

Aus der Sektion Biowissenschaften der Karl-Marx-Universität Leipzig,
Bereich Taxonomie und Ökologie
(Fachbereichsleiter: Doz. Dr. G. K. Müller)

Untersuchungen über die Verbreitung epixyler Flechten zur Feststellung des Umfanges der Luftverunreinigung im Leipziger Raum

Von

P. Gutte, M. Hallebach und H. Köhler
Mit 5 Abbildungen

(Eingegangen am 10. September 1975)

1. Einführung und Aufgabenstellung

Auf die Tatsache verminderten Flechtenwachstums in Großstädten wurde erstmals durch die Untersuchungen von Nylander (1866) aufmerksam gemacht. Seit man erkannte, daß Flechten Bioindikatoren für die Luftverunreinigung darstellen, ist wiederholt versucht worden, in Groß- und Kleinstädten den Grad der Luftverschmutzung an Hand der Verbreitung von Flechten zu bestimmen.

Heute liegen diesbezügliche Untersuchungen von über 50 Großstädten vor.¹ Entsprechende Arbeiten wurden für das Gebiet der DDR für Berlin (Natho 1964 a), Halle (Voigtländer 1969, Schubert 1975) und Magdeburg (Mielke 1971) sowie für die Kleinstädte Kühlungsborn (Natho 1964 b) und Osterburg (Mielke 1970) publiziert.

Das Ziel unserer Arbeit bestand darin, den Grad der Luftverschmutzung an Hand der Verteilung epixyler Flechten in Leipzig zu bestimmen. Gleichzeitig wurden vergleichsweise die Städte Naunhof und Brandis untersucht, um verschiedene Spezialfragen zu lösen.

Für die Untersuchungen wurden vom Herbst 1971 bis Sommer 1972 in Leipzig der überwiegende Teil der Straßen und Plätze, Friedhöfe und Parkanlagen kontrolliert. Einbezogen wurden auch alle Vororte Leipzigs mit Ausnahme von Taucha.

Durch den Leipziger Auenwald sind mehrere Untersuchungsprofile gelegt und entlang dieser die Bäume hinsichtlich Flechtenvorkommen kartiert worden.

In analoger Weise haben wir Naunhof und Teile des Naunhofer Forstes, die Ortslage Brandis sowie stichprobenartig verschiedene Waldgebiete von Grimma bis Rochlitz überprüft.

Bei diesen Untersuchungen sind etwa 13 000 Bäume kontrolliert worden. Die dafür abgelaufene Wegstrecke beträgt etwa 1 200 km.

Etwa die Hälfte aller Bäume, deren Flechtenbewuchs wir prüften, sind Linden, je etwa 500 bis 700 Ahorne, Eschen, Roßkastanien, Eichen und Pappeln. Der Rest

¹ Literaturübersichten siehe bei Barkmann (1966), Kirschbaum, Klee und Steubing (1971) sowie Le Blanc (1971).

verteilt sich auf Robinie, Weißdorn (Rotdorn), Birke, Rotbuche, Ulme, Birne, Nadelhölzer usw. Platanen blieben unberücksichtigt, da sie wegen ihrer speziellen Borkenstruktur nicht geeignet erscheinen.

An Bäumen wurde das Flechtenvorkommen einheitlich in Brusthöhe auf einem etwa 50 bis 75 cm langen Streifen untersucht, und zwar stets an der am stärksten besiedelten Seite. Dabei schätzten wir das Vorkommen der Flechten nach der von Domrös (1966) erarbeiteten Skala, da sie uns für praktische Zwecke am besten geeignet erschien.

Es bedeutet dabei:

0 \triangle kein Flechtenwachstum,

1 \triangle bis 10 % der untersuchten Stammflächen deckend,

2 \triangle 10 bis 25 % der Fläche deckend; die Flechten wachsen meist nur in den Borkenspalten,

3 \triangle 25 bis 50 % der Fläche deckend,

4 \triangle 50 bis 100 % der Fläche deckend.

Nach Übertragung der Ergebnisse auf eine Grundkarte wurden die Punkte gleicher Flechtenwerte durch Linien verbunden. Dadurch erhält man Zonen gleicher Flechtenhäufigkeit, die zugleich Gebiete von mehr oder weniger gleichem Luftverschmutzungsgrad darstellen.

Diese Zonen werden seit Sernander (1926) als „Flechtenwüste, Kampfzone und Normalzone“ bezeichnet. Da jedoch die meisten Autoren diese Begriffe mit verschiedenem Inhalt versehen, haben wir sie in Anlehnung an Domrös (1966) wie folgt definiert:

- | | |
|----------------|--|
| Flechtenwüste: | kein Flechtenwachstum an Bäumen als Folge einer sehr hohen Luftverunreinigung; |
| Kampfzone 1: | einzelne Flechten decken bis zu 10 % des Stammes, meist kümmernd; Luftverhältnisse noch sehr schlecht; |
| Kampfzone 2: | bis zu 1/4 der untersuchten Fläche wird von Flechten bedeckt; Luftverschmutzung mäßig; |
| Kampfzone 3: | Deckungsgrad bis 50 %, gewöhnlich mit Apothecien; Luftverschmutzung geringer; |
| Normalzone: | in dieser Zone decken die Flechten über 50 % der untersuchten Fläche, entweder nur auf einer Seite oder ringsum. Im Bereich dieser Zone können die Luftverhältnisse unter nordwestsächsischen Bedingungen als gut bezeichnet werden. |

3. Klimatische Angaben

Da auch das Klima, insbesondere das Stadtklima, auf die Verteilung der Flechten einen wenn auch noch nicht immer genügend erforschten Einfluß hat, sollen einige klimatische Werte angeführt werden.

