

## Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Bioindikatoren

Volker Heidt und Stefanie Kehlberger

During the last years a lot of scientific researches has been carried out using plants as bioindicators for monitoring air pollution. These investigations mainly described the reaction of vegetation on air pollutants being an indication of the quality of air. Other components of environment however, such as humidity, temperature, wind speed, soil structure and nutrition, have less been taken into account. So this contribution wants to underline and to show in some examples that it is absolutely necessary to consider the relation between environmental factors and the sensitivity of plants in order to avoid shortcomings in interpretation.

*Air pollution, bioindicator, urban climate, urban ecosystem.*

### 1. Problemstellung

Zur Ermittlung von Wirkungen immissionsbedingter Kontamination auf Nahrungs- und Futterpflanzen sind mittlerweile eine Reihe von Verfahren mit Bioindikatoren entwickelt und erprobt worden. Ihre herausragende Bedeutung als Monitor-System zur Überwachung und Erfassung der Umweltsituation liegt darin, als Organismus der Gesamtheit der in der Umwelt vorhandenen Stoffe ausgesetzt zu sein, d.h. in ihren Reaktionen synergistische Wirkungen anzuzeigen. Letzteres trifft in besonders sichtbarer Weise für die sensitiven Bioindikatoren zu, die eine Wirkung durch eine morphologische Änderung anzeigen. Bei akkumulativen Bioindikatoren dagegen erfolgt erst über die Analyse der aufgenommenen Schadstoffe eine Aussage über das Vorliegen einer Immissionssituation, wenngleich auch diese Bioindikatoren eine hohe Belastung durch morphologische Veränderungen anzeigen können.

Sensitive wie akkumulative Bioindikatoren unterliegen, wie jeder andere Organismus auch, in ihrem physiologischen Verhalten außengesteuerten Einflüssen wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Niederschlagsintensität, Windbewegung, Bodeneigenschaften u.a. Bioindikatoren werden nun als biologische Meßinstrumente eingesetzt, um die Umweltsituation zu erfassen. Zumeist geht es jedoch darum, einen bestimmten Umweltbereich, beispielsweise die Immissionssituation, zu erfassen. Zu oft wurde dabei aber bis jetzt übersehen, daß diese Situation in ihrer räumlichen Ausprägung und Intensität selbst abhängig ist von einer Reihe begleitender Parameter wie z.B. Klima und Boden. Daneben vermögen diese Parameter aber auch die Sensibilität der Indikatoren selbst so zu verändern, daß z.B. bei sich entprechenden Immissionssituationen unterschiedliche Ergebnisse auftreten können.

### 2. Material und Methoden

Um einen Überblick über die lufthygienische Situation des Untersuchungsgebietes Mainz-Budenheim zu erhalten, wurde die natürliche Flechtenvegetation nach dem IAP-Verfahren kartiert (JAHNS 1980). Zur Erfassung der aktuellen Immissionsbelastung kam das Flechtenexpositionsverfahren (VDI-Richtlinie 3799) zur Anwendung. Als akkumulativer Bioindikator bot *Lolium multiflorum* im Graskulturverfahren (VDI-Richtlinie 3792) die Möglichkeit quantitativer Aussagen.

### 3. Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfaßt den industriell-urbanen Ballungsraum Mainz-Budenheim. Dazu zählen der industriell-urban verdichtete Raum Mainz, der Industriestandort Budenheim, die an das Mainzer Stadtgebiet anschließenden landwirtschaftlich genutzten Freiflächen sowie die zum Stadtbereich gehörenden Vororte Laubenheim, Hechtsheim, Marienborn, Lerchenberg, Drais, Finthen und Budenheim. Diese Vororte bilden die Grenze des Belastungsgebietes nach Süden und Westen. Im Osten und Norden begrenzt der Rhein den Untersuchungsraum. Naturräumlich gliedert sich das Untersuchungsgebiet in den Bereich der jüngsten Rheinterrasse um 90 m ü.d.M. Nach Westen schließt sich über eine 30 m hohe Steilstufe die pleistozäne Rheinterrasse an. Von dort steigt das Gelände in einem sanften Anstieg zum tertiären Kalkplateau mit Höhen von 220-230 m an. Daraus ergibt sich bei einer West-Ost-Erstreckung von 8 km - zwischen dem tertiären Kalkplateau und der jüngsten Rheinterrasse - eine Reliefenergie von rund 140 m, was einen für das Mesoklima erheblichen Höhenunterschied darstellt.

