tabelle 2: Flechten auf *Quercus robur* - ökologische Daten und Artenkombination
 pH - B: pH-Wert Basis, pH - St: pH-Wert Stamm; Angaben zur Wuchshöhe: B: Basis, S: Stamm; Zahlen neben den Flechtenarten: Deckungsgrad der Art; *: in Spuren vorhanden
 (1-2 winzige Lager oder Thallusteste); a: ohne *Leparia incana*; b: Baum zum Zeitpunkt der Messungen gefällt

Quadrant	31	66	77	97	105	111	112	114	115	115	118	120	122	128	128	130	138	144	145	146
<i>Lecanora conizaecoides</i>	B+S 5	B+S 3	B+S 4	B+S 5	B+S 2	B+S 5	B+S 5	B+S 2	B+S 3	B+S 4	B+S 5	B+S 5	B+S 4	B+S 5	B+S 5	B+S 5	B+S 3	B+S 3	B+S 4	B+S 5
<i>Hypocenomyce scalaris</i>	B+S 3	-	S 1	B+S 2	B+S 2	B 1	B 1	B+S 3	B+S 3	B+S 2	-	-	B+S 2	-	-	B+S 2	B+S* 3	B+S 3	-	B+S 2
<i>Hypogymnia physodes</i>	-	-	-	-	S 1	-	-	-	-	-	B+S 1	B+S* 1	-	-	S 1	-	B+S 2	-	B+S 2	B+S 1
<i>Cladonia coniocraea/ Cladonia spec.</i>	-	-	B 1	-	B 1	-	-	B 1	-	B 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lecanora hageni</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B 1	B 1	-	-	-	-	-
<i>Pertusaria spec.</i>	-	-	B+S 1	-	-	-	-	-	-	B+S 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Buellia punctata</i>	-	B+S 3	B+S 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lecanora muralis</i>	-	-	B 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamtdeckg.	3	2	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	2	4	4	3	3	2	2	4
Artenzahl ^a	2	2	6	2	4	2	2	3	2	4	2	2	2	2	3	2	3	2	2	3
pH-B pH-St	3,2 2,9	3,4 3,8	4,3 3,9	3,6 3,5	4,3 4,3	3,8 3,4	3,7 3,6	3,7 3,7	3,2 3,4	3,8 3,4	3,6 3,4	3,8 3,8	b	4,6 3,8	6,9 3,6	4,0 3,5	3,4 3,4	3,9 3,9	4,0 3,9	3,7 3,4

Tabelle 3: Flechten auf *Malus domestica* - ökologische Daten und Artenkombination
 pH - B: pH-Wert Basis, pH - St: pH-Wert Stamm; Angaben zur Wuchshöhe: B: Basis, S: Stamm; Zahlen neben den Flechtenarten: Deckungsgrad der Art, *: in Spuren vorhanden
 (1-2 winzige Lager oder Thallustreste); a: ohne *Leparia incana*; X: zusammen mit *Parmelia glabrata* (s. dort)

Quadrant	41	43	46	54	55	57	61	65	77	80	84	96	97	99	108	112	112	124	138	138
<i>Lecanora conizaeoides</i>	B+S 2	B+S 2	B+S 2	B+S 1	B+S 2	B+S 1	B+S 1	B+S 2	B+S 2	B+S 1	B+S 3	B+S 1	B+S 2	B+S 3	B+S 2	B+S 1	B+S 2	B+S 2	B+S 4	B+S 1
<i>Phycia tenella</i>	-	-	B+S 2	S 2	B+S 1	-	-	B+S 4	B+S 2	-	B* 1	-	B+S 1	B 2	-	B+S 1	B+S 1	B 2	B*+S* 1	-
<i>Buellia punctata</i>	-	-	-	B+S 1	B+S 2	-	-	B+S 2	B+S 2	-	-	-	B 1	B 2	-	B 1	B+S 2	-	B 2	B 1
<i>Candelariella xanthostigma</i>	-	-	-	S 2	-	-	-	-	S 1	-	-	-	B 1	-	-	-	B+S 1	B 1	B 1	B+S 1
<i>Hypogymnia physodes</i>	-	-	-	-	B+S 1	-	-	-	-	-	B+S 1	B+S 1	-	B+S 1	-	-	-	-	B 1	B 1
<i>Cladonia coniocraea</i> / <i>Cladonia spec.</i>	-	-	-	-	S 1	-	-	-	B+S 1	B 1	-	B+S 1	-	-	-	-	-	-	B+S 2	B+S 2
<i>Parmelia saxatilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	S 2	-	-	-	-	B+S 2	B+S 1	-	-	-	-	B+S 2
<i>Parmelia sulcata</i>	-	-	-	-	-	-	-	S* 1	B+S 2	-	-	-	-	-	-	-	-	B+S 1	-	-
<i>Parmelia exaspiratula</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B+S 2	X	-	-	-	-	-	-
<i>Parmelia glabrata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B+S 2	-	-	-	-	-	-
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B+S 1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Platismatia glauca</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	S 1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Phycia orbicularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	B 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Xanthoria candelaria</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	B 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamtdeckg.	1	1	1	1	1	1	1	3	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	3	2
Artenzahl ^a	1	1	2	4	5	1	1	5	8	2	3	6	5	7	2	3	4	4	6	6
pH-B	6	4,6	5,1	5,1	4,2	4,2	4,6	4,7	5,2	4,4	4,8	4,4	4,6	5,1	4,4	4,8	4,4	3,9	5,2	5,0
pH-St	5,4	4,5	5,2	4,6	4,2	4,0	4,7	5,6	4,6	3,8	4,4	4,2	5,2	4,7	4,2	4,0	4,6	4,0	4,4	5,4

Quadrant	Apl.	Aps.			Fr.				Ju.	U.	
	89	45	92	118	32	72	87	118	72	48	63
Lecanora conizaeoides	S 3	B+S 3	B+S 5	B+S 3	B+S 5	B+S 4	B+S 2	B+S 2	B+S 4	B+S 3	B+S 2
Physcia tenella	-	B 2	B 1	-	-	-	-	-	B+S 2	B+S 2	B 1
Buellia punctata	-	B+S 2	-	-	B+S 1	-	-	B 1	B 2	-	B+S 2
Hypocenomyce scalaris	-	B 1	-	B+S 4	-	B+S 2	-	B+S 4	-	-	-
Hypogymnia physodes	-	-	-	B+S 2	-	B+S 2	S 1	-	-	-	-
Cladonia coniocraea / Cladonia spec.	-	B 1	-	-	B 1	-	-	-	-	-	-
Lecanora hageni	B 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lecanora chlorotera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B ₁	-
Lecanora muralis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	S 1	-
Parmelia sulcata	-	-	-	-	-	-	-	-	B+S 1	-	B+S 1
Parmelia exasperatula	-	-	-	-	-	-	-	-	B+S 1	-	-
Physcia orbicularis	B 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Xanthoria candelaria	-	B 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamtdeckg.	2	3	3	4	3	3	1	3	3	2	1
Artenzahl ^a	3	6	2	3	3	3	2	3	5	4	4
pH-B	7,1	4,9	3,4	4,0	4,0	4,3	4,2	4,1	4,2	6,0	4,7
pH-St	4,3	4,0	3,9	4,1	3,8	4,2	4,2	3,8	4,6	4,3	4,6

Tabelle 4: Flechten auf *Acer platanoides* (Apl.), *Acer pseudoplatanus* (Aps.), *Fraxinus excelsior* (Fr.), *Juglans regia* (Ju.) und *Ulmus carpinifolia* (U.) - ökologische Daten und Artenkombination

pH - B: pH-Wert Basis, pH - St: pH-Wert Stamm, Angaben zur Wuchshöhe: B: Basis, S: Stamm, Zahlen neben den Flechtenarten: Deckungsgrad der Art, *: in Spuren vorhanden (1-2 winzige Lager oder Thallusreste), a: ohne *Lepraria incana*

Die Beschreibung und Zuordnung der Flechten zu Verbänden bzw. Gesellschaften folgt neben WILMANN'S (1962) der von BARKMANN (1958), die Nomenklatur folgt der von WIRTH (1980).

Lecanorion variae BARKM. (nom. mut.)

Die zu diesem Verband gehörenden Flechtengemeinschaften werden aus Krustenflechtenarten gebildet. Sie sind u. a. durchweg toxisch und stark acidophytisch und besiedeln sowohl totes Holz als auch die Rinde lebender Bäume.

Lecanoretum conizaeoides BARKM. (nom. mut.)

Diese Assoziation, mit dem bei einer weiten Ökoamplitude überaus aero-xero- und toxisch-toleranten Acidophyten *Lecanora conizaeoides* als Hauptcharakterart, findet sich im USG auf allen 142 kartierten Bäumen. In 94 Fällen ist sie die einzige vorhandene Flechtengemeinschaft (66 %, ohne Berücksichtigung der *Lepraria*). Vor allem auf *Quercus robur* hat sich das *Lecanoretum* unter den herrschenden Umweltbedingungen (s. Kap. 4.4.) nahezu konkurrenzlos und üppig ausbreiten können (s. Tab. 2). Einzig *Malus domestica* hebt sich von den anderen kartierten Baumarten durch die erheblich geringeren Deckungswerte von *Lecanora conizaeoides* ab. Ein größerer Konkurrenzdruck durch auf diesem Substrat noch verhältnismäßig häufig auftretende weitere Flechtenarten, zusammen mit einem etwas höheren pH-Wert (s. Kap. 4.4.), sowie eine andersartig strukturierte Rinde (schuppig) könnten die Ursachen sein.