A. *Windverhältnisse*: Für die Umgebung von Leipzig herrschen Winde aus westlichen und südwestlichen Richtungen vor. Dies ist bedeutungsvoll, weil sich die Hauptemittenten der Industrie in den westlichen Stadtteilen befinden.

Auch ein Teil der benachbarten industriellen Ballungsräume, und zwar Leuna – Buna und Böhlen – Espenhain, liegen westlich und südlich von Leipzig, also in Richtung der vorherrschenden Winde.

B. *Niederschlag*: Feste und gasförmige Emissionen werden durch die Niederschläge aus der Luft ausgewaschen. Die Effektivität ist um so größer, je häufiger

Niederschläge fallen. Das langjährige Mittel der Niederschläge für die Station Leipzig-Mockau beträgt 569 mm, für die Station Leninstraße 545 mm.

Bei hoher relativer Luftfeuchte nimmt der Gehalt an Emissionen in der Luft zu. An nebligen Tagen ist der Staubgehalt der Atmosphäre höher. Die Jahresmittel der relativen Luftfeuchte für die Jahre 1960–1971 lagen zwischen 78 % und 82 %. Die Anzahl der Nebeltage ist für Leipzig relativ hoch. Das Mittel der Jahre von 1962 bis 1971 lag bei 66 Tagen.

C. *Temperatur*: Die Jahresdurchschnittstemperatur für 1971 betrug 9,1 °C, für 1970 und 1969 je 8,2 °C. Das langjährige Mittel für Leipzig-Mockau wird mit 8,5 °C und für die Leninstraße mit 9,3 °C angegeben.

4. Ergebnisse der Flechtenkartierung

In Übereinstimmung mit anderen Städten in Industriegebieten lassen sich zunächst folgende generelle Feststellungen treffen:

1. Die Flechtenwüste in der Stadt nimmt eine große Fläche ein.
2. Die Flechtenwüste wird ringartig von den einzelnen Kampfzonen umgeben, wobei das Flechtenwachstum stadtauswärts zunimmt.
3. Auch in der „Normalzone“ tritt nur eine Art von Krustenflechten auf. Im gesamten Untersuchungsgebiet, einschließlich des stichprobenartig kontrollierten Muldengebietes, fanden wir nur die schon als stark toxis tolerant bekannte *Lecanora varia* (Ehrh.) Ach.¹

4. Laubflechten, besonders aber die von Vareschi (1936) überhaupt erst als Weiser einer Normalzone ausgewiesenen Strauch- und Bartflechten, fehlen im Gebiet völlig.

Es kann angenommen werden, daß das nordwestsächsische Gebiet von Natur aus – wohl auf Grund großklimatischer Verhältnisse – seit jeher flechtenärmer war. Zum anderen könnte zusätzlich die enorme jahrzehntelange Gesamtbelastung des Gebietes zu einem großflächigen Rückgang der Arten geführt haben.

4.1. Die Flechtenzonen der Stadt Leipzig

Die Flechtenwüste: Die ausgedehnte Flechtenwüste in Leipzig wird durch den Auenwald und die Parkanlagen entlang der Pleiße und Weißen Elster in zwei Hauptgebiete untergliedert (Abb. 1):

A. Der größere östliche Teil umfaßt das dichtbesiedelte Zentrum der Stadt sowie unmittelbar angrenzende Stadtteile.

B. Der kleinere westliche Teil erstreckt sich über die Industriegebiete Lindenau – Plagwitz und schließt Teile von Leutzsch und Großschocher mit ein.

Außerhalb der beiden geschlossenen Areale der Flechtenwüste sind Exklaven im Zentrum der Vororte vorhanden.

Die Kampfzonen: Bei der Betrachtung der Kampfzonen fällt auf, daß die Steilheit ihrer Abfolge im Osten Leipzigs bedeutend geringer ist als im Westen. Wir sehen hierin die Wirkung der vorherrschenden West- und Südwestwinde, die die verschmutzte Luft des Stadtzentrums über die östlichen Vororte trägt.

¹ Bei der Schwierigkeit der Ansprache von Flechten ist es allerdings nicht ganz auszuschließen, daß an einigen Stellen vielleicht Vertreter anderer Krustenflechten übersehen worden sind. Diese dürften jedoch so selten sein, daß sie auf die Aussage der Ergebnisse ohne Einfluß sind.



Abb. 1. Die Flechtenzonen der Stadt Leipzig und ihrer Vororte

Die Kampfzone 1 umgibt als Gürtel unterschiedlicher Ausdehnung die Flechtenwüste. Beide Teile der Flechtenwüste werden durch einen breiten Streifen der Kampfzone 1 getrennt, der vorwiegend Parks und Waldreste der Aue einschließt.

Exklaven kommen vor:

- in Vororten und Randgemeinden als schmale Zone um die Flechtenwüste;
- an Hauptverkehrsstraßen in Kampfzone 2;
- als Inseln in der Flechtenwüste (Friedhöfe).

Die Kampfzone 2 schließt sich stadtauswärts an die Kampfzone 1 an. Exklaven gibt es sowohl in Kampfzone 1 (Parks, Friedhöfe) als auch in der Kampfzone 3 (z. B. Ortslage Zweinaundorf).

Zur Kampfzone 3 gehören der Stadtrand und die nähere Umgebung von Leipzig. Markante, stadtwärts gerichtete Ausbuchtungen dieser Zone sind die Auenwaldgebiete, das Gelände der agra und der Südfriedhof. Auch hier gibt es Exklaven in den vorhergehenden Zonen: Wieder sind es Friedhöfe (Kleinzschocher, Lindenau) oder Parkanlagen (Wilhelm-Külz-Park).