Das baulich verdichtete Stadtgebiet von Mainz mit der Altstadt und Neustadt, der City und dem Industriegebiet der Ingelheimer Aue befindet sich auf der jüngsten Rheinterrasse. Die Siedlungsdichte auf der pleistozänen Rheinterrasse ist dagegen viel geringer; hinzu kommt dort ein größerer Anteil von Grün- und Freiflächen mit großen städtischen Parkanlagen. Der hohe Anteil an agrarischen Freiflächen im Untersuchungsgebiet wird mit Intensivkulturen wie auch mit typischen Feldfrüchten genutzt. Im Bereich des Steilanstiegs der Gemarkung Laubenheim - Hechtsheim dominiert der Weinbau.

#### 4. Klimaverhältnisse

Wichtig für die Grundzüge des Klimas im Untersuchungsgebiet ist dessen als Beckenlage zu kennzeichnende Situation im nördlichen Oberrheingraben, womit eine besondere thermische Gunst (9 °C mittl. jährl. Temp.) und geringe Niederschlagssummen (500 mm mittl. jährl. Niederschlag) verbunden sind. Im langjährigen Mittel herrschen Westwinde vor. Große lufthygienische und stadtklimatische Bedeutung haben die von der Abdachung des tertiären Kalkplateaus in Südwest-Nordost-Richtung streichenden Täler, die sich teilweise bis nach Mainz hinein erstrecken. Es sind dies das Gonsbachtal, das Zaybachtal, der Wildgraben und der Schinnergraben, der in den Wildgraben mündet. Eine wichtige thermische Modifikation erhält das Mainzer Stadtklima durch die breite Wasserfläche des Rheins.