Lecideetum scalaris HIL. 25

Die Assoziation enthält als einzige Charakterart *Hypocenomyce scalaris*. Hin und wieder stellen sich als begleitende Arten *Cladonia coniocraea* an der Basis sowie *Hypogymnia physodes* am Mittelstamm bei meist eingeschränkter Vitalität ein (vgl. auch Kap. 4.2.).

Parmelion saxatilis BARK. 58

Die zum *Parmelion saxatilis* (euryhygrisch) und damit zur Ordnung der *Hypogymnietalia physodo-tubulosae* BARKM. 58 gehörenden Flechtenvereine sind streng nitro- und toxiphob sowie photo- und acidophil.

Nur in Station Q 96, einer vorwiegend aus *Malus domestica* bestehenden, seit langem aufgelassenen Obstbaumwiese, findet sich eine Flechtengemeinschaft, die als ein für das USG recht artenreiches *Pseudevernetum furfuraceae* HIL. 25 angesprochen werden kann. Obwohl die namensgebende Art fehlt, sind mit *Parmelia saxatilis*, *Cetraria glauca* und *Hypogymnia physodes* (höchste Frequenz und Vitalität im USG) typische Charakterarten vertreten (BARKMAN 1958). An manchen Stämmen dominiert die dann auch größere Flächen deckende Art *Parmeliopsis ambigua*.

Mit der Lage am kühlen Nordhang des TBW in Gipfelnähe bei hohen Nebel- und Niederschlagsanteilen sowie häufig oberflächlich abfließendem Wasser und für diese Flechtenarten nahezu optimale Rinden-pH-Werte der Apfel-

bäume von 4,2-4,4 (BARKM. 58, zit. GAMS) sind die günstigsten ökologischen Faktoren genannt. Die einzige starke Umweltbelastung vor Ort geht zur Zeit von der relativ stark befahrenen Osningstraße aus. Die Folgen sind an den weißen, abgestorbenen Thallusteilen der zur Straße hin frei exponierten *Hypogymnia*-Exemplare erkennbar.

Die wenigen Vorkommen von *Hypogymnia physodes* im übrigen USG können höchstens als letzter Rest eines *Parmelions*, speziell des *Pseudevernetiums furfuraceae* gesehen werden.

Xanthorion parietinae OCHSNER 28

Ein Teil der kartierten Stationsbäume (12 *Malus*, je 2 *Fraxinus*, *Acer*, je 1 *Juglans*, *Ulmus*) tragen Flechtengemeinschaften aus dem Verband des *Xanthorions parietinae*. Die hier einzuordnenden Assoziationen (z. B. *Physcietum ascendens* FREY & OCHSNER 26, *Xanthorietum candelariae* BARKMAN 58, *Parmelietum acetabuli* OCHSNER 28) sind durch ausgesprochen photophytische, aeroxero- und nitrophytische sowie mäßig toxitolerante Arten charakterisiert. Die Zuordnung der im USG gefundenen Flechtengemeinschaften zu diesen Assoziationen ist wegen ihres stark verarmten, fragmentarischen Zustandes sehr schwierig.

Von den charakteristischen Arten kommen *Physcia tenella* und *Buellia punctata* am häufigsten vor und bilden oft in Kombination mit der ebenfalls noch recht häufigen *Candelariella xanthostigma* das »Standardinventar« dieser Gemeinschaften. In wenigen Fällen kommen noch weitere Arten hinzu, wie z. B. *Parmelia sulcata*, *Parmelia exasperatula* und *Xanthoria candelaria*.

Artenkonstellationen, die die Zuordnung zum *Parmelietum acetabuli* nahelegen, sind bislang nur von drei Stellen im USG bekannt. Davon befinden sich zwei Vorkommen typischerweise auf sehr alten *Juglans*-Bäumen (keine Stationsbäume).

Gemeinschaften mit ausgesprochen eutrophierungstoleranten Flechtenarten wie z. B. *Physcia ascendens*, *P. caesia*, *P. orbicularis* und *Xanthoria*-Arten sind im USG selten als Epiphyten anzutreffen. Als für ihr Gedeihen günstige Faktoren wurden registriert: starke Eutrophierung durch Viehhaltung, starker Staubanflug bei Alleebäumen an Landstraßen, Wundflüsse am Stamm (s. Kap. 4.4.), starke Stammneigung, schmale Krone. Treffen einige dieser Faktoren zusammen, so kann sich hin und wieder ein deutliches *Xanthorietum candelariae* entwickeln (z. B. Q 97 - Meyer zu Selhausen auf *Tilia*: Anflug kalkhaltigen Staubes, Viehhaltung, schräger Stamm, laufend gestutzte Krone. Nur hier wurde bis jetzt die Ausbildung von Apothecien bei *Xanthoria candelaria* beobachtet sowie das Vorkommen von *Parmelia tiliacea*).

Neutrophytische Flechten kommen daher noch recht häufig in den vorwiegend landwirtschaftlich genutzten Gebieten rund um die Stadt Bielefeld vor, z. B. zwischen Heepen und Oldentrup im Osten sowie um Babenhausen im Nordwesten des USG. In den Längstälern des TBW finden die neutrophytischen Flechten bei relativ hoher Artenzahl und gutem Deckungsgrad ihre opti-

male Ausprägung (z. B. in Q 34: Gentrups Hof bei Hoberge, in Q 97: Meyer zu Selhausen). Im dicht besiedelten Stadtbereich fehlen neutrophytische Flechten, es sei denn, sie können auf geeigneten Porophyten wie *Populus*, *Ulmus*, *Salix* oder älteren Nußbäumen siedeln; allerdings sind Ulmen und alte Nußbäume im USG sehr selten.

4.4. Rinden-pH-Werte

Eine Gegenüberstellung der im USG gemessenen Rinden-pH-Werte (Tab. 5) mit Rinden-pH-Werten, die für Bäume in Reinluftgebieten ermittelt wurden (BARKMAN 1958, SKYE 1968, WIRTH 1980), läßt erkennen, daß die Rinden-pH-Werte der Stationsbäume im USG z. T. erheblich unter diesen Werten liegen, also zum sauren Bereich hin verschoben sind.

Besonders deutlich wird diese Ansäuerung der Rinde bei der weniger gut gepufferten Eiche, die einen von Natur aus niedrigen pH-Wert hat, sowie bei der Bergahornrinde, die in der Regel durch einen hohen pH-Wert gekennzeichnet ist (BARKMAN 1958, WIRTH 1980). Für *Fraxinus excelsior*, der aufgrund seiner relativ hohen Pufferkapazität oft eine Flechtenflora trägt, wie sie für Bäume mit einem höheren Rinden-pH-Wert typisch ist (WIRTH 1980), ergaben sich unerwartet niedrige Meßwerte zwischen pH 3,8 und pH 4,3 (Tab. 4, S. 186). Die auf *Fraxinus* im USG vertretenen Flechten sind dementsprechend durchweg Acidophyten, wie z. B. *Hypogymnia physodes* oder *Hypocenomyce scalaris*. Nur bei *Malus domestica*, der gewöhnlich eine von Natur aus mäßig saure und relativ gut gepufferte Rinde besitzt, ist im Vergleich zu den in der Literatur angegebenen Werten die Versauerung der Rinde noch nicht so weit fortgeschritten wie z. B. bei *Fraxinus*. Der Trend zu einer Ansäuerung wird aber auch hier deutlich sichtbar (Abb. 5).

4.5. Die Voruntersuchung

Im Nordwesten des USG (Q 1-Q 3, Q 12-Q 14, Q 23-Q 25, Q 34-Q 36) wurde ein 12 qkm großes Gebiet Baum für Baum untersucht (Voruntersuchung). Unabhängig von Art, Wuchs und Standort der Porophyten wurden alle Bäume auf ihren Flechtenbewuchs hin untersucht. Ziel dieser intensiven Voruntersuchung war: eine möglichst vollständige Erfassung der epiphytischen Flechtenvegetation in diesem vorwiegend landwirtschaftlich genutzten Siedlungsrandgebiet und der Standortbedingungen sowie eine Beurteilung der Häufigkeit der verschiedenen Arten. Aus dem umfangreichen Datenmaterial - ca. 2000 Bäume wurden untersucht - seien zusammenfassend folgende Beobachtungen genannt:

Eine Reihe von Baumarten trägt außer *Lecanora conizaeoides* und *Lepraria incana* keine weiteren Flechtenarten. Dies sind Rotbuche (*Fagus silvatica*), Hainbuche (*Carpinus betula*), Eberesche (*Sorbus aucuparia*), Robinie (*Robinia pseudacacia*), Baumhasel (*Corylus colurna*), Zuckerahorn (*Acer saccharinum*), Rotei-

Quercus robur (N = 90)	
2,9 - 4,3 S (a) (3,2 - 4,1 SP)	
3,1 - 6,9 B (a) (3,1 - 4,3 SP)	
3,7 - 5,0 (b) ($\emptyset$ 4,5)	
3,8 - 4,5 (c)	
4,1 - 4,8 (d)	