Ein geschlossener Gürtel der Normalzone wurde um Leipzig nicht festgestellt. Sie beschränkt sich lediglich auf einige unscharf abgegrenzte Flächen am Stadtrand: bei Probstheida-Meusdorf, Holzhausen, Plauffig und Stahmeln.

Auf der Karte nicht mehr dargestellt sind die beiden Kleinstädte Schkeuditz und Markranstädt. Sie zeigen die gleiche Abfolge der Flechtenzonen von der Flechtenwüste im Zentrum bis Kampfzone 3 am Stadtrand.

4.2. Der Einfluß der Luftverschmutzung auf die Flechtenverbreitung, dargestellt an Einzelbeispielen

Um zu zeigen, in welchem Maße Flechten schon auf kleinstem Raum Unterschiede im Grad der Luftverschmutzung anzeigen, sind an einigen repräsentativen Beispielen Feinkartierungen durchgeführt worden. Sie dokumentieren die positive oder negative Wirkung einzelner Faktoren, wie z. B. Wirkung der Kfz-Abgase, der Industrie-Emissionen, Filterwirkung von Bäumen und Sträuchern usw.

Wir möchten aber unterstreichen, daß die Gesamtkarte von Leipzig schon eine genügend große Genauigkeit aufweist, um die Wirkung bestimmter Faktoren auf kleinem Raum direkt ablesen zu können.

A. Feinkartierung Wilhelm-Külz-Park

Der südöstlich an das Gelände der Technischen Messe angrenzende Park wurde als Objekt für eine detaillierte Kartierung gewählt, da er als typisches Beispiel für die positive „luftsäubernde“ Wirkung einer städtischen baumbestandenen Grünfläche dienen kann (Abb. 2).

Von der Begrenzung des Parkes bis zu seinem Zentrum nimmt der Flechtenbesatz zu, d. h. Abfolge der Zonen von der Flechtenwüste bis zu einem kleinen Gebiet mit normalem Flechtenwachstum. Infolge des starken Verkehrs fehlen Flechten an der Hauptverkehrsstraße (Leninstraße). Die Verbreitung der flechtenfreien Zone an der Kreuzung mit der Straße „An der Tabaksmühle“ kann nur durch die beim Starten stärker auftretenden Abgase erklärt werden.

Betrachtet man die Abfolge der Flechtenzonen, so fällt auf, daß entlang der Richard-Lehmann-Straße höherer Flechtenbewuchs auch nahe der Straße zu beobachten ist. Ursachen hierfür dürften sein:

a) der etwas geringere und schnellere Verkehr (70 km/h!),

b) vor allem aber die Filterung der Luft durch einen dichten Strauchmantel. (Im Gegensatz dazu fehlt ein solcher entlang der Leninstraße, so daß die Abgase ungehindert in die Parkanlage eindringen.)

Da anzunehmen ist, daß die Gesamtmenge von Immissionen auf den Park überall gleich ist, demonstriert das Beispiel:

a) die Wirkung der Hauptverkehrsstraßen und Kreuzungen,

b) den Einfluß eines guten Strauchmantels um den Park,

c) die großflächige Filterwirkung eines relativ dicht mit Bäumen bestandenen Parks.

B. Feinkartierung Markkleeberg, Umgebung der Gaststätte „Forsthaus Raschwitz“

Mit diesem Beispiel soll insbesondere die lokal starke Luftverschmutzung an Straßenkreuzungen, Tankstellen und Parkplätzen veranschaulicht werden (Abb. 3).

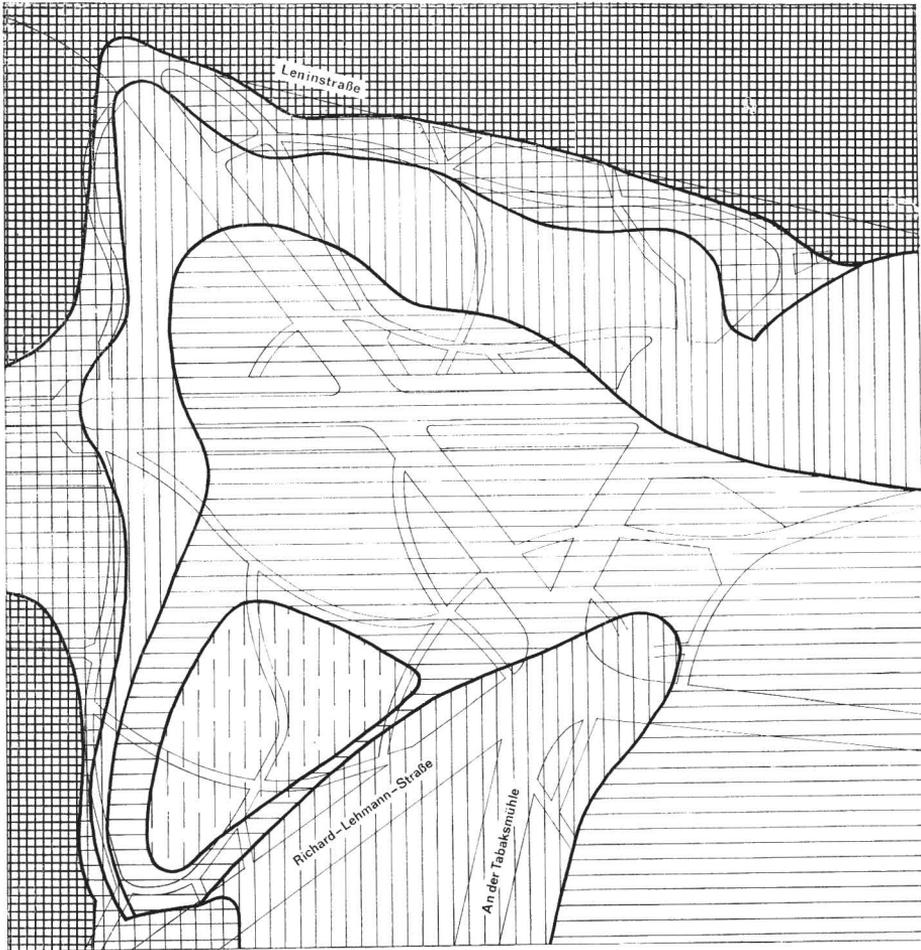


Abb. 2. Feinkartierung der Flechten in einem städtischen Park (Wilhelm-Külz-Park Leipzig)
(Legende wie bei Abb. 1)