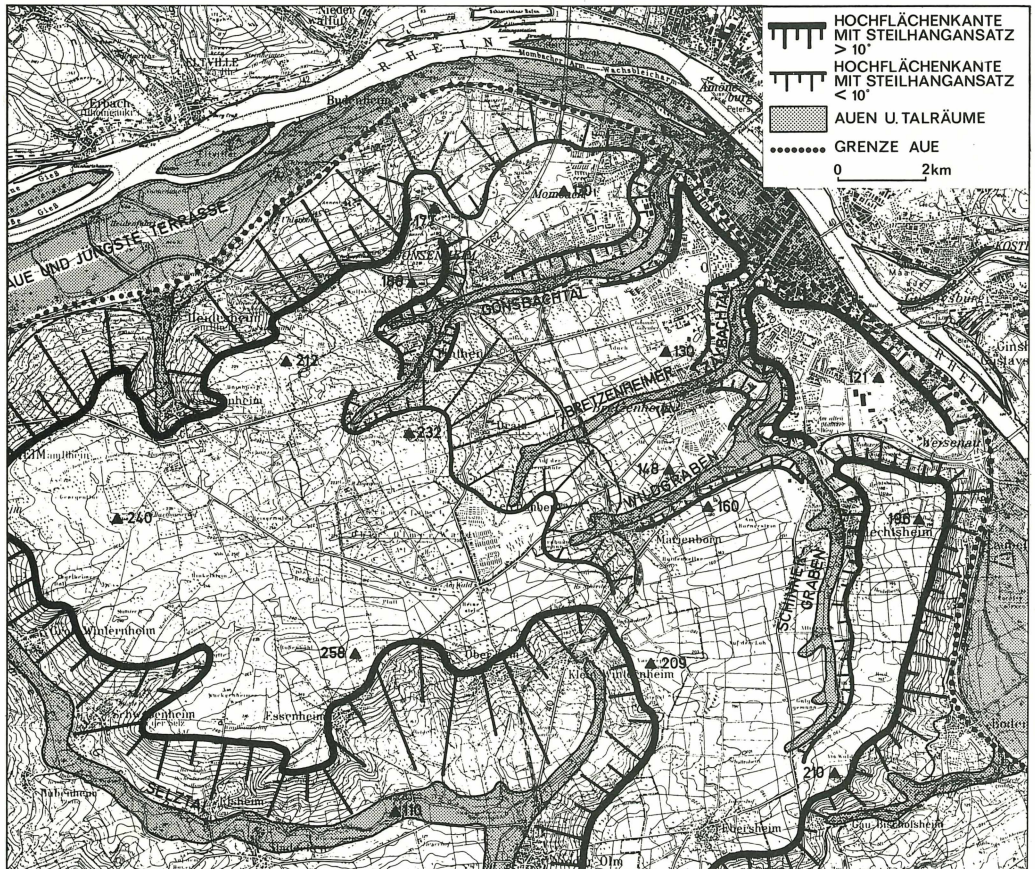


Abb. 1: Morphologische Strukturen des Mainzer Raumes.



## 5. Ergebnisse

Der Raumfunktionalität des Untersuchungsgebietes entsprechen in groben Zügen die Ergebnisse der Kartierung der natürlichen Flechtenvegetation von JAHNS 1980. Mit der Annäherung an das Stadtgebiet gehen die nach dem IAP-Verfahren gewonnenen Werte auf Null zurück und bilden in der Altstadt sowie im Industriegebiet auf der Ingelheimer Aue die Zone 1. Die sich anschließende Zone 2 füllt den übrigen Raum der Niederterrasse mit City, Neustadt und Stadtteil Mombach (Mittel- und Kleinindustrie) aus und findet ihre Begrenzung an der Steilstufe zur pleistozänen Rheinterrasse. Als Exklave der Zone 2 erweist sich auf Grund starker Einzelemitenten der Bereich um Budenheim (chemische Industrie und Glasfabrik) sowie um die Universität mit dem Fernheizwerk. Der locker bebauete städtische Bereich auf der pleistozänen Rheinterrasse gehört zu Zone 3; deutlich heben sich mit höheren Werten in diesem Bereich die innerstädtischen Parkanlagen ab. Ein interessantes Detail bietet der keilförmige Verlauf der Zone 5 im Bereich des Wildgrabens. Hier deutet sich offensichtlich die Wirkung des wenig belasteten Flurwindes an. Beim Gonsbachtal zeigt sich zwar auch eine bogenförmige Ausstülpung der Zone 5, jedoch ist hier der positive Einfluß des Flurwindes infolge der Verbauung des Tal- ausgangs nicht weiter zu verfolgen.