Fraxinus excelsior (N = 12)	
3,6 - 4,6 S (a) (3,8 - 4,0 SP)	
3,8 - 5,0 B (a) (4,0 - 4,4 SP)	
5,2 - 5,8 (b)	
5,4 - 5,9 (c)	
4,9 - 5,6 (d)	

Malus domestica (N = 20)	
3,8 - 5,6 S (a) (4,0 - 4,7 SP)	
3,9 - 6,0 B (a) (4,2 - 5,2 SP)	
4,9 - 5,6 (d)	

Acer platanoides (N = 5)	
3,6 - 4,5 S (a) 3,8 - 7,1 B (a)	
4,9 - 7,0 (d)	

Acer pseudoplatanus (N = 11)	
3,2 - 4,2 S (a) (3,8 - 4,0 SP)	
3,3 - 4,9 B (a) (3,3 - 4,1 SP)	
6,1 - 6,9 (b)	
5,1 - 6,2 (c)	
4,9 - 7,0 (d)	

Tabelle 5: Amplituden von Rinden-pH-Werten,
Vergleich: Untersuchungsgebiet (N = Anzahl der untersuchten Bäume) - Literaturwerte
(a) USG Bielefeld (c) SKYE 1968 S: Stamm/B: Basis
(b) BARKMAN 1958 (d) WIRTH 1980 SP: Schwerpunkt

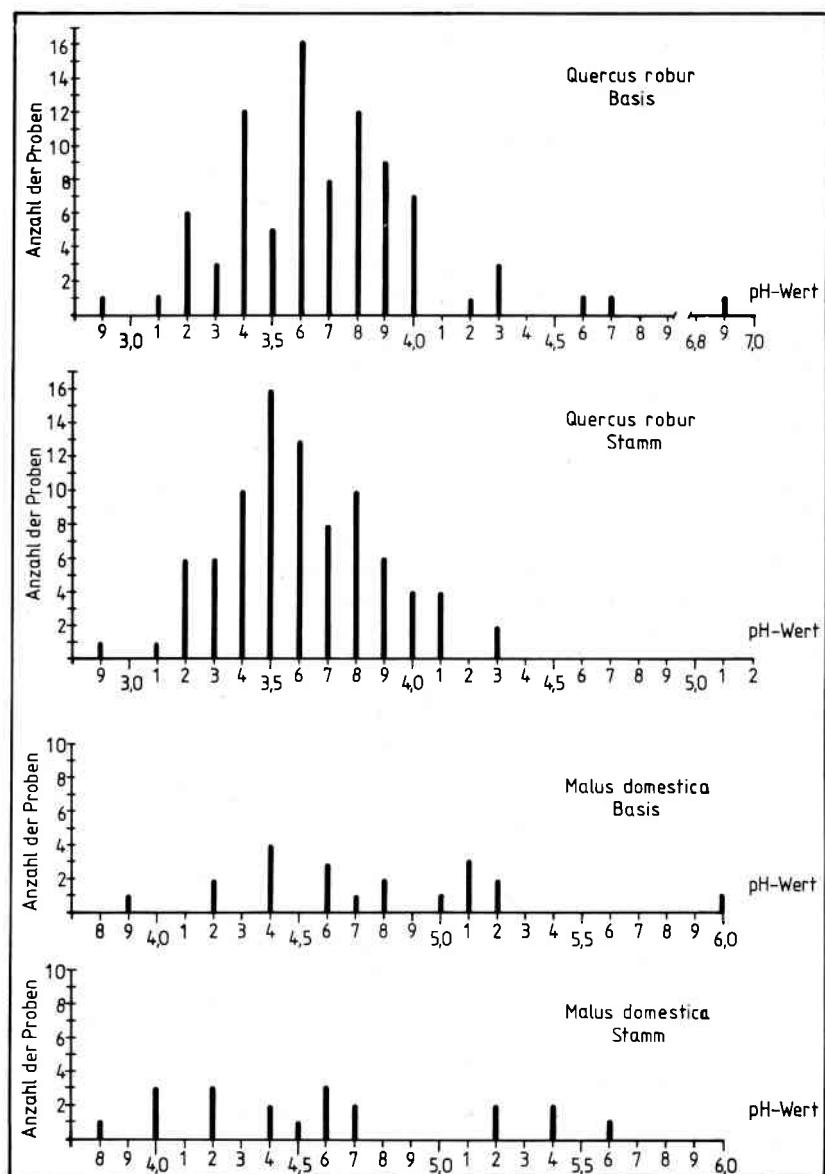


Abbildung 5: Rinden-pH-Werte der im USG kartierten Baumarten *Quercus robur* und *Malus domestica*

che (*Quercus rubra*), Platane (*Platanus hybrida*), Schwarzerle (*Alnus glutinosa*), Vogelkirsche (*Prunus avium*).

Weitere Flechtenarten wurden hin und wieder gefunden auf Roßkastanie (*Aesculus hippocastanum*): *Physcia tenella*, *Buellia punctata*; auf Rotdorn (*Crataegus laevigata*): *Hypogymnia physodes*; auf Pflaume (*Prunus domestica*): *Parmelia sulcata*, *Hypogymnia physodes*, *Physcia tenella*; auf Kirsche (*Prunus avium*, *Prunus cerasus*): *Hypogymnia physodes*, *Cladonia*-Arten und als Ausnahmen: *Physcia tenella*, *Buellia punctata*, *Candelariella xanthostigma*; auf Schwarzem Holunder (*Sambucus nigra*): *Hypogymnia physodes*.

Der Apfelbaum ist das mit Abstand am häufigsten von Flechten besiedelte Substrat. Ebenfalls noch recht häufig mit Flechten besiedelt sind folgende Baumarten: Weiden (*Salix*-Arten), Spitzahorn (*Acer platanoides*), Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*), Esche (*Fraxinus excelsior*), Schwarzpappel (*Populus nigra*), Birne (*Pirus communis*), Feldulme (*Ulmus carpinifolia*), Stieleiche (*Quercus robur*), Hängebirke (*Betula pendula*), Winterlinde (*Tilia cordata*), Sommerlinde (*Tilia platyphyllos*).

Die Walnuß (*Juglans regia*) nimmt insofern eine Sonderstellung ein, als nur sehr alte Exemplare mit ihrer stark zerklüfteten Rinde ein reichhaltiges Arteninventar von z. T. für das USG sehr seltenen Arten, z. B. *Parmelia acetabulum*, *Pertusaria albescens* var. *corallina*, tragen. Diese Arten weisen außerdem noch einen sehr hohen Deckungsgrad und hohe Vitalität auf. Im Bereich von Bauernhöfen, den dazugehörigen Viehweiden und Obstwiesen sowie an Bäumen entlang der Landstraße tritt Flechtenbewuchs in stärkerem Maße auf (s. Kap. 4.3.). In diesen Bereichen kommen die neutrophytischen Flechten vermehrt vor. Die mehr acidophytischen Flechten sind demgegenüber hinsichtlich Artenzahl, Häufigkeit und Deckungsgrad wesentlich spärlicher vertreten und meist auf die nördlich exponierten Stammhälften beschränkt.

Im Bereich der stadtrandnahen Wohngebiete fielen zwei charakteristische Standorttypen auf, die den Flechten ein tieferes Vordringen in das Stadttinnere ermöglichen: 1. Apfelbäume in unmittelbarer Nähe und direktem Schutz von höheren Hecken tragen vermehrt - zur Hecke hin exponiert - Flechten, z. B. *Parmelia sulcata*, *Physcia tenella*. 2. In größeren Parkanlagen wurden in der Regel ebenfalls einige Blattflechten-Arten gefunden. In der überwiegenden Anzahl der Fälle ist der Flechtenbewuchs auf die dort vorhandenen Weidenbäume beschränkt, die vorwiegend in Wassernähe stehen und zudem oft durch einen schrägen Stamm auffallen. Z. B. in den Grünanlagen um den Bültmannshof, des Bürgerparks, der Universität im Westen und der Stauteiche im Osten der Stadt konnten folgende Arten auf *Salix* festgestellt werden: *Hypogymnia physodes*, *Parmelia sulcata*, *Parmelia saxatilis*, *Parmelia glabrata* (kommt im USG allgemein bevorzugt auf Weide vor), *Cladonia*-Arten (z. B. auch *Cladonia fimbriata*), *Physcia orbicularis* (seltener), *Buellia punctata* und *Evernia prunastri*.

Auf anderen Baumarten in den Grünanlagen wurde nur ausnahmsweise Flechtenbewuchs festgestellt, diese Flechtenlager waren zumeist sehr jung, was sich aus dem vielfach noch geringen Alter der Bäume erklärt.