Die westlich an die agra angrenzenden Teile von Markkleeberg gehören zur Flechtenzone 3. Der Einfluß der stark befahrenen F 2 (Koburger Straße) ist deutlich zu erkennen, ebenso die Anfahrt zur agra und nach dem Zentrum von Markkleeberg-West (Breitscheidstraße). Die Flechten fehlen völlig an den Bäumen der Abzweigung Breitscheidstraße, an der Tankstelle und am Parkplatz, vermindertes Flechtenwachstum zeigen die Bäume an der Kreuzung Breitscheidstraße – Leipziger Straße mit schwächerem Verkehrsaufkommen (Flechtenzone 1). Der überraschend starke Flechtenwuchs an den Linden gegenüber dem Parkplatz zeigt, daß die Auswirkungen lokal begrenzt sind und eine sich hier befindende dichte Hecke die Abgaswirkung bremst.

C. Feinkartierung Schomburgkstraße

Die Schomburgkstraße liegt im Industriegebiet Lindenau und verläuft in SW-NO-Richtung. Wir wählten dieses Beispiel, um den Einflußbereich der Emissionen eines Betriebs, in diesem Falle einer Zementumschlagstelle, an Hand der Flechtenverbreitung genau abzugrenzen (Abb. 4).

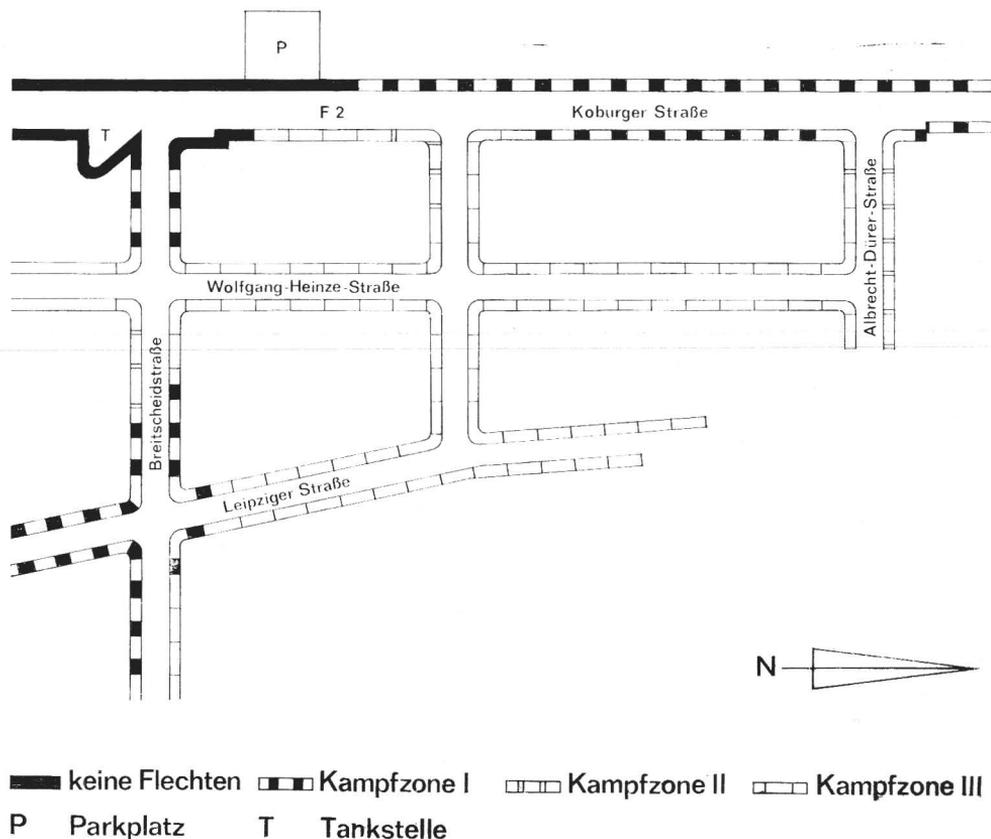


Abb. 3. Feinkartierung der Flechten an Straßenkreuzungen (Beispiel Markkleeberg)

Alle Linden, die sich in Höhe des Werkes befinden, sind absolut flechtenfrei, doch kann stadtauswärts schon an den nächsten Bäumen unmittelbar neben dem Werksgelände geringes Flechtenwachstum nachgewiesen werden (Zone 1). Es schließt sich eine charakteristische Abfolge der Kampfzonen an: Wenige Linden der Zone 2 leiten über zu einem breiten Abschnitt mit Flechtenbewuchs bis 50 % (Zone 3), um bei den letzten Bäumen sogar Werte der Normalzone zu erreichen. Der Einfluß der Zementumschlagstelle ist stadtauswärts also nach wenigen Metern aufgehoben, wobei sicherlich auch die Hauptwindrichtung eine Rolle spielt.