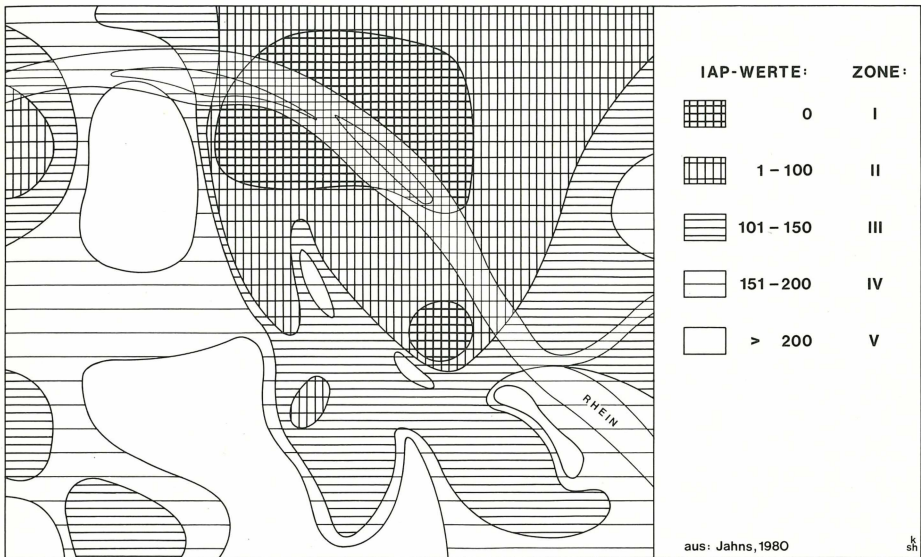


Abb. 2: Flechtenzonierung (Werte nach IAP-Methode).

Ein anderes räumliches Verteilungsmuster der Immissionsbelastung erhält man auf Grund des Flechtenexpositionsverfahrens, welches 1980/81 durchgeführt wurde. Hier zeigt sich deutlich ein Ansteigen der Absterberate von Nordwesten nach Südosten. Der Norden des Untersuchungsgebietes mit dem Industriebereich um Budenheim erweist sich als relativ unbelastet. Lediglich das IAP-Verfahren weist mit niedrigen Werten auf die Existenz der Industrieemittenten hin, während das Flechtenexpositionsverfahren mit sehr niedrigen Bonitierungswerten dort eher eine unbelastete Region anzeigt. Die große Überraschung brachte das Expositionsverfahren mit hohen Belastungswerten im Süden des Untersuchungsgebietes. Hier war bereits im August 1980 nach 4-monatiger Expositionszeit ein Großteil der Flechten abgestorben und mußte ersetzt werden. Bemerkenswert war, daß sich dieses Phänomen nur auf den südlichen Bereich beschränkte und im übrigen Untersuchungsgebiet nirgendwo mehr beobachtet werden konnte. Die betroffenen Stationen befanden sich alle in der offenen Landschaft, die sich nach Westen zum Rheinhessischen Hügelland öffnet. Auch die anschließend ausgebrachten Explantate zeigten nach kurzer Zeit wieder erhebliche Schädigungen.

Ebenso ergab sich eine auffallende Abweichung gegenüber der Kartierung der natürlichen Flechtenvegetation in dem stark durchgrünten Bereich der pleistozänen Rheinterrasse, wo es zu einem relativ starken Flechtenabsterben kam, während die Flechtenkartierung dort die mittlere Zone 3 auswies.