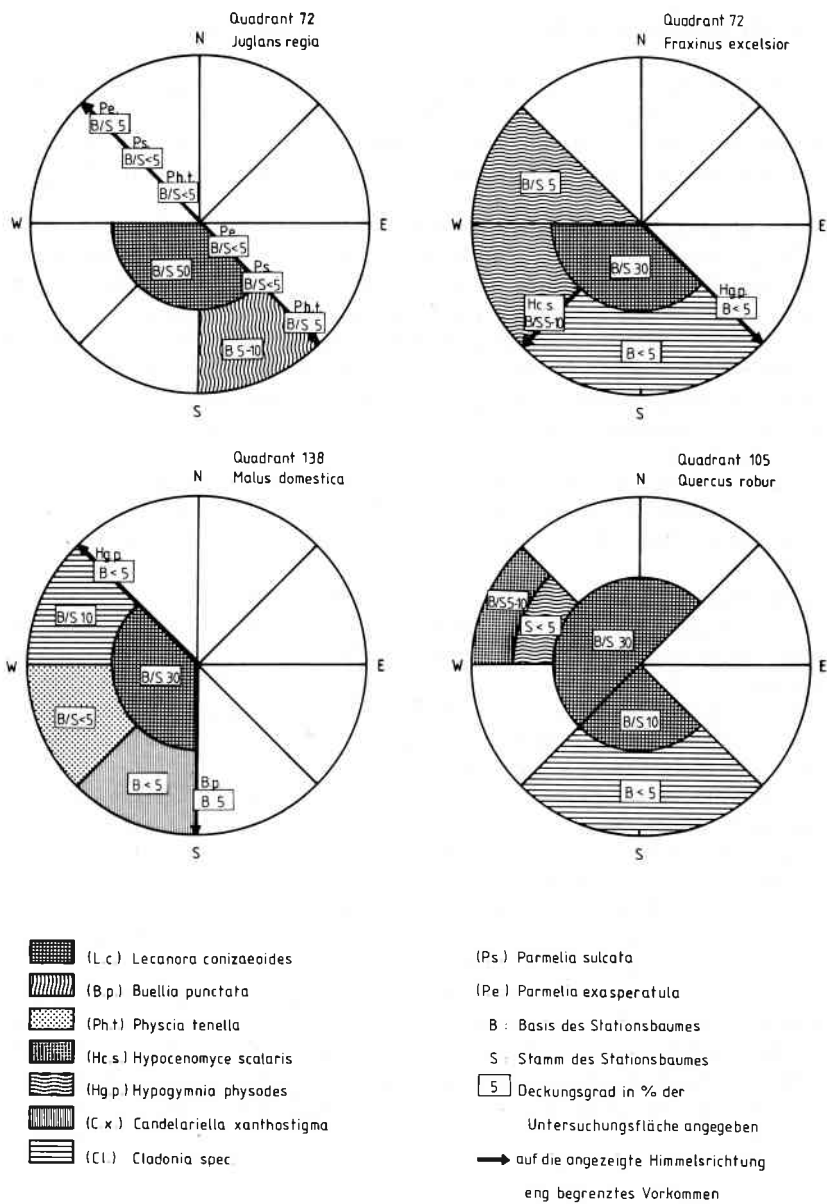


Abbildung 6: Typische Flechtenverteilungsmuster auf ausgewählten Stationsbäumen

4.6. Die Zonierung der Flechtenvegetation im Untersuchungsgebiet

Die Kartierung des epiphytischen Flechtenbewuchses einer Stadt führt gewöhnlich zu einer Einteilung des Stadtgebietes in Zonen unterschiedlichen Flechtenwachstums. Diese Zonen werden karthographisch dargestellt und vermitteln eine arealmäßige Übersicht über das Belastungsausmaß der Stadtluft (WINKLER 1977).

Ein Vergleich der inzwischen für sehr viele Städte erstellten Flechtenzonenkarten (s. Auflistung bei LE BLANC & RAO, 1973), zeigt ein immer wieder ähnliches Bild: Im Stadtzentrum findet sich eine Flechtenwüste, um die nahezu konzentrisch eine Kampfzone mit nur noch wenigen widerstandsfähigen und meist durch Kümmerwuchs charakterisierten Flechtenarten liegt. In der nach außen folgenden Normalzone ist die für das entsprechende Gebiet typische Flechtenvegetation ungeschädigt entwickelt. Hier kommen dann auch wieder die gegen Luftverunreinigungen sehr empfindlichen Arten vor, z. B. Arten aus der Gattung *Usnea* und *Alectoria*.

Diese, auf SERNANDER zurückgehende Dreigliederung wurde für den Bereich der Kampfzone noch weiter verfeinert, so daß heute meistens 5 Zonen unterschieden werden (z. B. DOMRÖS 1966, MAURER et al. 1969, SEITZ 1972, KILIAS 1974, THOMÉ 1976).

Der Begriff »Flechtenwüste« wird in der Literatur unterschiedlich definiert. SEITZ und GOPPEL z. B. definieren Flechtenwüste als frei von jeglichem Flechtenbewuchs. Andere Autoren lassen Krustenflechten bis zu gewissen Deckungsgraden zu, z. B. THOMÉ (1976) 5 %, DOLL & ZIEBOLD (1976) 0-20 %, wieder andere Autoren bezeichnen ein Gebiet, in dem nur *Lecanora conizaeoides* vorkommt - dabei ist der jeweilige Deckungsgrad unerheblich - als Flechtenwüste (z. B. VILLWOCK 1962, KILIAS 1974).

Das Untersuchungsgebiet läßt sich in Anlehnung an KILIAS (1974) in fünf Flechtenzonen gliedern, die in Tabelle 6 charakterisiert sind. Die für das USG aufgestellte Flechtenzonenkarte (Abb. 7) zeigt eine ausgedehnte Zone V. Diese umfaßt das dicht besiedelte Stadtgebiet Bielefelds, greift nach Norden und Nordosten in nur locker verbaute Flächen aus, zieht durch den Bielefelder Paß auf die Südseite des TBW und wird, weiter nach Südwesten, allmählich von Inseln der Zonen III und IV durchsetzt.

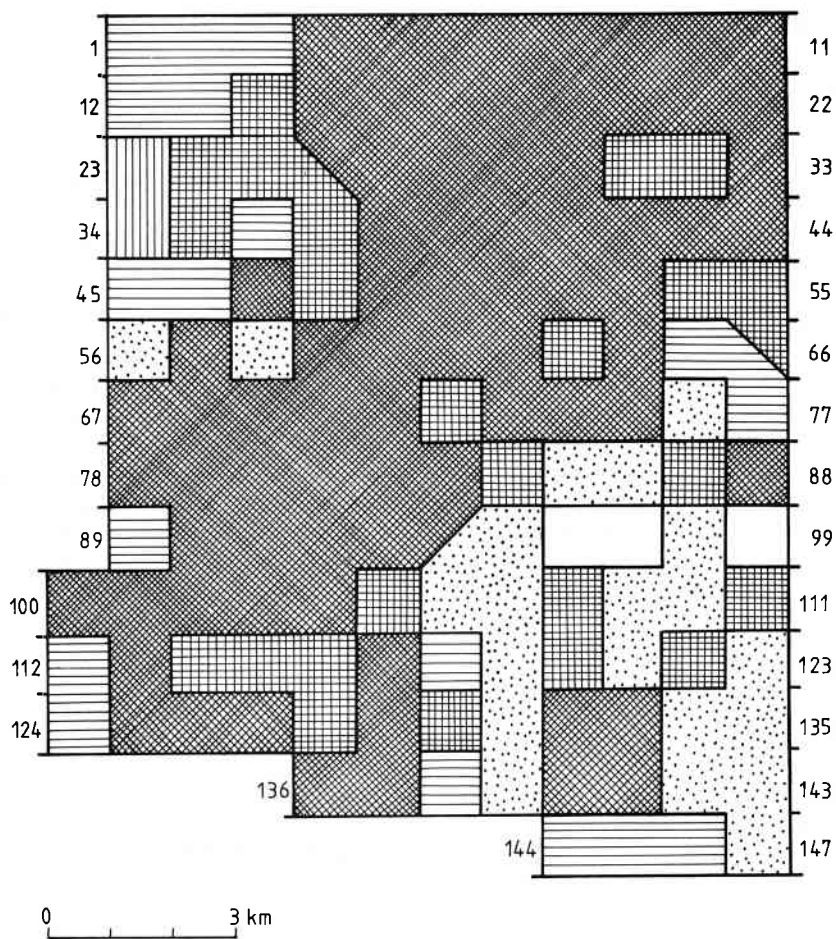
Fast die gesamte Süd-Ost-Hälfte des USG gehört - bis auf einige lokale Verbesserungen bzw. Verschlechterungen - in der Einstufung der Zone IV an. Besonders auffällig in diesem Bereich sind die »Sennestadt«, die der Zone V zuzurechnen, also als Flechtenwüste einzuordnen ist, und der südöstliche Teil des TBW mit seiner besonders günstigen Einstufung in die Zonen II und I.

Zone I (Normalzone)	: Die Flechten sind ungeschädigt. Es überwiegen die acidophytischen Arten. Typische Arten sind z.B. <i>Platismatia glauca</i> , <i>Evernia prunastri</i> , <i>Parmelia tiliacea</i> .
Zone II	: Acido- und neutrophytische Arten kommen bereits - bei gut entwickelten Thalli - nahezu gleich häufig vor, z.B. <i>Parmelia saxatilis</i> und <i>Parmelia sulcata</i> , <i>Parmelia glabratula</i> , <i>Parmelia acetabulum</i> .
Zone III	: Die neutrophytischen Flechten herrschen vor, z.B. <i>Physcia tenella</i> , <i>Physcia ascendens</i> , <i>Xanthoria candelaria</i> . Diese Arten treten vereinzelt auch schon in Zone II auf, sind dann jedoch auf die Stammbasis beschränkt.
Zone IV	: Krustenflechten sind typisch, z.B. <i>Buellia punctata</i> , <i>Lecanora hageni</i> , <i>Candelariella xanthostigma</i> . Blattflechten treten nur noch ganz vereinzelt auf. Sie sind oft geschädigt und wachsen versteckt in Borckenritzen, z.B. <i>Hypogymnia physodes</i> , <i>Hypocenomyce scalaris</i> oder <i>Physcia tenella</i> . Der Deckungsgrad beträgt maximal 5 %.
Zone V	: Keine Blattflechten mehr vorhanden, als Krustenflechte nur noch <i>Lecanora conizaeoides</i> .