Stadteinwärts (Richtung NO zur Merseburger Straße) sind die Verhältnisse ähnlich, doch ist die Kampfzone 2 hier bedeutend breiter. Die Kampfzone 3 ist durch etwas besseren Flechtenwuchs an einigen Bäumen gerade noch angedeutet, während die Normalzone völlig fehlt. Das Abnehmen des Flechtenwuchses nahe der (auf der Abbildung nicht mehr eingezeichneten) Merseburger Straße ist wieder auf Kfz-Abgase zurückzuführen.

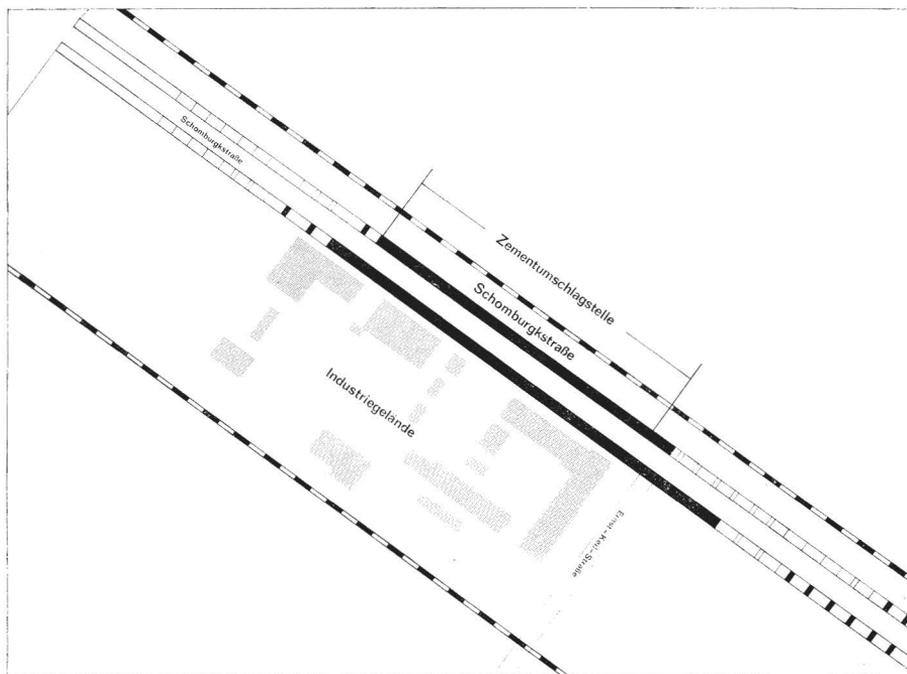


Abb. 4. Feinkartierung der Flechten nahe eines Industriebetriebes, dargestellt am Beispiel der Zementumschlagstelle in der Schomburgstraße
(Legende wie bei Abb. 3)

4.3. Die Verbreitung der Flechten in Naunhof und Brandis

Naunhof, eine Kleinstadt südöstlich von Leipzig, und der Naunhofer Forst stellen eines der für die Leipziger Bevölkerung schnell erreichbaren Naherholungsgebiete dar. Deshalb lag es nahe, die Luftgüteverhältnisse von Naunhof und Umgebung zu prüfen (Abb. 5).

Die Flechtenwüste und die Kampfzone 1 wurden nicht festgestellt. Das Innere der Stadt gehört zur Kampfzone 2. Die Grenze der Kampfzone 3 ist im wesentlichen mit der Grenze der geschlossenen Bebauung identisch. Der südwestliche Teil der Stadt gehört jedoch bereits zur Normalzone. Diese umfaßt außerdem das gesamte übrige um Naunhof untersuchte Gebiet, also den Naunhofer und Lindhardter Forst im Umkreis von 6 bis 7 km um die Stadt einschließlich der Ortslage Lindhardt.

Der Naunhofer Forst und der größte Teil der Stadt verfügen demnach über für nordwestsächsische Bedingungen gute Luftverhältnisse. Aus dieser Sicht wäre ein weiterer Ausbau des Naunhofer Forstes als Naherholungsgebiet zu empfehlen.

Die gleichen Verhältnisse wie um Naunhof fanden wir in allen von uns untersuchten Flächen im Muldengebiet zwischen Grimma und Rochlitz vor.

Die Flechtenkartierung der Kleinstadt Brandis östlich von Leipzig wurde durch die zuständigen Stellen des Rates des Bezirkes angeregt, da von den Bürgern der Stadt Beschwerden über eine Staubbelastigung vorlagen. Unsere Untersuchungen brachten folgende Ergebnisse:

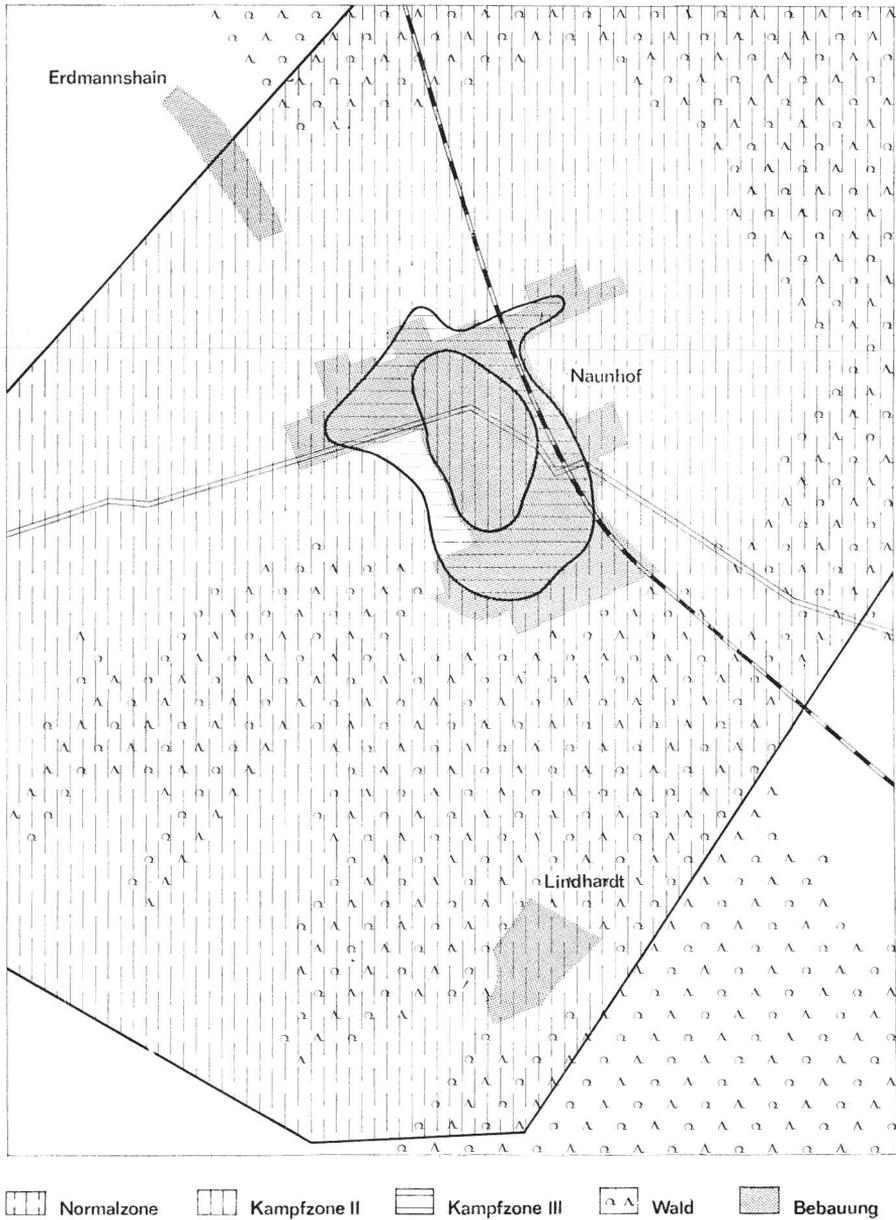


Abb. 5. Die Flechtenzonen der Kleinstadt Naunhof und ihrer Umgebung

Kartennachweis

Abb. 1 bis 4: Stadtplan der Messestadt Leipzig, etwa 1:15 000. VEB Landkartenverlag Berlin, erschienen um 1970, modifiziert (Abb. 2 und 4 mit eigenen Ergänzungen).

Abb. 5: Meßtischblatt 4741 Naunhof, 1:25 000, herausgegeben 1907, letzte Nachträge 1935, Nachdruck Mai 1955; stark modifiziert.

1. Eine Flechtenwüste fehlt im Stadtgebiet.

2. Sämtliche untersuchten Bäume des Stadtgebietes sind hinsichtlich ihres Flechtenbesatzes in die Kampfzone 3 einzugliedern. Damit ist Brandis als nicht stark belastet anzusehen.

3. Durch die vorherrschenden Winde aus westlichen Richtungen trift die Emissionsstäube des Silikatwerkes, das sich am östlichen Stadtrand befindet, meist nicht über das Stadtgebiet, sondern wirken sich vorwiegend im östlichen anschließenden Waldbestand (Forstrevier Polenz) aus.

4. Eine akute Schadzone (Flechtenwüste) erstreckt sich unmittelbar östlich des Silikatwerkes. Sie nimmt nur eine geringe Fläche ein.

5. Bei Ost- bzw. Südost-Windlagen, wie sie vor allem im Winterhalbjahr häufiger auftreten, kann es im Stadtgebiet kurzfristig zu erheblichen Belästigungen durch Sedimentationsstäube des Silikatwerkes kommen. Die Flechten als Indikatoren längerfristig einwirkender Luftverunreinigung zeigen jedoch im Stadtgebiet zur Zeit noch keine oder nur verhältnismäßig geringe Schädigungen.

4.4. Zusammenfassende Betrachtung der Wirkung der einzelnen Faktoren auf die Flechtenverbreitung

Industrie-Emissionen, Hausbrand, Kfz-Abgase und andere Emittenten sind die Hauptursachen für die Ausbildung der ausgedehnten Flechtenwüste Leipzigs. Die Wirkung von Industrie-Emissionen konnte u. a. direkt nachgewiesen werden am Beispiel des Zementumschlagwerkes und am Beispiel des Silikatwerkes Brandis.

Beispiele für die außerordentlich negative Wirkung der Kfz-Abgase – es handelt sich vorwiegend um CO, Benzpyren und Kohlenwasserstoff – wurden schon mehrfach dargelegt. In Übereinstimmung mit anderen Autoren (Beschel 1958; Mägdefrau 1960) beobachteten wir häufig entlang der Hauptverkehrsstraßen stadtauswärts schlauchartige Verlängerungen der Gebiete größerer Luftverschmutzung.

Parks, Friedhöfe, Grünanlagen und Kleingartenanlagen stellen in der Stadt grüne Inseln dar, die stark zur Luftverbesserung beitragen. Besonders Friedhöfe mit ihrem dichten Strauchunterwuchs und ihrer Umgrenzung durch Mauern oder Hecken sind fast immer Exklaven günstiger Luftverhältnisse. Ähnliche Beobachtungen machte auch Voigtländer (1969) in Halle.

