

Möglichkeiten und Grenzen der Luftqualitätsbewertung mit Flechten

- Eberhard Diem †, Hermann Muhle und Sieghard Winkler -

Lichens on the bark of trees in the area of the towns Ulm/Neu Ulm were mapped. Additionally the index of atmospheric purity (IAP) was calculated. With these two methods four regions of air quality could be distinguished. A lichen-free inner city could not be demonstrated. The results of these four lichen-zones were compared with some measurements of air pollution

Air pollution, index of air purity (IAP), lichens, towns.

1. Einführung

Zunehmende Mengen an Schadstoffen in der Atmosphäre führen zu vielfachen Veränderungen von Organismen und Organismensystemen. Punktuelle Messungen einzelner belastender Stoffe können apparativ im Rahmen des Umweltschutzes nur mit sehr aufwendigen chemischen und physikalischen Methoden durchgeführt werden.

Mit der Bioindikation, also der Reaktion der Organismen oder Ökosysteme, lassen sich bereits frühzeitig bzw. sehr empfindlich Wirkungen von Umweltbelastungen erkennen. Vor allem Kryptogamen, die alle Stoffe mit der gesamten Oberfläche aufnehmen, reagieren sehr sensibel. Es ist allerdings festzuhalten, daß sich stets die gesamte Summe der Belastungen auf die Lebewesen auswirkt und von den Bioindikatoren angezeigt wird (WINKLER 1977).

2. Methoden

Als besonders geeignet für ökologische Kriterien zur Bewertungsmöglichkeit der Luftqualität im städtischen Lebensraum haben sich die Flechten erwiesen (HAWKSWORTH, ROSE 1970; MÜLLER 1974, DÄSSLER 1976). Ihr Indikatorwert wurde schon frühzeitig erkannt. Am Beispiel der Stadt Ulm soll durch Kartierung der Flechten und entsprechende Auswertungen der gewonnenen Daten zunächst gezeigt werden, wo die einzelnen Arten siedeln. Daraus resultierend sollten ökologische Bewertungskriterien gewonnen werden. Das Projekt war besonders interessant, weil direkte Vergleiche zu technischen Daten des TÜV aus einer einjährigen Messung von 1980/81 möglich waren.