Tabelle 6:
Im Untersuchungsgebiet ermittelte Zonen unterschiedlichen Flechtenvorkommens

5. Diskussion

Als mögliche Ursachen für die Verbreitung der epiphytischen Flechten im Untersuchungsgebiet kommen vor allem in Frage: die Auswirkung von Luftverunreinigungen, der Einfluß des Rinden-pH-Wertes und Unterschiede im Mikroklima.



Zone :



I



II



III



IV



V



Kein Stationsbaum

Abbildung 7: Verteilung der Flechtenzonen im Untersuchungsgebiet

5.1. Beziehungen zwischen Flechtenbewuchs und Immissionsbelastung

Von der Landesanstalt für Immissionsschutz (Essen) liegen für Bielefeld Immissionswerte für das Jahr 1978 vor: Die Spitzenwerte und die mittleren Belastungswerte durch Fluoride und Schwermetalle sowie durch SO₂, NO₂ und Schwebstoffe sind als gering einzustufen. Folgende Beispiele - Meßwerte für den Gesamttraum Bielefeld angegeben - mögen das belegen: mittlere Belastung durch Blei = 0,24 µg/cbm (MIK-Grenzwert = 2 µg/cbm); mittlere Belastung durch SO₂ = 0,04 mg/cbm, Grenzwert TA für Luft = 0,14 mg/cbm; mittlere Belastung durch NO₂ = 0,04 mg/cbm, Grenzwert TA-Luft = 0,1 mg/cbm. Die gemessenen Spitzenwerte betragen höchstens ein Drittel der gesetzlich festgelegten Grenzwerte (IXFELD 1981).

Der Höhe der einzelnen Meßwerte entspricht die Tatsache, daß in Bielefeld emissionsintensive Industrien wie z. B. chemische Industrie, Schwer- und Keramikindustrie weitgehend fehlen (STAT. JAHRB. BIELEFELD 1980). Ebenso wie die industriellen Emissionen dürften die durch den Hausbrand hervorgerufenen Luftverunreinigungen nicht von vorrangiger Bedeutung sein, denn der Anteil der fast emissionsfreien Gasheizungen ist im innerstädtischen Bereich hoch (Angaben der Stadtwerke Bielefeld, mdl. Mitteilung). Die Verunreinigung der Luft im Kernsiedlungsgebiet wird wohl zu einem sehr großen Teil durch den Verkehr verursacht. Das z. T. sehr hohe Verkehrsaufkommen im innerstädtischen Bereich wird durch die komplizierte Straßenführung mit dem »Nadelöhr« Bielefelder Paß und durch einen großen Pendlerstrom, den Bielefeld als einzige Großstadt im weiten Umkreis auslöst, verursacht (s. S. 167).

Als flechtenschädigende Emissionen werden vom Verkehr z. B. Schwefeldioxid, Stickoxide, die vermutlich ähnlich wirken wie SO₂ (BARKMAN 1970, KUNZE 1974), und bleihaltige Stäube freigesetzt. Auch das in großen Mengen entstehende Kohlenmonoxid wirkt auf das Flechtenwachstum stark einschränkend (MOLL 1973, BRESINSKY 1980).

Obwohl die Meßwerte keine hohe Luftbelastung ausweisen, enthält das USG eine ausgedehnte Flechtenwüste (Zone V). Zur Klärung dieses Widerspruches sind zusätzlich Klimafaktoren zu berücksichtigen (hierzu s. Kap. 5.3.). Ausdehnung und Form der Flechtenwüste, in der nur *Lecanora conizaeoides*, allerdings meist üppig, und *Lepraria incana* gedeihen (Tab. 2), werden im Untersuchungsgebiet hauptsächlich durch die vorherrschenden SW-Winde (Abb. 2) und die besondere Lage der Stadt am TBW bestimmt. Die südlich des TBW entstehenden Emissionen, z. B. durch ein unmittelbar vor dem südlichen Paßausgang gelegenes Gewerbegebiet, werden durch den Paß wie durch eine Düse hindurch nach NE getrieben. Sie verunreinigen den Norden Bielefelds zusätzlich, dessen Luft bereits durch die flächenmäßig größere und dichtere Besiedlung von vornherein stärker belastet ist als die im Süden. Ebenfalls unter dem Einfluß der vorherrschenden SW-Winde werden die Schadstoffe der Luft weiter nach NE verfrachtet, so daß die Wüste weit in städtische Randbezirke hinausgreift. Im NW und E, wo auf beiden Seiten des Gebirgszuges keine starken Emittenten vorhan-

den sind, kann sich dann eine Kampfzone ausbilden, in der aber auch nur relativ toxitolerante und euryöke Flechtenarten gedeihen können (z. B. *Buellia punctata*, *Candelariella xanthostigma*, *Hypogymnia physodes*).

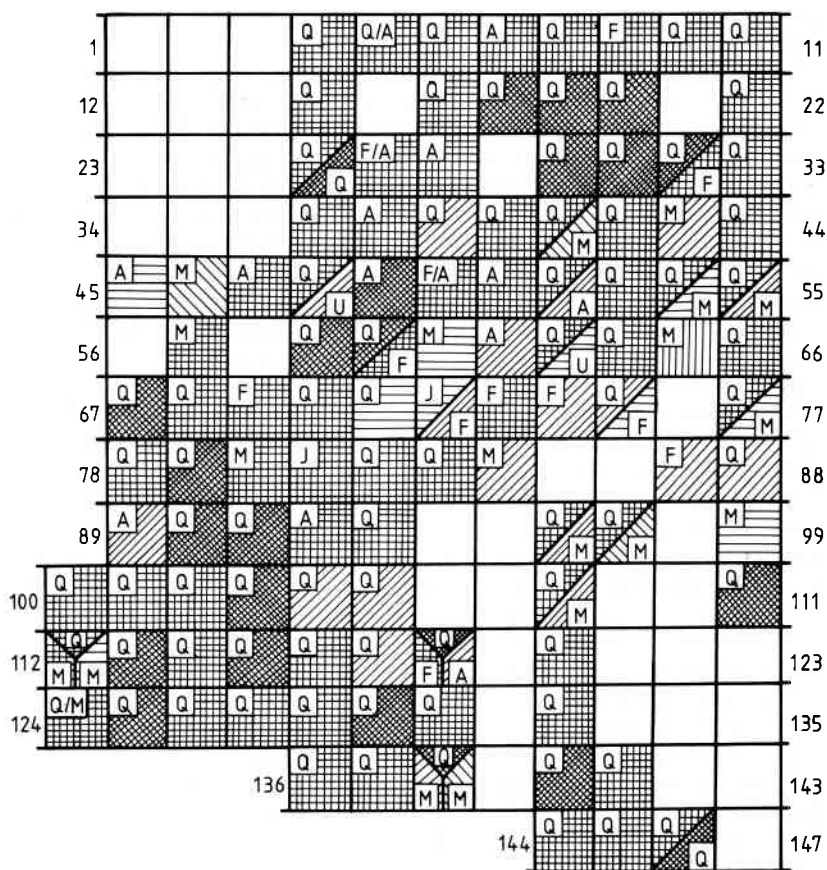
Ähnliches gilt für den Südwesten des Untersuchungsgebietes, wo vor allem etliche Vorkommen von *Hypogymnia physodes* und *Hypocenomyce scalaris* auf *Quercus* eine geringere Luftverunreinigung signalisieren. Der Ursprung der Immissionsbelastung kann jedoch nicht in diesem hauptsächlich landwirtschaftlich genutzten Teilgebiet gesucht werden. Hier müssen vorwiegend überregionale Auswirkungen aus weitentfernten, südwestlich vorgelagerten Emissionsquellen wie z. B. aus Gütersloh und dem Ruhrgebiet (BARKMAN 1958, WIRTH 1976, HEIDT 1978, MASUCH 1980) angenommen werden.

5.2. Beziehungen zwischen Flechtenbewuchs und Rinden-pH-Wert

Der pH-Wert der Baumborke ist für das Gedeihen der epiphytischen Flechten ein entscheidender ökologischer Faktor (z. B. KUNZE 1974). Er hängt wesentlich von den im Gebiet vorhandenen Luftverunreinigungen ab, je nach Herkunft können Emissionen mehr basisch (z. B. Emissionen aus Zement-, Hüttenwerken) oder mehr sauer reagieren (z. B. Emissionen aus Heizungsanlagen). In Abhängigkeit vom pH-Wert der gasförmigen oder staubförmigen oder der in Regenwasser gelösten Luftverunreinigungen, werden die Epiphyten, die an eine artspezifische, mehr oder weniger weite pH-Amplitude ihres Substrats optimal angepaßt sind, im Wachstum entweder geschädigt oder gefördert. Für die in unserem Gebiet zu beobachtenden Einflüsse saurer Emissionen (s. Kap. 4.4.) werden folgende Wirkungen angenommen: Saure Emissionen, z. B. SO_2 , führen eine pH-Wert-Absenkung der Rinde herbei. Subnearthrophytische Flechten, die an relativ hohe pH-Werte angepaßt sind, reagieren hierauf empfindlicher als Acidophyten und verschwinden zuerst (direkte Wirkung). Bei weiter absinken dem pH der Rinde werden dann zunehmend die Acidophyten geschädigt, auch wenn der pH-Wert ihres Rindensubstrates noch im artgemäßen pH-Spektrum liegen sollte. Die indirekte Wirkung der Substratsäuerung beruht auf der zunehmenden Toxizität der Folgeprodukte des im Regenwasser in Lösung gegangenen SO_2 . Bei einem pH-Wert $< 3,5$ wirken bereits Spuren des SO_2 toxisch (COKER 1967, GILBERT 1970, WIRTH 1976).