Parkanlagen zeigen die besten Wirkungen, wenn ihr Baumbestand dicht ist. Auch die Parkanlagen bewirken eine Ausbuchtung oder Verbreiterung der Zonen besseren Flechtenwachstums oder stellen sogar Exklaven von Flechtenvorkommen in der Flechtenwüste dar. Selbst kleine Baumbestände, die im Stadtplan nicht eingezeichnet sind, zeigen oft stärkeren Flechtenbewuchs als ihre Umgebung. Eine sehr günstige Wirkung üben breite, zusammenhängende Streifen von Parkanlagen oder Laubwaldflächen aus, wie z. B. die Parks und Auenwaldreste entlang der Weißen Elster und Pleiße, wodurch die Flechtenwüste Leipzigs in zwei große Teile getrennt wird. Wie stark diese Grünflächen besonders durch die vom Westen der Stadt angewehten Industriestäube und -abgase belastet sind, zeigt die Tatsache, daß das gesamte Parkgelände entlang der Weißen Elster und Pleiße zur Flechtenzone 1 gehört, während der nordwestlich und südlich anschließende Auenwald zur Kampfzone 3 zu rechnen ist.

Am Beispiel des Mariannenparks in Leipzig-Schönefeld läßt sich demonstrieren, daß ein nur mit einem relativ geringen Baumbestand ausgestatteter Park in einem sehr luftverschmutzten Gebiet nicht ausreicht, die Luftsituation wesentlich zu verbessern. Dieser Park gehört völlig zur Flechtenwüste.

Kleingartenanlagen sind ähnliche positive Wirkungen wie Parkanlagen oder Friedhöfen zuzuschreiben. Dafür spricht auch die Tatsache, daß in der Regel mit Beginn der Kleingartenanlagen, sofern sie nahe dem Stadtzentrum liegen, die Flechtenzone 1 beginnt.

4.5. Vergleich der Staub- und SO₂-Messungen im Stadtgebiet von Leipzig mit Ergebnissen der Flechtenkartierung

In den Jahren 1964–1965 wurden in Leipzig Staub- und SO₂-Messungen durchgeführt (Bredel und Stamm 1971). Bei den Staubmessungen liegen die einzelnen Meßergebnisse von 42 über das gesamte Stadtgebiet verteilten Meßstellen vor, und zwar von nur einem Jahr. Flechten spiegeln dagegen einen länger andauernden Verschmutzungseffekt wider. Aus diesem Grund wird verständlich, daß eine gute Übereinstimmung der Befunde der Sedimentationsstaubmessungen und der Flechtenkartierung nur vorhanden ist, soweit es sich um Unterschiede zwischen den Kampfzonen insgesamt und der Flechtenwüste handelt.

Beim Vergleich der Flechtenkartierung mit den SO₂-Immissions-Messungen von Bredel und Stamm (1971) erhielten wir folgende Ergebnisse:

- Innerhalb gewisser Grenzen ist eine Übereinstimmung feststellbar;
- die beiden Teile der Leipziger Flechtenwüste sind deutlich höher belastet als die Kampfzonen 1–3;
- Unterschiede in der SO₂-Belastung der einzelnen Kampfzonen sind nur zum Teil erkennbar.

5. Fragen der Stadt- und Erholungsplanung

Aus der Kartierung der epixylen Flechten lassen sich bestimmte Schlußfolgerungen für die Stadt- und Erholungsplanung ableiten. Ohne dabei Vollständigkeit anzustreben, werden im folgenden einige diesbezügliche Hinweise zusammengestellt. Wir verweisen hier auch auf die Ausführungen von Natho (1964 a, 1966), der, ebenfalls von den Ergebnissen der Flechtenkartierung ausgehend, Veränderungen in der Städteplanung gefordert und entsprechende Hinweise gegeben hat.

Alle Maßnahmen müssen darauf gerichtet sein, das Gebiet der Flechtenwüste zu verkleinern, denn „jede Flechtenwüste ist als wohnklimatisch sehr schlechtes Gebiet anzusprechen“ (Natho 1964 a).

Im einzelnen lassen sich unsere Überlegungen in folgenden Punkten zusammenfassen:

1. Erhaltung und Pflege des vorhandenen städtischen Großgrüns. Da die Filterwirkung in der Reihenfolge Laubwald → Nadelwald → dichter Park/Friedhof → aufgelockerter Park → Rasenflächen abnimmt (vgl. hierzu auch Bauer/Weinitzke 1973), muß u. a. gefordert werden:

- Erhaltung jedes Waldrestes, keine Umwandlung in Parkanlagen,
- Parkanlagen ist der Vorzug gegenüber Rasenflächen zu geben,
- Erhaltung jeden Baumes im Stadtgebiet.

2. Großzügige Neuanlagen von baumreichen Parkanlagen, möglichst in Verbindung mit noch vorhandenen Waldresten.

3. Förderung aller Maßnahmen zur Herabsetzung der Luftverunreinigung, z. B. Verbannung der Industrie aus den Wohngebieten, Einbau von Filtern, Umstellung der Ofen- auf Fernheizung, schnelle Wiederbegrünung städtischen Ödlandes.

4. Eingrünung von Fabriken, Parkplätzen und ähnlichen Objekten, um die Immissionsstäube bzw. Abgase zu binden oder von der Umgebung fernzuhalten, sowie

von Kindergärten, Schulen, Krankenhäusern usw., um sie von Emissionsquellen abzusichern (gleichzeitig Lärmschutz).

5. Sportplätze und andere Stätten der aktiven Erholung sollten niemals in der Flechtenwüste liegen. Alle Sportstätten müssen von einem Baum- und Strauchmantel umgeben sein.

6. Einleitung von verkehrstechnischen Maßnahmen, wie Anlage von Umgehungsstraßen, Schnellstraßen, Einhaltung der „Grünen Welle“, Abschirmung der Fußgänger- und Radwege durch Hecken von den Hauptverkehrsstraßen.