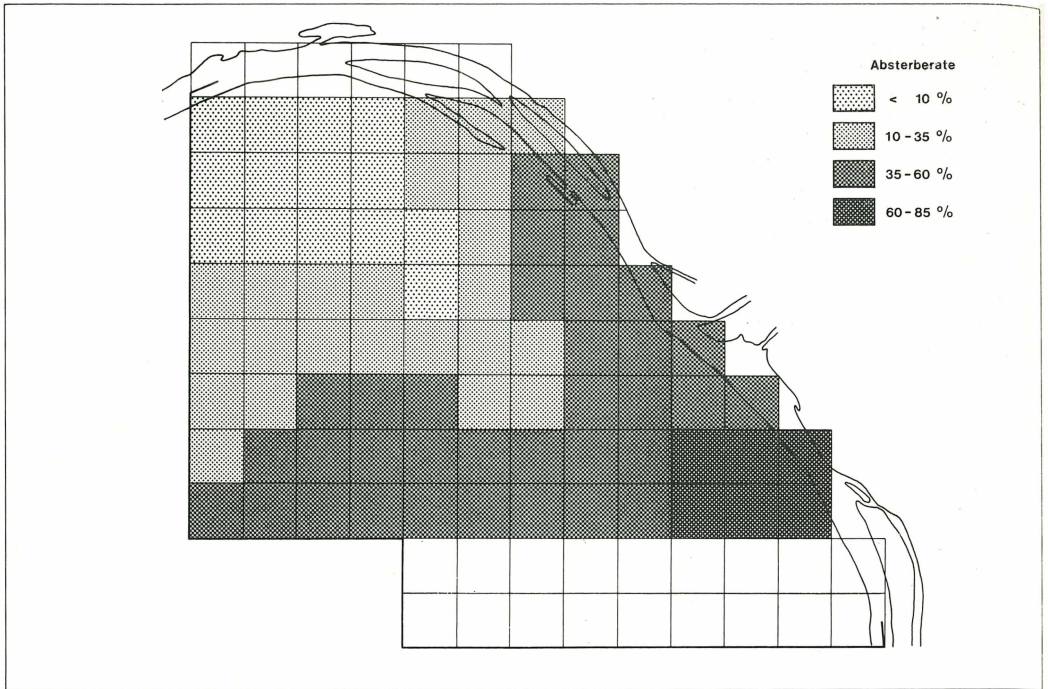


Abb. 3: Absterberate exponierter Flechten (*Hypogymnia physodes*), Zeitraum 1980/81.

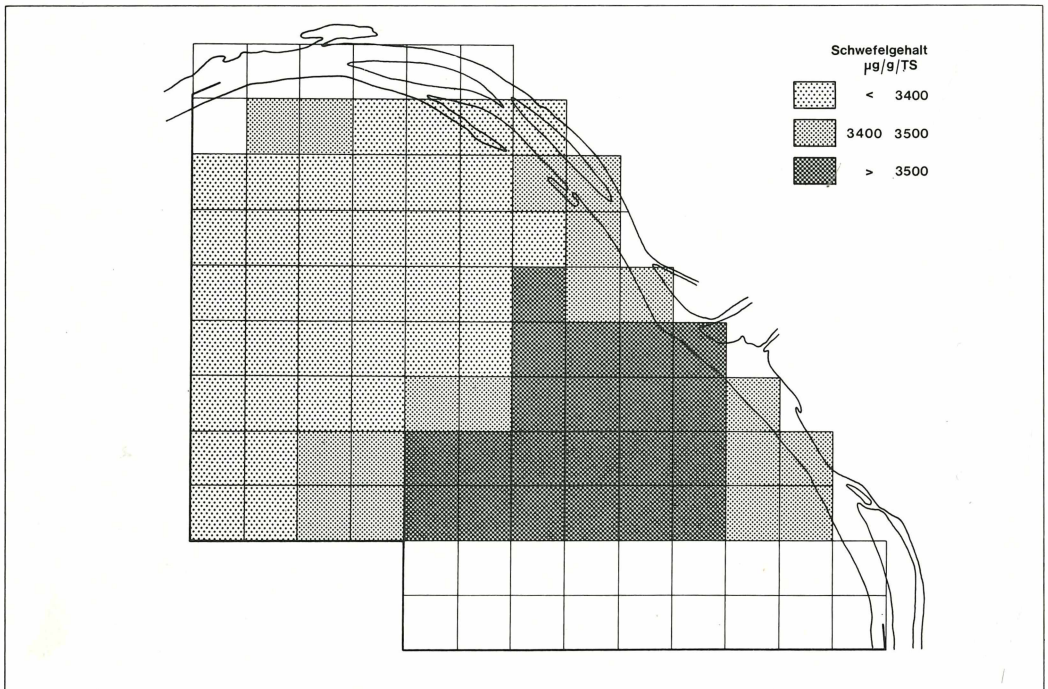


Abb. 4: Schwefelgehalt in der Graskultur (*Lolium multiflorum*) 1980.