Baumarten mit von Natur aus saurer Rinde verlieren ihren Flechtenbewuchs als erste (*Quercus*, *Betula*), da auch die Pufferwirkung gering ist. Bei Arten mit mehr neutraler Borke und guter Pufferung verzögert sich der oben geschilderte Prozeß (Ausnahme: *Acer pseudoplatanus*, BARKMAN 1958).

Der Vergleich der im Untersuchungsgebiet ermittelten Rinden-pH-Werte mit den in Reingebieten gemessenen Werten zeigt, daß der Rinden-pH aller kartierten Baumarten unter dem Einfluß saurer Emissionen zum Teil beträchtlich abgesunken ist (s. Kap. 4.4.). Eventuell wird dieser Effekt noch durch die im Norden und Süden vorherrschenden basenarmen Böden verstärkt, die im Ge-



0 3 km

Abbildung 8: Rinden-pH-Werte im Untersuchungsgebiet

gensatz zu Regionen mit kalkhaltigen Böden die Wirkung saurer Emissionen nicht abpuffern können.

So ist es z. B. zu erklären, daß im USG auf *Quercus* mit seiner sauren Rinde und seinem von Natur aus acidophytischen Flechtenbewuchs, bis auf die extrem toxitolerante und säureliebende *Lecanora conizaeoides*, kaum andere Epiphyten vorkommen. *Fraxinus*, dessen Rinde als sehr gut gepuffert gilt (WIRTH 1980), und der von Natur aus einen mehr neutrophytischen Flechtenbesatz aufweist, ist entsprechend dem niedrigen Rinden-pH-Wert im USG von acidophytischen Flechtenarten besiedelt. Die Pufferwirkung reicht oft gerade noch aus, um den mehr acidophytischen Arten, *Hypogymnia physodes*, *Hypogymnia scalaris* oder *Buellia punctata*, ein Gedeihen zu ermöglichen. In den weniger belasteten randlichen Kampfzonen des USG hat sich auf *Malus* ein Mischwuchs aus acidophytischen Arten, die meist in W-N-Exposition wachsen, und subneutrophytischen Arten in meist W-S-Exposition eingestellt.

Flechtenarten, die an ausgesprochen hohe pH-Werte (pH 7 und > 7) angepaßt sind, z. B. *Physcia caesia*, *Physcia orbicularis* und *Xanthoria*-Arten, sind als Epiphyten im gesamten USG selten zu finden. Sie kommen nur dort vor, wo eine stärkere pH-Wert-Anhebung durch ausgetretenen Wundsaft an Bäumen, durch Viehdung auf Bauernhöfen oder durch düngerhaltigen Ackerstaub erfolgt ist (Eutrophierung), z. B. in Q 97 des USG, Meyer zu Selhausen. Aus diesem Grund siedelt sich vielfach auch die mehr subneutrophytische *Physcia tenella* zuerst an Aststümpfen und alten Wundrändern an.

Im Hinblick auf die Beurteilung emissionsbelasteter Bäume hat nach LÖRSCHERT & KÖHM (1973) und THOMÉ (1976) der Rinden-pH-Wert selbst schon eine gewisse Aussagekraft. Betrachtet man hierzu die Verteilung der Rinden-pH-Werte für die untersuchten Eichen, so fallen drei kleinere Gebiete auf, in denen sehr niedrige pH-Werte ($< 3,5$) gehäuft auftreten. Diese Gebiete liegen auf einer SW nach NE verlaufenden und damit der Hauptwindrichtung folgenden Linie. Es handelt sich bei diesen Gebieten erstens um den Teil des USG, der südlich des Teutoburger Waldes am Eingang des PASSES liegt und ungefähr mit dem Brackweder Industriegebiet zusammenfällt, zweitens um eine Teilfläche am Nord-Ausgang des PASSES, in dem die verkehrsmäßig schwer belastete Arthur-Ladebeck-Straße im Innenstadtbereich verläuft (50-60 000 PKW-E/16 h, s. S. 167), drittens um den zum Stadtzentrum exponierten Hang des Schildescher Hügels. Die hier gemessenen niedrigen pH-Werte, die auf eine stärkere Luftbelastung hindeuten, resultieren aus der exponierten Hanglage des Schildescher Wohngebietes gegenüber dem Paß, wobei das Citygebiet zwischen Hangfuß des Teutoburger Waldes und dem Hügel in einer Senke liegt. Diese Ergebnisse entsprechen den Befunden der 1978/79 im Raum Bielefeld durchgeführten Untersuchung mit der Flechtenexpositions-methode (GRÖSSER 1979).

5.3. Beziehungen zwischen Flechtenwuchs und Mikroklima

Die toxische Wirkung der Immissionen auf die Flechtenflora kann durch mikroklimatische Einflüsse lokal verstärkt aber auch abgemildert werden (BARKMAN 1958, WIRTH/TÜRK 1974, JÜRGING 1975, HEIDT, RABE 1980). In diesem Zusammenhang sind hygrisch günstige Standorte von besonderem Interesse. Aufgrund von Experimenten und Feldbeobachtungen nehmen RAO & LE BLANC (1973) an, daß bei gleich hoher SO_2 -Belastung die toxische Wirkung auf feuchte und damit pyhsiologisch aktive Flechten verstärkt ist, während die Flechten im trockenen Zustand weniger empfindlich reagieren.

Der eigentlich schädigende Immissionswert für das Flechtenwachstum wird im Winterhalbjahr erreicht. In dieser Zeit treffen einerseits eine erhöhte Immissionsbelastung (z. B. durch Heizung, durch behinderten Luftaustausch während der im Winterhalbjahr gehäuft auftretenden Inversionswetterlagen) und andererseits eine durch das kühlfeuchte Klima erhöhte Stoffwechselaktivität der Flechten zusammen. Damit wird der in Kapitel 5.1. aufgezeigte Widerspruch erklärbar, denn die dort angegebenen Immissionsmeßwerte sind Jahresmittelwerte.

TÜRK & CHRIST (1978, zit. SCHMITT & EHRENDORFER) gehen allerdings davon aus, daß in Gebieten mit gleich hoher SO_2 -Belastung für Flechten an hygrisch günstigeren Standorten die Schadwirkung durch die höhere Luftfeuchtigkeit kompensiert werde. Dadurch seien »Inseln« besseren Flechtenwachstums (Parks, Grünanlagen, Flußnähe) innerhalb der Flechtenwüste erklärbar.

Auch im USG konnte beobachtet werden, daß Grünanlagen und die Nähe von Teichen und Bächen Flechtenbewuchs fördern. Allerdings darf nicht übersehen werden, daß in diesen Fällen meist ein Immissionsschutz durch die Filterwirkung anderer Pflanzen gegeben ist. Die im USG immer wieder gemachte Beobachtung, daß Flechten auf Bäumen in unmittelbarer Nähe zu Hecken weiter in die Stadt eindringen, soll in diesem Zusammenhang noch einmal erwähnt werden (s. Kap. 4.5.). Filterschutz durch Heckenpflanzen - bei gleichzeitig erhöhter Luftfeuchtigkeit - ist hier der förderliche Faktor. RAO & LE BLANC (1973) sprechen in diesem Zusammenhang von »speziellen Nischen«.

Auch die auffallende Verteilung von *Hypogymnia physodes* auf *Quercus* im USG wird durch dieses Zusammenwirken der beiden Faktoren Immissionsschutz/erhöhte Luftfeuchtigkeit erklärbar. Im Süden des USG ist bei sechs der sieben Eichen, auf denen *Hypogymnia* kartiert wurde, im Süden bis Südwesten ein Wäldchen vorgelagert. Im Zusammenhang mit der geringeren Belastung in diesem Teil des USG reichen der Filterschutz und die durch die Windberuhigung hervorgerufene lokale Anhebung der Luftfeuchtigkeit aus, um *Hypogymnia* hier ein Überleben zu ermöglichen.

Bei der stärkeren Belastung im Norden des USG kann dieses Zusammenspiel der beiden Faktoren erst im äußersten Nordwesten des USG (Q 1) wirksam werden. Nur dort, auf Eichen rund um einen Teich mit sehr sehr starkem Filterschutz im Süden und Osten, kann sich der Acidophyt *Hypogymnia* auf *Quercus*

halten. In den Fällen, wo *Hypogymnia* unter Ausnutzung derartiger »Nischen« weiter gegen die Stadt vordringt, findet sie sich in jedem Fall auf anderen, besser gepufferten Substraten: z. B. *Malus*, *Acer*, *Tilia*, *Salix*, toter Kirschbaumstumpf.