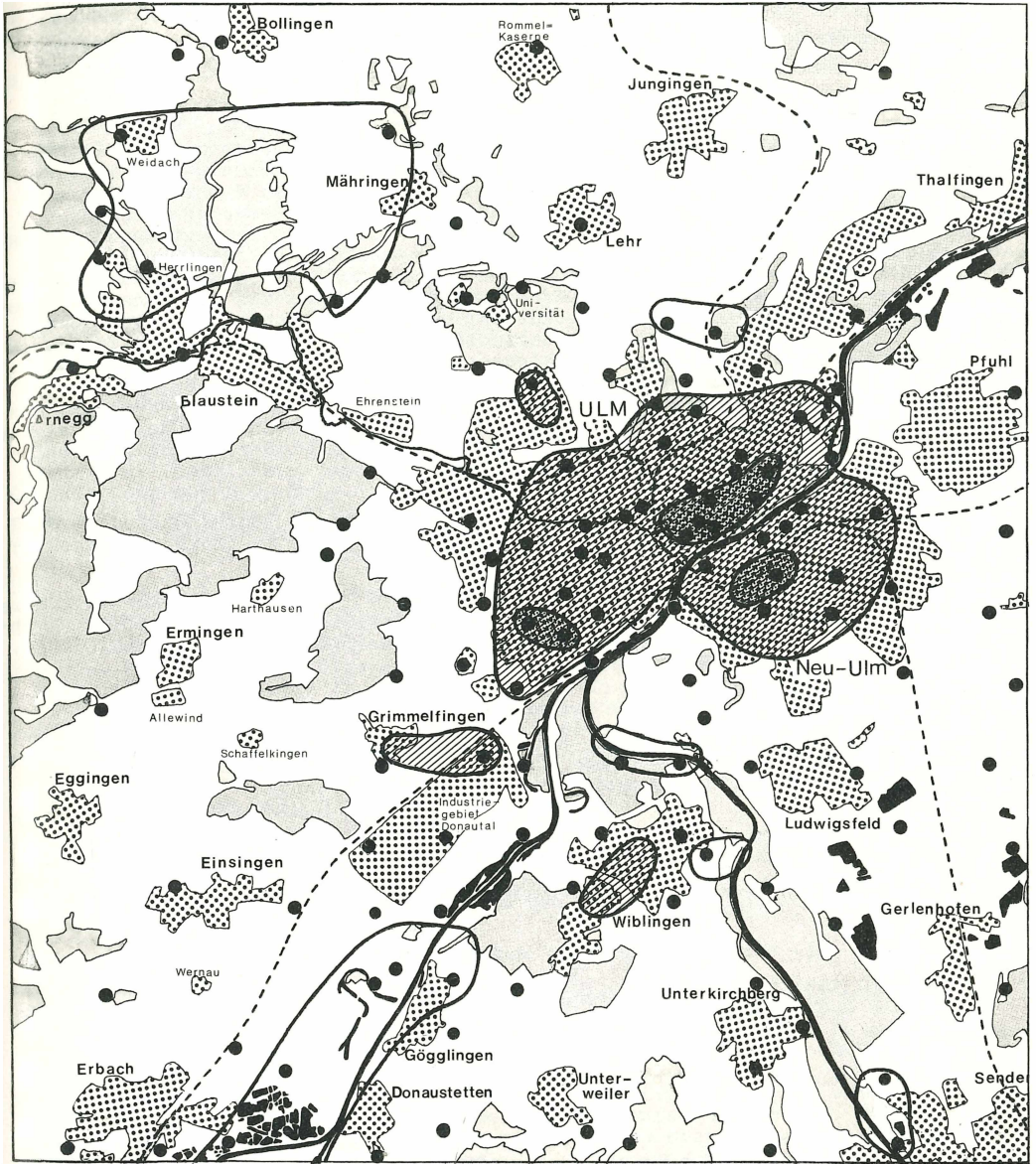
2.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfaßt mit ca. 200 km² die Städte Ulm und Neu-Ulm sowie einen größeren Bereich südlich davon. Letzteres vor allem, um eventuelle Auswirkungen des Industriegebietes Ulm-Donautal zu erfassen und um eine TÜV-Immissionsuntersuchung mit einzubeziehen, die um den geplanten Standort einer Müllverbrennungsanlage herum durchgeführt wurde. Zur Topographie des Untersuchungsgebietes siehe Abb. 1.

2.2 Klima

Im Untersuchungsgebiet herrscht gemäßigt kontinentales Klima. Die Neigung zur Nebelbildung ist mit durchschnittlich 83.3 Nebeltagen pro Jahr groß. Aus einzelnen Nebelbänken im Sommer wird ein Netz von Talnebeln, aus dem die Höhenzüge herausragen. Besonders hinzuweisen ist auf die Verdoppelung der Zahl der Nebeltage vom August mit 4.5 Tagen zum September mit 8.9 Tagen. Ein Maximum wird im Oktober mit 15.6 Tagen erreicht. Die vorherrschende Windrichtung ist WSW mit Ausnahme des Blautals, wo entsprechend dem Talverlauf Westwind dominiert. Das Untersuchungsgebiet läßt sich auch nach klimatischen Gesichtspunkten unterteilen:

- Die Hochflächen der Alb sind kühler, windiger und niederschlagsreicher (vor allem im Winterhalbjahr)
- Die Niederungen, zu denen auch das Blautal zu rechnen ist, sind trockener und wärmer. Sie neigen jedoch im Herbst und Winter eher zu Inversionswetterlagen mit Nebelbildung.



Luftqualitätszonen:



1, IAP über 550



2, IAP 251 - 550



3, IAP 91 - 250



4, IAP bis 90



Wald



Siedlungsgebiet

Abb. 2: Luftqualitätszonen des Untersuchungsgebietes Ulm/Neu-Ulm.

