



Luftreinhaltung in Hessen, Heft 4

# Wirkungskataster Hessen

## Immissionsökologische Wirkungserhebungen 1979–1998



**HLUG**

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie



Luftreinhaltung in Hessen, Heft 4

# **Wirkungskataster Hessen**

**Immissionsökologische Wirkungserhebungen  
1979–1998**

Wiesbaden, 2003

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie

## **Impressum**

Luftreinhaltung in Hessen, Heft 4

ISSN 1617-4046

ISBN 3-89026-601-0

## **Wirkungskataster Hessen Immissionsökologische Wirkungserhebungen 1979–1998**

Bearbeiter: Dr. M. BÜCHEN  
Dr. C. FOCKEN  
N. LOHMANN  
M. WEIB  
Dr. H. WOLF

Kartengrundlage: ATKIS-Daten DLM 25/1 des Hessischen Landesvermessungsamtes

Titelbild: Weidelgraskultur

Herausgeber und ©:  
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Rheingaustraße 186  
65203 Wiesbaden  
Telefon: (06 11) 69 39-0

Vertrieb:  
Telefon: (06 11) 70 10 34  
E-Mail: [vertrieb@hlug.de](mailto:vertrieb@hlug.de)  
Telefax: (06 11) 97 40 813

Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Quellenangabe und unter Überlassung von 5 Belegexemplaren gestattet.

Für den Druck wurde Recycling-Papier verwendet.

## Inhalt

<b>Verzeichnis der Abkürzungen</b> .....	5
<b>Vorwort</b> .....	6
<b>1 Einführung und Grundlagen</b> .....	7
<b>2 Wirkungen von Luftverunreinigungen auf die Vegetation</b> .....	9
2.1 Allgemeines .....	9
2.2 Ausgewählte Luftschadstoffe .....	10
2.2.1 Photooxidantien .....	10
2.2.2 Fluorverbindungen .....	12
2.2.3 Schwefeldioxid .....	12
2.2.4 Metalle und Metallverbindungen .....	13
2.2.5 Organische Verbindungen .....	13
<b>3 Bioindikation von Luftverunreinigungen</b> .....	16
3.1 Allgemeines .....	16
3.2 Ausgewählte Bioindikationsverfahren .....	19
3.2.1 Reaktionsindikatoren für Photooxidantien .....	19
3.2.2 Gladiole als Reaktions- und Akkumulationsindikator .....	19
3.2.3 Standardisierte Graskultur als Akkumulationsindikator .....	19
3.2.4 Eibe als Akkumulationsindikator .....	20
3.2.5 Moose als Akkumulationsindikatoren .....	20
3.2.6 Grünkohl als Akkumulationsindikator .....	21
3.2.7 Klonfichten als Akkumulationsindikatoren .....	21
3.2.8 Flechten als Reaktionsindikatoren .....	22
3.3 Immissionsratenmessung mit Hilfe des IRMA-Verfahrens .....	23
3.4 Dosis-Wirkungsbeziehungen, Grenz- und Richtwerte .....	24
<b>4 Wirkungserhebungen in hessischen Untersuchungsgebieten</b> .....	26
4.1 Untersuchungsgebiet Untermain .....	26
4.1.1 Beschreibung des Untersuchungsgebiets .....	26
4.1.1.1 Festsetzung und Abgrenzung des Untersuchungsgebiets .....	26
4.1.1.2 Topographische und naturräumliche Gliederung .....	26
4.1.1.3 Klima .....	27
4.1.1.4 Flächennutzung und Wirtschaftsstruktur .....	27
4.1.1.5 Wirkungsmessstellen .....	27
4.1.2 Ergebnisse der Wirkungsuntersuchungen .....	31
4.1.2.1 Untersuchungen mit der standardisierten Graskultur .....	31
4.1.2.2 Immissionsratenmessungen .....	41
4.1.2.3 Ergänzende Wirkungserhebungen .....	42
4.2 Untersuchungsgebiet Rhein-Main .....	44
4.2.1 Beschreibung des Untersuchungsgebiets .....	44
4.2.1.1 Festsetzung und Abgrenzung des Untersuchungsgebiets .....	44
4.2.1.2 Topographische und naturräumliche Gliederung .....	44
4.2.1.3 Klima .....	44
4.2.1.4 Flächennutzung und Wirtschaftsstruktur .....	45
4.2.1.5 Wirkungsmessstellen .....	45
4.2.2 Ergebnisse der Wirkungsuntersuchungen .....	47
4.2.2.1 Untersuchungen mit der standardisierten Graskultur .....	47
4.2.2.2 Immissionsratenmessungen .....	54
4.2.2.3 Ergänzende Wirkungserhebungen .....	55