Die von MASUCH (1980) in der südöstlichen Senne beobachtete allgemeine Verbesserung des Flechtenbewuchses mit abnehmender Entfernung zum Teutoburger Wald wird von ihm als Folge der erhöhten Niederschlagsmenge (Steigungsregen) und einer damit - von ihm angenommenen - verbundenen »verstärkten Reinigung der Luft von Schadstoffen« interpretiert. Auch in unserem USG konnte im Einzugsbereich des Teutoburger Waldes mit seinen erhöhten Niederschlagsmengen eine allgemeine Verbesserung der Flechtenflora festgestellt werden. Doch muß hier noch feiner differenziert werden. Es nehmen nämlich die acidophytischen Flechten zu, z. B. *Hypogymnia physodes*, *Parmeliopsis ambigua*, *Platismatia glauca*, und zwar im Bereich der Kammregion und des feuchtkühlen Nordhanges auf Substraten mit ursprünglich mehr neutraler Rinde (*Malus*). Der Rinden-pH-Wert ist auch hier schon so weit abgesunken, daß die mehr neutrophytischen Flechtenarten durch die o. g. mehr acidophytischen Flechtenarten verdrängt worden sind. Der durch die Pufferkapazität der Rinde (pH-Wert: 4,2-4,4) erreichte pH-Wert stellt ein Optimum dar für Acidophyten wie *Hypogymnia physodes* und *Parmelia saxatilis*. Zusätzlich begünstigt durch die Schutzwirkung der umliegenden Wälder (Q 96) können diese Acidophyten hier noch gedeihen.

Beim Vergleich von Flechtenvorkommen (Arten, Quantität, Qualität), Immissionsbelastung (vor allem SO₂) und Rinden-pH-Werten ist ein recht enger Zusammenhang zwischen pH-Wert und Flechtenvorkommen im USG erkennbar geworden.

Die Höhe der 1978 ermittelten Immissionswerte scheint dagegen in einem Widerspruch zu der im USG eindeutig festgestellten Flechtenarmut zu stehen. Dieser Eindruck verstärkt sich noch, wenn die für Flechten auf sauren und weniger sauren Rinden aufgestellten Resistenzreihen in Abhängigkeit der SO₂-Immissionshöhe betrachtet werden (JÜRGING 1975, zit. HAWKSWORTH & ROSE 1970, KIRSCHBAUM 1973). Unter ihrer Berücksichtigung könnte aufgrund der mittleren SO₂-Belastung des Gesamttraumes Bielefeld auf sauren Rinden, z. B. auf *Quercus*, mit acidophytischen Flechtenarten wie *Evernia prunastri*, *Pseudevernia furfuracea*, *Parmelia exasperatula* oder *Ramalina farinacea* gerechnet werden, auf weniger sauren Rinden, z. B. auf *Malus*, mit *Ramalina farinacea*, *Parmelia acetabulum*, *Physconia pulverulenta*.

Das im USG relativ geringe Vorkommen von acidophytischen Flechtenarten auf sauren Substraten steht nicht im Einklang mit den im Gesamttraum Bielefeld gemessenen SO₂-Meßwerten im Hinblick auf diese Resistenzreihen. Dies läßt sich möglicherweise wie folgt erklären: Es liegen für das Winterhalbjahr höhere mittlere Emissionswerte vor als die von IXFELD (1981) angegebenen Jahresmittelwerte (s. o.). Andererseits besteht aber auch die Möglichkeit, daß sich die Immissionshöhe in den letzten Jahren tatsächlich verringert hat, vor allem im Zuge der gesetzlichen Vorschriften für den Einbau von Filteranlagen und

der Umstellung vieler Haushalte auf Gas und Fernwärme. In diesem Fall würde die Flechtenflora noch eine höhere Immissionsbelastung vergangener Jahre widerspiegeln. Sollte dies zutreffen, so wäre zu erwarten, daß die Flechten sich wieder ausbreiten und stärker in die Stadt eindringen, allen voran die robustesten Acidophyten wie *Hypogymnia physodes*. Dies müßte in den folgenden Jahren weiter beobachtet werden.

6. Zusammenfassung

Von 1980-1981 wurden im Raum Bielefeld Untersuchungen zur epiphytischen Flechtenvegetation durchgeführt: In einem 147 qkm großen und in 147 Quadranten aufgerasterten Untersuchungsgebiet (USG) wurde auf ausgewählten Stationsbäumen die Flechtenvegetation kartiert.

Die Stationsbäume und ihre Flechtenvegetation werden anhand von Standardparametern charakterisiert. - Eine detaillierte Baum für Baum-Voruntersuchung in 12 Quadranten (12 qkm) im Nordwesten des USG ergab zusätzliche Daten.

Insgesamt konnten 31 epiphytische Flechtenarten festgestellt und 21 davon auf den ausgewählten Stationsbäumen detailliert kartiert werden. (Zusätzlich wurden 9 epipetrische Arten erfaßt.)

Die gefundenen Arten werden vorgestellt und nach ihrem Vorkommen und unter autökologischen Gesichtspunkten charakterisiert.

Sechs im Gebiet besonders häufig auftretende Flechtenarten - *Physcia tenella*, *Hypogymnia physodes*, *Hypocenomyce scalaris*, *Buellia punctata*, *Cladonia coniocraea* und *Candelariella xanthostigma* - werden im Hinblick auf ihre Verteilung im USG und auf unterschiedlichen Baumarten in Übersichtskarten dargestellt.

Die für den Stamm- und Basisteil der Stationsbäume ermittelten Rinden-pH-Werte werden in Beziehung gesetzt zu den ökologischen Kenndaten sowie zu Vorkommen und Verbreitung der kartierten Flechtenarten.

Aufgrund der detaillierten Kartierungen konnten folgende Flechtengesellschaften bzw. Flechtenverbände - allerdings in einem z. T. stark verarmten Stadium - für das USG ermittelt werden: *Lecanoretum conizaeoides*, *Lecideetum scalaris*, *Parmelion saxatilis*, *Xanthorion parietinae*.

Aus der Verteilung der kartierten Flechtenarten über das USG wurde eine Flechtenzonenkarte (5 Zonen) entwickelt.

Verbreitung der Flechtenarten und Verteilung der Flechtenzonen werden in Beziehung gesetzt zu den ökologischen Parametern Luftverunreinigung, Rinden-pH-Werte und Mikroklima, die Zusammenhänge werden diskutiert.

7. Literatur

- BARKMAN, J. J. (1958): Phytosociology and Ecology of Cryptogamic Epiphytes. Assen/Holland.
- (1970): The influence of air-pollution on bryophytes and lichens. - *Belmontia* II, Ecology, (Wageningen) 97.
- BAUER, E. (1973): Flechtenkartierung im Stadtgebiet von Esslingen unter besonderer Berücksichtigung einer Enzymkarte. - *Hohenheimer Arbeiten*, (Stuttgart), H. 74, 31-43.
- BRESINSKY, A. (1980): Pflanzen als Umweltanzeiger in Regensburg. In: *Der Mensch und seine Umwelt*, Schriftenr. Univ. Regensburg, Band 2, 61-85.
- COKER, P. D. (1967): The effects of sulphur dioxide pollution on bark epiphytes. - *Brit. Bryol. Soc. Transactions*, (London), Nr. 5.
- DOLL, R. & ZIEBOLD, A. (1976): Flechten als lufthygienische Bioindikatoren. *Biol. Rundschau*, 14.
- DOMRÖS, M. (1966): Luftverunreinigung und Stadtklima im rheinisch-westfälischen Industriegebiet und ihre Auswirkungen auf den Flechtenbewuchs der Bäume. - *Arb. z. Rhein. Landeskd.*, 23, 11-123.
- DÜSTERLOH, D. (1981): Industrie in Bielefeld - Struktur und Entwicklung, Unterrichtsentwürfe und -materialien. - *Bielefelder Hochschulschriften*, (Bielefeld), 26.
- FRÖHLICH, M. (1971): Die Niederschlagsverhältnisse im Ravensberger Hügelland und im Herforder Kuiperbergland. *Ber. Naturw. Ver. Bielefeld*, 20, 45-59.
- (1973): Klima und Witterung im Ravensberger Hügelland zwischen Teutoburger Wald und Wiehengebirge. - *Ber. Naturw. Ver. Bielefeld*, 21, 119-128.
- GEBIETSENTWICKLUNGSPLAN f. d. Reg.bez. Detmold, Teilabschn. Bielefeld-Gütersloh, 1979.
- GENERALVERKEHRSPLAN - Fortschreibung 1976/77, Stadt Bielefeld.
- GERHARDT, A. & HALSTENBERG, R. (1983): Untersuchungen zur Immissionsbelastung im Raum Bielefeld mit Flechten als Bioindikatoren (IAP-Methode) (in Vorber.).
- GILBERT, O. L. (1970 a): Lichens as indicators of airpollution in the Tyne Valley. *Ecology and the industrial society. - A symposium of The British Ecological Society* 5, Swansea, 13-16, (New York).
- (1970 b): Further studies on the effect of sulphur dioxide on lichens and bryophytes. - *New Phytologist* 69, 605-627.
- (1976): The construction, interpretation and use of lichen/air pollution maps. - *Proceed. of the Kuopio Meeting on Plant Damages Caused by Air-pollution*. - Kuopio, 83-92.
- GOPPEL, Ch. (1976): Verbreitung und Ökologie von Rindenflechten im Stadtgebiet von Regensburg. - *Hoppea*, 35, 5-102.
- GRODZINSKA, K. (1971): Acidification of tree-bark as a measure of air-pollution in southern Poland. - *Bul. Acad. Polon. Sci., Ser. sc. biologiques*, Cl II XIX, 189-195.
- GRÖSSER, C. & KRONSBORN, S. (1979): Untersuchung zur Luftverunreinigung im Raum Bielefeld mit Flechten als Bioindikatoren. Staatsexamensarbeit, PH Bielefeld.
- HAUGSJÅ, P. K. (1930): Über den Einfluß der Stadt Oslo auf die Flechtenvegetation der Bäume. - *Nyt Magazin for Naturvidenskaberne* 68, Oslo.
- HAYNES, F. N. & MORGAN-HUWS, D. I. (1970): The importance of field studies in determining the factors influencing the occurrence and growth of lichens. - *Lichenologist* 4, 362-368.
- HEIDT, V. (1978): Flechtenkartierung und die Beziehung zur Immissionsbelastung des südlichen Münsterlandes. *The Hague* (W. Junk).
- IXFELD, H. & ELLERMANN, K. (1981): Immissionsmessungen in Verdichtungsräumen. Bericht über die Ergebnisse der Messungen in Bielefeld, Bonn und Wuppertal im Jahre 1978. - *Schriftenr. Landesanstalt f. Immissionsschutz d. Landes NW* 53, 7-18.
- JACQUARD, F. & MARTIN, J. F. (1968): Influence des fumées d'usines sur la distribution des lichens dans la vallée de la Romanche. - *Pollution Atmosphérique* 38, 95-99.