2.4 Auswertungsmethode

Die Verarbeitung der ermittelten Daten erfolgte auf zwei verschiedenen Wegen:

I. 'Floristische Methode'

II. Zonierung mittels IAP-Werten (Index of Air Purity)

Zunächst wird die 'Floristische Methode' näher erläutert. Darunter ist die Zonierung des Untersuchungsgebietes nach Verbreitungsgrenzen, Deckung, Vitalität und Empfindlichkeit jeder einzelnen Flechtenart zu verstehen. In der Fachliteratur werden für alle bisher untersuchten Großstädte Flechtenzonierungen aufgezeigt (umfassende Darstellung aller Arbeiten bei HAWKSWORTH 1970, ergänzt durch KIRSCHBAUM 1973). Bei der Einteilung der Zonen gibt es zahlreiche Varianten, die aber alle auf den von SERNANDER (1926) geprägten Grundbegriffen wie Normalzone, Kampfzone und Flechtenwüste basieren. Unter Normalzone versteht man die Zone der unbeeinflussten epiphytischen Flechtenvegetation, die entsprechend den geologischen und klimatologischen Verhältnissen unterschiedlich ist. Die Normalzone ist durch eine ihr typische Artenzahl, Artenkombination, Vitalität und Deckung gekennzeichnet und indiziert eine sehr gute lufthygienische Situation. Diese unbeeinflusste Zone wird bei Annäherung an den Stadtkern von der Kampfzone abgelöst. Die Kampfzone ist durch eine wesentlich geringere Artenzahl gekennzeichnet, in vielen Fällen durch das Vorherrschen neutrophytischer Flechten minderer Vitalität und abnehmender Deckung; sie indiziert Einwirkungen des Großstadtklimas, in erster Linie die Anwesenheit luftfremder Stoffe. Schließlich wird nach weiterer Abnahme von Artenzahl, Vitalität und Deckung in den meisten Fällen eine völlig flechtenfreie Zone erreicht, die Flechtenwüste. Sie deckt sich meist mit den dicht bebauten Altstadtkernen und zeigt lufthygienische Problemgebiete an.

Die IAP-Methode beruht auf dem von SLOOVER & LEBLANC (1970) entwickelten Verfahren, Deckung, Toxitolanz und Flechtenanzahl pro Station zu einem Indexwert zusammenzufassen. Die Berechnung des IAP-Wertes erfolgte in einer von diesem Verfahren abgeleiteten Weise (SCHNITZER 1979):

$$IAP = Q \cdot f$$

Der Toxitolanzfaktor Q stellt für jede Art einen konstanten Wert dar. Er entspricht dem Verhältnis zwischen allen Flechtenarten und der betrachteten Art.

$$Q = \frac{n_1}{n_2}$$

Dabei bedeuten: n_1 = Summe aller Arten an denjenigen Stationen, an denen die betrachtete Flechte vorkommt

n_2 = Summe aller Stationen, an denen die betrachtete Flechte vorkommt.

Der f -Wert wird folgendermaßen ermittelt:

$$\text{Vitalität 1: } f = \frac{d}{6} - \frac{1}{3} \frac{d}{6}$$

$$\text{Vitalität 2: } f = \frac{d}{6}$$

$$\text{Vitalität 3: } f = \frac{d}{6} + \frac{1}{3} \frac{d}{6}$$

Dabei ist d = Deckungsgrad der Flechte.

Somit läßt sich für jede Flechte ein IAP-Wert berechnen. Summiert man die IAP-Werte der Flechten an einem Baum, so erhält man den IAP-Wert des Baumes. Die Summe der IAP-Werte der Bäume einer Station ergibt den Index der Station. Der Wert einer Station kann auf 10 Bäume bezogen werden:

$$IAP = \frac{\sum \text{IAP der Bäume} \cdot 10}{\text{Anzahl der Bäume}}$$

3. Ergebnisse

3.1 Kartierte Arten

Die mit () gekennzeichneten Arten wurden mit weniger als 10 Aufnahmen kartiert.