Das parallel zum Flechtenexplantatverfahren durchgeführte Graskulturverfahren mit *Lolium multiflorum* konnte über die Akkumulationsrate von Schwefel die Ergebnisse des Expositionsverfahrens ausgezeichnet bestätigen. So zeigte sich bei den über das Flechtenverfahren als stark belastet ausgewiesenen Stationen auch eine hohe Schwefelkonzentration. Für den Industriestandort Budenheim, der, wie bereits erwähnt, lediglich eine niedrige Flechtenbonitierungsstufe aufwies, zeigte sich ebenfalls eine hohe Schwefelakkumulationsrate. Die mit Hilfe einer Korrelationsanalyse angestellte Überprüfung der Signifikanz zwischen Flechtenabsterberate und Wirkdosis Schwefel erbrachte eine Wahrscheinlichkeit von 99,2%. Eine Signifikanz zwischen Flechtenabsterberate und HF oder Schwermetallen bestand nicht.

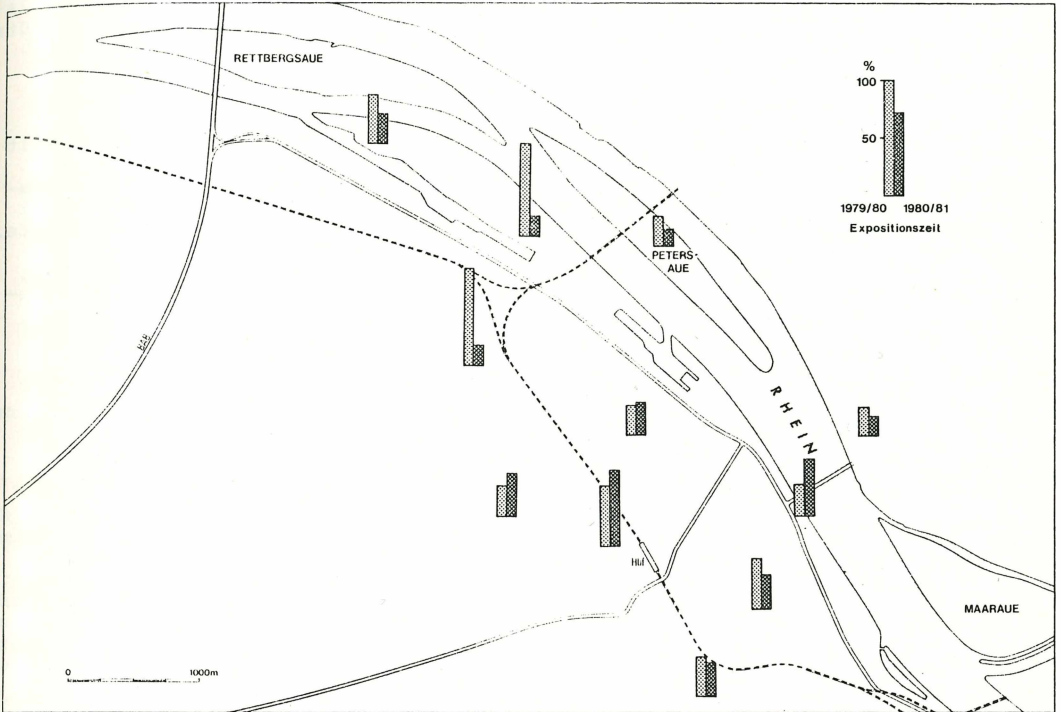


Abb. 5: Absterberate exponierter Flechten.

Vergleicht man die für 1980/81 vorliegenden Bonitierungswerte mit denen des Expositionszeitraumes 1979/80, so ist für den hier behandelten Zeitraum 1980/81 eine erhebliche Abweichung festzustellen: Die Werte der Absterberate für die ausgesprochenen Industriebereiche im nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes lagen im Zeitraum 1979/80 sehr viel höher, während sie für die städtischen Bereiche, die sich nach Süden anschließen, geringer waren. Da die Immissionsituation in einem so kurzen Zeitabschnitt sich nicht grundlegend ändert - zumal die Werte des Expositionszeitraumes 1981/82 wieder denen von 1979/80 entsprechen - sind andere Parameter, an erster Stelle klimatologische, für eine Begründung heranzuziehen.