- JÜRGING, P. (1975): Epiphytische Flechten als Bioindikatoren der Luftverunreinigung. - *Bibliotheca Lichenologica* 4, Lehre (Cramer).
- KILIAS, H. (1974): Die epiphytische Flechtenvegetation im Stadtgebiet von Erlangen. - *Hoppea*, 33, 99-170.
- KUNZE, M. (1974): Die Beeinflussung epiphytischer Flechten durch Luftverunreinigungen im Stadtgebiet Freiburg. »Flechten als Indikatoren für Luftverunreinigung«. - *Beih. Veröf. d. Landesstelle f. Naturschutz u. Landschaftspfll.*, BW, 5, (Ludwigsburg).
- (1976): Die Abhängigkeit der Frequenz epiphytischer Flechten von Substrat, Klima- und Immissionsfaktoren. - *Daten und Dokumente zum Umweltschutz*, H. 19, Dokumentationsstelle Univ. Hohenheim.
- LAHM, G. (1885): Zusammenstellung der in Westfalen beobachteten Flechten unter Berücksichtigung der Rheinprovinz. Münster.
- LANDESVERMESSUNGSAMT NRW (Hrsg.) (1968): *Topographischer Atlas NRW*. Bonn.
- LANDSCHAFTSPLAN Bielefeld-Ost (1979): *Ökologischer Fachbeitrag Bielefeld zum Landschaftsplan Bielefeld Ost*.
- LAUNDON, J. R. (1967): A study of the lichen flora of London. - *Lichenologist*, 3, 277-327.
- LE BLANC, F. & RAO, D. N. (1973): Evolution of the pollution and drought hypotheses in relation to lichens and bryophytes in urban environments. *Bryologist* 76, 1-19.
- LÖTSCHERT, W. & KÖHM, H. J. (1973): pH-Wert und Schwefelgehalt der Baumborke in Immissionsgebieten. - *Oecologia plant.* 8, 199-209.
- LÜDI, W. & ZOLLER, H. (1953): Mikroklimatische Untersuchungen an einem Birnbaum. - *Ber. geobot. Forschungsinst. Ruebel Zürich f. d. Jahr 1952*, 103-128.
- MASUCH, G. (1980): Epiphytische Rindenflechten der Senne als Bioindikatoren der Luftqualität. - *Ber. Naturw. Ver. Bielefeld, Sonderheft: Beiträge zur Ökologie der Senne*, 2, Teil, 75-94.
- MAURER, W., KARL, R., LACKNER, U. & EHRENDORFER, F. (1969): Rindenflechten und Luftverunreinigung im Stadtgebiet von Graz. - *Reinhaltung der Luft, Beiträge über Graz*, H. 1.
- MEISEL, S. (1959-1962): Bielefelder Osning, Ravensberger Mulde, Ostmünsterland. In: *Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands*, Bundesanstalt f. Landeskunde und Raumforschung, Bonn-Bad Godesberg, Selbstverlag.
- MOLL, W. (1973): *Taschenbuch für Umweltschutz I: Chemische und technologische Informationen*. - UTB 197, Darmstadt (Steinkopf).
- RABE, R. (1981): Zur Problematik der Interpretation von Flechten/Luftverunreinigungskarten. - *Verh. Ges. f. Ökologie IX*, 241-254.
- SAUNDERS, P. J. W. (1970): Air pollution in relation to lichens and fungi. - *Lichenologist* 4, 337-349.
- SCHIERENBERG, W. W. (1961): *Stadtraum Bielefeld - Brackwede*. - Dissertation Univ. Hamburg.
- SEITZ, W. (1972): Flechtenwuchs und Luftverunreinigung im Großraum von Saarbrücken. - *Ber. dt. Bot. Ges.* 85, 219-247.
- SERAPHIM, E. T. (1978): Erdgeschichte, Landschaftsformen und geomorphologische Gliederung der Senne. - *Ber. Naturw. Ver. Bielefeld, Sonderheft: Beiträge zur Ökologie der Senne*, 1. Teil, 7-24.
- SKYE, E. (1968): Lichens and air pollution. - *Acta Phytogeographica Suecica* 52, 8-112.
- STATISTISCHES JAHRBUCH der Stadt Bielefeld 1980.
- STAXÅNG, B. C. (1969): Acidification of bark of some deciduous trees. - *Oikos* 20, 2, 224-230.
- THOMÉ, M. (1976): *Ökologische Kriterien zur Abgrenzung von Schadräumen in einem urbanen System, dargestellt am Beispiel der Stadt Saarbrücken*. - Dissertation, Saarbrücken.
- TRÜMPENER, E. (1925/26): Über die Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration für die Verbreitung von Flechten. - *Bot. Zentralbl., Beih. Abt. B.* 42, 321-354.
- TÜRK R. & CHRIST, R. (1978): Untersuchungen über den Flechtenbewuchs an Eichen im Stadtgebiet Salzburs und über den Wasserhaushalt einiger charakteristischer Flechten. - *Phyton* 18, 107-250.

- VILLWOCK, J. (1962): Der Stadteinfluß Hamburgs auf die Verbreitung epiphytischer Flechten. - Abh. u. Verh. Nat. Ver. Hamburg, N. E. IV, 147-166.
- WILMANN, O. (1962): Rindenbewohnende Epiphytengemeinschaften in Südwestdeutschland. Beitr. naturk. Forsch. SW-Deutschland, XXI, H. 2, (Karlsruhe).
- WINKLER, S. (1977): Flechten u. Moose als Bioindikatoren. - In: FREY, W., HURKA, H. & OBERWINKLER, F.: Beiträge zur Biologie der niederen Pflanzen. Stuttgart-New York (Fischer).
- WIRTH, V. & TÜRK, R. (1975): Zur SO₂-Resistenz von Flechten verschiedener Wuchsform. - Flora 164, 133-143.
- WIRTH, V. (1976): Veränderungen der Flechtenflora und Flechtenvegetation in der Bundesrepublik Deutschland. - Schriftenr. f. Vegetationskd. 10, 177-202.
- (1976): Über den Einfluß des SO₂ auf die Flechtenvegetation in urbanen Räumen und die Indikation der SO₂-Belastung durch Flechten. - Schriftenr. f. Vegetationskd. 10, 203-213.
- WIRTH, V., BRINKMANN, B. (1975): Statistical Analysis of the lichen vegetation of an avenue in Freiburg with regard to injury on anthropogenous influences. - Oecologia 28, 87-101.

Bestimmungsliteratur

- DOBSON, F. (1979): Lichens. - The Richmond Publishing Co. Ltd., Richmond, GB.
- ERICHSEN, C. F. E. (1957): Flechtenflora von Nordwestdeutschland. - Stuttgart, (Fischer).
- HILLMANN, J. & GRUMMANN, V. (1957): Kryptogamenflora der Mark Brandenburg und angrenzender Gebiete, Bd. VIII, Flechten. - Dahlemer Bot. Ver. Berlin (Bornträger).
- POELT, J. (1969): Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. - Lehre (Cramer).
- POELT, J. & VÉZDA, A. (1977): Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten, Ergänzungsheft I. - Vaduz, (Cramer).
- (1981): Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten, Ergänzungsheft II. - Vaduz, (Cramer).
- WIRTH, V. (1980): Flechtenflora. - UTB 1062, Stuttgart, (Ulmer).

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Almut Gerhardt,
Universität Bielefeld,
Fakultät für Biologie,
Universitätsstraße,
4800 Bielefeld 1

Christiane Größer-Hellriegel,
Sudbrackstraße 25 a
4800 Bielefeld 1

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte des Naturwissenschaftlichen Verein für Bielefeld und Umgegend](#)

Jahr/Year: 1983

Band/Volume: [26](#)

Autor(en)/Author(s): Gerhardt Almut, Größer-Hellriegel Christiane

Artikel/Article: [Untersuchungen zur epiphytischen Flechtenvegetation im Raum Bielefeld 161-206](#)