7. Da man, wie ausgeführt, auf wenige Meter, z. B. an Straßenkreuzungen, die Luftgüte aus der Flechtenverbreitung ablesen kann, lassen sich Rückschlüsse auch für die Standortseignung bei Anlage kleinster Objekte wie Kindergärten, Straßenbahnhaltestellen, Kioske usw. ableiten.

6. Zusammenfassung

Vorliegende Arbeit ist ein Beitrag zur Klärung der Luftgüteverhältnisse mittels eines Bioindikators. Anhand der Verbreitung der epixylen Flechte *Lecanora varia* in der Stadt Leipzig, ihren Vororten sowie um die Kleinstädte Naunhof und Brandis werden verschiedene Zonen des Flechtenwachstums ausgeschieden, die zugleich Gebiete unterschiedlich stark belasteter Luft darstellen.

Im Untersuchungsgebiet wurden etwa 13 000 Bäume entlang einer Wegstrecke von rund 1200 km kontrolliert und die Ergebnisse kartenmäßig dargestellt.

Aus den gefundenen Ergebnissen geht hervor, daß der Verschmutzungsgrad der Luft im Bereich der gesamten Stadt sehr hoch ist. Die Gebiete um Naunhof und Brandis weisen dagegen deutlich günstigere Luftgüteverhältnisse auf.

An Einzelbeispielen wird der schädigende Einfluß von Emittenten (Kfz-Abgase, Industrie-Emissionen u. a.) und die positive Wirkung von städtischem Grün (Parks, Friedhöfe, Kleingartenanlagen usw.) dokumentiert und diskutiert.

Anschließend werden Hinweise zur Stadt- und Erholungsplanung aus biologischer Sicht gegeben.

Schrifttum

- Barkmann, J. J.: Menschlicher Einfluß auf die Epiphytenvegetation Westeuropas. In Tüxen, R. (Hrsg.): *Anthropogene Vegetation*. Den Haag 1966, S. 8–18.
- Bauer, L., und H. Weinitschke: *Landschaftspflege und Naturschutz*. 3. Aufl. Jena 1973.
- Beschel, R.: Flechtenvereine der Städte, Stadtflechten und ihr Wachstum. *Ber. Naturwiss.-Med. Ver. Innsbruck* **52** (1958) 7–156.
- Bredel, H., und Ch. Stamm: Statistische Auswertung von SO₂-Immissionsmessungen im Stadtgebiet von Leipzig. *Z. ges. Hygiene und ihre Grenzgebiete* **17** (1971) 882–886.
- Domrös, M.: Luftverunreinigung und Stadtklima im Rheinisch-Westfälischen Industriegebiet und ihre Auswirkung auf den Flechtenbewuchs der Bäume. *Arb. z. Rhein. Landeskunde* **23** (1966) 5–132.
- Kirschbaum, U., R. Klee und L. Steubing: Flechten als Indikatoren für die Immissionsbelastung im Stadtgebiet von Frankfurt/M. *Staubreinhaltung der Luft* **31** (1971) 21–24.
- Le Blanc, F.: Possibilities and Methods for Air Pollution on the Basis of Lichen Sensivity. *Mitt. Forstl. Bundes-Versuchsanst. Wien* **92** (1971) 103–126.
- Mägdefrau, K.: Flechtenvegetation und Stadtklima. *Naturwiss. Rundsch.* **13** (1960) 210–214.
- Mielke, U.: Das Wachstum rindenbewohnender Flechten in der Kleinsadt Osterburg/Altmark (DDR). *Hercynia N. F.* **7** (1970) 111–114.

- Mielke, U.: Epixyle Flechten in der Stadt Magdeburg. *Hercynia* N. F. **8** (1971) 172–177.
- Natho, G.: Die Verbreitung der epixylen Flechten und Algen im Demokratischen Berlin. *Wiss. Z. Humboldt-Univ. Berlin, Math.-nat. R.* **13** (1964 a) 53–75.
- Natho, G.: Zur Verbreitung rindenbewohnender Flechten in Kleinstädten – Ostseebad Kühlungsborn. *Wiss. Z. Humboldt-Univ. Berlin, Math.-nat. R.* **13** (1964 b) 639–643.
- Natho, G.: Flechtenentwicklung in Städten. *Drudea* **4** (1966) 33–44.
- Nylander, W.: Les lichenes du Jardin du Luxembourg. *Bull. Soc. Bot. de France* **13** (1866).
- Schubert, R.: Flechten als Indikatoren für SO₂-Verschmutzung der Atmosphäre. Vortrag zum Symposium „Kryptogamen als Bioindikatoren“ am 20. 3. 1975 in Leipzig. *Mitt. Sekt. Geobot. und Phytotax. der Biol. Ges. der DDR* **6** (1975) 18–19.
- Sernander, R.: *Stockholms natur*. Uppsala und Stockholm 1926.
- Vareschi, V.: Die Epiphytenvegetation von Zürich (Epixylenstudien II). *Ber. Schweiz. Bot. Ges. (Festband Eduard Rübel)* **46** (1936) 445–488.
- Voigtländer, D.: Die epiphytische Flechtenvegetation der Stadt Halle a. S. und ihre Beeinflussung durch Luftverunreinigung und Stadtklima. Staatsexamensarbeit Inst. f. System. Bot. u. Pflanzengeogr. der Martin-Luther-Univ. Halle 1969.

Dr. Peter Gutte und Dr. Hans Köhler
Sektion Biowissenschaften der Karl-Marx-Universität Leipzig
Bereich Taxonomie und Ökologie
DDR - 701 Leipzig
Talstraße 33

Dr. Maria Hallebach
Bezirkshygieneinstitut Leipzig
DDR - 701 Leipzig
Beethovenstraße 25