Eine Betrachtung der Witterungsverhältnisse zeigt einige klimatische Besonderheiten für den Untersuchungszeitraum 1980/81 auf. Die monatlichen Windverhältnisse zeigen an, daß eine Dominanz der West-Winde nicht zutraf, vielmehr herrschten Winde mit südwestlicher Komponente vor. Von lufthygienischer Ungunst sind jedoch Ost- und Nordostwinde, wie sie ausgeprägt in den Monaten Mai 1980, November 1980, Februar 1981 und April 1981 vorherrschten. Die Windbewegung ist zwar nur schwach ausgebildet, tritt jedoch fast ausschließlich bei Hochdruckwetterlagen auf. Diese wiederum sind sehr häufig mit Inversionsbildungen verbunden, wobei es zu erheblichen Schadstoffanreicherungen in den unteren Luftschichten kommt. Die östlichen Winde verfrachten dann die im Mainzer Raum produzierten

Emissionen, insbesondere von der Industriekette beiderseits des Rheins, nach Südwesten in das Untersuchungsgebiet. Verstärkt werden diese Immissionen durch Transmissionen aus dem Ballungsraum Wiesbaden. Es ist weiterhin zu vermuten, daß bei längerem Anhalten der Inversionswetterlage sogar Schadstoffe aus der Region Untermain in das Untersuchungsgebiet gelangen können.

Für die intensive Belastung des südlichen Untersuchungsraumes scheint ein starker Einzelemittent, ein Zementwerk, als Verursacher verantwortlich zu sein. Es ist anzunehmen, daß dessen Emissionen bei den vorherrschenden Ostwinden allgemein zu der hohen Belastung im Süden geführt haben und speziell das frühzeitige Absterben der Flechtenexplantate bewirkt haben. Entsprechende klimatische Ursachen dürften auch die hohen Bonitierungs- und Schwefelwerte der Stationen unmittelbar an der Terrassenkante haben, denn diese Stationen waren, insbesondere bei Ostwinden, der Belastung direkt ausgesetzt. Dagegen wies die natürliche Flechtenkartierung relativ günstige Werte auf. Die Ursache hierfür ist in einer zurückgesetzten geschützten Lage der entsprechenden Stationen auf der Terrasse selbst zu suchen.

## 6. Zusammenfassung

Die vorliegende Untersuchung hat gezeigt, daß die Resultate aus Meßverfahren mit Bioindikatoren ohne Einbeziehung geländeklimatologischer Begleituntersuchungen nur beschränkt interpretierbar bleiben. Aus der Beachtung klimatologischer Parameter folgt konsequenterweise, daß die Ergebnisse strenggenommen nur Gültigkeit haben für die Witterungssituation, wie sie während der Untersuchung vorherrschte. Allgemein gültige Ergebnisse sollten daher auf mehrjährigen Verfahren basieren. Es hat sich weiterhin als notwendig erwiesen, verschiedenartige Bioindikatoren, sowohl sensitive wie akkumulative, zur breiten Absicherung der Ergebnisse einzusetzen.

## Literatur

JAHNS J.F., 1980: Luftverunreinigung im Raum Mainz - Wiesbaden. Diplomarbeit Univ. Mainz (unveröff.).

## Adressen

Dr. Volker Heidt  
Stefanie Kehlberger  
Geographisches Institut  
Johannes Gutenberg-Universität  
Saarstr. 21  
D-6500 Mainz

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://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): Heidt Volker, Kehlberger Stefanie

Artikel/Article: [Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Bioindikatoren 151-156](#)