(*Anaptychia ciliaris*), (*Caloplaca herbidella*), (*Candelaria concolor*), *Candelariella xanthostigma*, (*Cladonia spec.*), *Evernia prunastri*, (*Graphis scripta*), (*Hypocenomyce scalaris*), *Hypogymnia physodes*, (*Lecanora cf. atra*), *Lecanora carpinea*-Gruppe [bestehend aus: *L. carpinea*, *L. intumescens*, *L. pallida*], *Lecanora hageni*, (*Lecanora cf. strobilina*), *Lecanora subfusca*-Gruppe [bestehend aus: *L. allophana*, *L. chlorotera*, *L. pulicaris*, *L. subfuscata*], *L. subrugosa*, (*Lecanora symmicta*-Gruppe [bestehend aus: *L. expallens*, *L. variolascens*], *L. symmicta*), *Lecidella elaeochroma*, (*Lepraria incana*), (*Microglaena cf. muscorum*), (*Ochrolechia spec.*), *Parmelia acetabulum*, (*Parmelia caperata*), *Parmelia exasperatula*, (*Parmelia flaventior*), (*Parmelia subargentifera*), *Parmelia subrudecta*, *Parmelia sulcata*, *Parmelia tiliacea*, (*Parmeliopsis ambigua*), (*Pertusaria albescens var. albescens*), (*Pertusaria albescens var. globulifera*), (*Pertusaria pertusa*), *Phlyctis argena*, *Physcia adscendens*, *Physcia aipolia*, (*Physcia caesia*), *Physcia orbicularis*, *Physcia stellaris*, *Physcia tenella*, (*Physcia cf. tribacia*), *Physconia grisea*, (*Physconia pulverulacea*), (*Platismatia glauca*), *Pseudevernia fufuracea*, *Ramalina spec.*, (*Scoliciosporum cf. chlorococcum*), (*Strangospora pinicola*), *Usnea spec.*, *Xanthoria candelaria*, *Xanthoria parietina*, (*Xanthoria polycarpa*). Nomenklatur nach WIRTH (1980).

3.2 Flechtenzonierung

Nach kartographischer Auswertung läßt sich nach jeder der oben genannten Methoden folgende Zonierung im Ulmer Raum erkennen (Abb. 2):

Zone 1: Optimalzone, IAP über 550

In der Optimalzone kommen die epiphytischen Rindenflechten mit hoher Deckung vor (100%). Blatt- und Strauchflechten (*Usnea spec.*, *Evernia prunastri*, *Pseudevernia furfuracea*, *Anaptychia ciliaris*) sind regelmäßig und in gut entwickelten Exemplaren anzutreffen. Viele Arten fruchten reichlich. In diesem Gebiet finden die Flechten neben geringen Luftverunreinigungen wachstumsfördernde Bedingungen (Nebelzonen, geschützte Lagen in Waldnähe). Im Untersuchungsgebiet liegt die Zone 1 in den nebelreichen Gebieten an Donau und Iller und nördlich von Blaustein am Alb-Anstieg.

Zone 2: Normalzone, IAP 251-550

Der Flechtenbewuchs hat auch hier einen hohen Deckungsgrad. Die Blatt- und Strauchflechten der Zone 1 sind noch zu finden, allerdings nicht mehr so üppig entwickelt. *Usnea* bildet nur noch kümmerliche Thalli aus. Diese Zone nimmt den größten Teil des Untersuchungsgebietes ein. In ihr liegt auch das Industriegebiet Donautal.

Zone 3: Äußere Übergangszone, IAP 91-250

Deckung und Vitalität der Flechten nehmen ab. Schäden (sorediöser Zerfall, Verfärbungen) können an den Thalli festgestellt werden. Außerdem geht die Artenvielfalt im Vergleich zu Zone 2 zurück. *Anaptychia ciliaris* und *Parmelia tiliacea* kommen nicht mehr vor, *Evernia prunastri* nur noch in kümmerlichen Exemplaren (Polsterwuchs). Neutrophytische Arten wie *Physcia orbicularis* erreichen hier eine sehr gute Verbreitung. *Lecanora hageni* tritt praktisch nur in dieser Zone auf. Zone 3 umfaßt den Großteil des bebauten Stadtgebiets von Ulm bzw. Neu-Ulm. In Grimmelfingen und im Westen von Wiblingen befinden sich begrenzte Gebiete, die dieser Zone zugerechnet werden müssen.

Zone 4: Innere Übergangszone, IAP bis 90

In der Zone 4 sind nur noch wenige Arten mit geringer Deckung (< 10%) anzutreffen, die nur kümmerliche Thalli ausbilden. Am häufigsten finden sich *Xanthoria parietina*, *Physcia tenella*, *Parmelia sulcata* und *Hypogymnia physodes*. Der Stadtkern von Ulm bzw. Neu-Ulm und ein begrenzter Raum am unteren Kuhberg gehören in diese Zone.

Flechtenwüste

Eine völlig flechtenfreie Zone im Sinn von DOMRÖS (1966) bzw. DJALALI & KREB (1974), wie sie u.a. in Reutlingen festgestellt wurde (SCHNITZER 1979), fehlt in Ulm. Krustenflechten treten im Bereich der Altstadt (Station HI 11/12 und zwei weitere NO bzw. ONO davon) an den untersuchten Bäumen nicht auf. Allerdings finden sich noch verkümmerte Exemplare von *Physcia tenella*, *Physcia orbicularis* und *Xanthoria parietina* im Stammablaufbereich der Bäume.

Als Ergebnis dieser Flechtenbewuchs-Untersuchungen ergab sich eine Karte (Abb. 2) der Umweltsituation im Ulmer Raum. Sie ist die Synthese aus Karten der Flechtenvegetation, Artenverbreitung, Karten des Deckungsgrads und der IAP-Werte der einzelnen Stationen.

Bei den Kartierungsarbeiten wurde festgestellt, daß bei den insgesamt 818 Exemplaren der drei untersuchten Baumarten (*Acer platanoides*, *Fraxinus excelsior* und *Populus nigra*) der Flechtenbewuchs von Spitzahorn und Esche nur geringe Unterschiede aufwies. Differierende IAP-Werte an ein und derselben Station konnten z.B. auf verschiedenes Alter der Bäume zurückgeführt werden. Daß die Borke der genannten Arten große Ähnlichkeit besitzt, wird von LÖTSCHERT & KÖHM (1973) durch pH-Messungen von Spitzahorn- und Eschenborke aus unbelasteten (Taunus) und belasteten (Frankfurt/Main) Gebieten bestätigt. Eben solche unwesentlichen Unterschiede im pH-Wert der genannten Borken findet LINK (1981) im Ulmer Gebiet.

Es ergab sich eine sehr gute Übereinstimmung des Zonenverlaufs, auch wenn die Krustenflechten nicht in die Berechnung des IAP-Werts mit eingingen. Der Informationsverlust bei alleiniger Berücksichtigung der Strauch- und Blattflechten ist sehr gering. Hingegen ist der Arbeitsaufwand für die Bestimmung der Krustenflechten beträchtlich. Eine Kartierung nur der Strauch- und Blattflechten kann also mit geringerem Arbeits- und Zeitaufwand das gleiche Ergebnis bringen. Diese Feststellung wird durch statistische Untersuchungen von GRANGER (1972) bestätigt. Es genügt, wenige Arten auszuwählen, um bei geringem Informationsverlust schnell gesicherte Ergebnisse zu erhalten.

Ein Vergleich mit Immissionswerten (TÜV 1979/80) ergibt folgendes Bild:

	SO ₂ mg/m ³	NO µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	F ⁻ µg/m ³
Innere Übergangszone	0.078	119	59	0.17
Äußere Übergangszone	0.068	92	56	0.11
Normalzone	max. 0.053			0.16
	min. 0.019	106	52	0.03
Optimalzone	0.025	48	28	0.08

Vergleicht man die obigen Werte mit Ergebnissen aus der Fachliteratur, so läßt sich eine erstaunliche Übereinstimmung feststellen. JÜRGING (1975) gibt z.B. einen SO₂-Wert von 0.050 mg/m³ als Grenzwert an für das Vorkommen von *Parmelia acetabulum* bzw. *P. tiliaacea*. Übereinstimmungen ergeben sich auch mit HAWKSWORTH & ROSE (1970).

Literatur

- DÄSSLER H.G., 1976: Einfluß von Luftverunreinigungen. Jena (Fischer): 189 S.
- DJALALI B., KREEB K., 1974: Flechtenkartierung und Transplantatuntersuchungen im Stadtgebiet von Stuttgart. Verh. Ges. Ökologie (Saarbrücken 1973): 413-420.
- DOMRÖS M., 1966: Luftverunreinigung und Stadtklima im Rheinisch-Westfälischen Industriegebiet und ihre Auswirkung auf den Flechtenbewuchs der Bäume. Arb. Rhein. Landesk. 23: 132 S.
- GRANGER J.-M., 1972: Computer mapping as an aid in air pollution studies. Montreal region study. Sarracenia 15: 43-83.
- GRÜNINGER W., 1979: Flechten und Luftqualität der Stadt Reutlingen (Karte mit Legende). Reutlingen.
- HAWKSWORTH D.L., 1970: Lichens as litmus for air pollution - a historical review. Int. J. Env. Stud. 1: 281-296.
- HAWKSWORTH D.L., ROSE F., 1970: Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. Nature 227: 145-148.
- HEIDT V., 1978: Flechtenkartierung und die Beziehung zur Immissionsbelastung des südlichen Münsterlandes. Biogeographica 12: 93 S.
- JÜRGING P., 1975: Epiphytische Flechten als Bioindikatoren der Luftverunreinigung. Vaduz (J. Cramer): 164 S.
- KIRSCHBAUM U., 1973: Auswirkungen eines industriell-urbanen Ballungsraumes auf die epiphytische Flechtenvegetation in der Region Untermain. Diss. Univ. Gießen.

- LINK U., 1981: Indikatoreigenschaften der Borke in Immissionsgebieten. Unveröff. Staatsexamensarbeit Ulm.
- LÖTSCHERT W., KÖHM H.J., 1973: pH-Wert und S-Gehalt der Baumborke in Immissionsgebieten. Oec. Plant. 8: 199-209.
- MÜLLER P., 1974: Ökologische Kriterien für die Raum- und Stadtplanung. Umwelt-Saar: 6-51.
- SCHNITZER I., 1979: Untersuchung zur Frischluftzufuhr in das Reutlinger Stadtgebiet unter Anwendung der IAP-Flechtenmethode mit schulisch-didaktischer Diskussion. Unveröff. Zulassungsarbeit PH Reutlingen.
- SERNANDER R., 1926: Stockholms Natur. Uppsala/Stockholm.
- SLOOVER J. de, LEBLANC F., 1970: Relation between the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. Can. J. Bot. 48: 1485-1496.
- WINKLER S., 1977: Flechten und Moose als Bioindikatoren. In: (Eds. FREY W., HURKA H., OBERWINKLER F.): Beiträge zur Biologie der niederen Pflanzen: 155-176.
- WIRTH V., 1980: Flechtenflora. Stuttgart (Ulmer): 552 S.
- TÜV 1980: Lufttechnisches Gutachten Nr. 2.90.12.08089. Stuttgart: 11 S.

Adressen

Stud. rer.nat. Eberhard Diem (am 27. November 1982 verstorben)
Dr. Hermann Muhle
Prof. Dr. Sieghard Winkler
Abteilung Spezielle Botanik Univ.
Oberer Eselsberg
D-7900 Ulm

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1983

Band/Volume: [10_1983](#)

Autor(en)/Author(s): Diem Eberhard, Muhle Hermann, Winkler Sieghard

Artikel/Article: [Möglichkeiten und Grenzen der Luftqualitätsbewertung mit Flechten 473-479](#)