4.3	Untersuchungsgebiet Wetzlar .....	57
4.3.1	Beschreibung des Untersuchungsgebiets .....	57
4.3.1.1	Festsetzung und Abgrenzung des Untersuchungsgebiets .....	57
4.3.1.2	Topographische und naturräumliche Gliederung .....	57
4.3.1.3	Klima .....	57
4.3.1.4	Flächennutzung und Wirtschaftsstruktur .....	57
4.3.1.5	Wirkungsmessstellen .....	58
4.3.2	Ergebnisse der Wirkungsuntersuchungen .....	59
4.3.2.1	Untersuchungen mit der standardisierten Graskultur .....	59
4.3.2.2	Immissionsratenmessungen .....	65
4.3.2.3	Ergänzende Wirkungserhebungen .....	66
4.4	Untersuchungsgebiet Kassel .....	68
4.4.1	Beschreibung des Untersuchungsgebiets .....	68
4.4.1.1	Festsetzung und Abgrenzung des Untersuchungsgebiets .....	68
4.4.1.2	Topographische und naturräumliche Gliederung .....	68
4.4.1.3	Klima .....	68
4.4.1.4	Flächennutzung und Wirtschaftsstruktur .....	69
4.4.1.5	Wirkungsmessstellen .....	69
4.4.2	Ergebnisse der Wirkungsuntersuchungen .....	70
4.4.2.1	Untersuchungen mit der standardisierten Graskultur .....	70
4.4.2.2	Immissionsratenmessungen .....	76
4.4.2.3	Ergänzende Wirkungserhebungen .....	77
<b>5</b>	<b>Sondermessprogramme</b> .....	79
5.1	Bioindikationsuntersuchungen in ausgewählten Regionen (ab 1987) .....	79
5.2	Moosmonitoring auf Schwermetalle (1990/91 und 1995/96) .....	82
5.3	Ökosystemares Biomonitoring-Programm in der Region Biebesheim (1992–1994) .....	83
5.3.1	Anorganische Luftschadstoffe in Pflanzen .....	85
5.3.2	Organische Luftschadstoffe in Pflanzen .....	85
5.3.2.1	Klonfichtennadelproben .....	85
5.3.2.2	Grünkohlproben .....	88
5.4	Umweltbeobachtungs- und Klimafolgenforschungsstation Linden (1995–1997) .....	90
5.4.1	Anorganische Luftschadstoffe in Pflanzen .....	91
5.4.2	Organische Luftschadstoffe in Pflanzen .....	92
5.4.2.1	Klonfichtennadelproben .....	92
5.4.2.2	Grünkohlproben .....	93
5.5	Biomonitoring-Programm zu verkehrsbedingten Katalysatoremissionen (1994) .....	94
5.6	Beurteilung der lufthygienischen Situation mittels epiphytischer Flechten .....	95
5.6.1	Landesweite Kartierung (1990–1993) .....	95
5.6.2	Flechtendauerbeobachtungsflächen (ab 1997) .....	98
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	101
<b>7</b>	<b>Ausblick</b> .....	102
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	103
<b>9</b>	<b>Weitere Veröffentlichungen zum Thema</b> .....	106

## Verzeichnis der Abkürzungen

As	Arsen
BaP	Benzo[a]pyren
BGA-TEQ	Bundesgesundheitsamt-Toxizitätsäquivalente
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
Cd	Cadmium
DBF	Dauerbeobachtungsfläche
EPA	Environmental Protection Agency
F	Fluor
HCB	Hexachlorbenzol
HLUG	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
IAP	Index of Atmospheric Purity
IRMA	Immissionsratenmessapparatur
I-TEQ	Internationale Toxizitätsäquivalente
Kfz	Kraftfahrzeug
LGK	Luftgüteklasse
LGW	Luftgütewert
n.a.	nicht analysiert
Ni	Nickel
n.n.	nicht nachweisbar
NN	Normalnull
NWG	Nachweisgrenze
PAK	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
PAN	Peroxyacetylnitrat
Pb	Blei
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PCBz	Polychlorierte Benzole
PCDD	Polychlorierte Dibenzodioxine
PCDF	Polychlorierte Dibenzofurane
PCP	Pentachlorphenol
PCPh	Polychlorierte Phenole
ppb	parts per billion (Verhältnis 1:10 <sup>9</sup> )
ppm	parts per million (Verhältnis 1:10 <sup>6</sup> )
Sb	Antimon
TriCBz	Trichlorbenzol
TriCPh	Trichlorphenol
TS	Trockensubstanz
TVO	Trinkwasser-Verordnung
V	Vanadium
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WNG	Wirkungsnachweisgrenze
Zn	Zink



## Vorwort

Der vorliegende Bericht „Wirkungskataster Hessen“ gibt eine zusammenfassende Übersicht über die vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie seit 1979 durchgeführten Wirkungserhebungen. Wirkungserhebungen wurden einerseits im Rahmen der Messprogramme für die in den Untersuchungsgebieten zu erstellenden Luftreinhaltepläne durchgeführt; ergänzt wurden diese routinemäßigen Erhebungen durch in Kooperation mit Hochschulinsti- tuten erstellte Untersuchungen zu ausgewählten, beide Kooperationspartner interessierenden Fra- gestellungen. Die hiermit vorgelegte Zusammen- schau der von meinem Haus durchgeführten Wir- kungserhebungen wurde erstmalig erarbeitet. Bis- her wurden die meisten Ergebnisse der Wirkungser- hebungen in einem Kapitel der Luftreinhaltepläne für die vier Untersuchungsgebiete Untermain, Rhein-Main, Wetzlar oder Kassel kurz gefasst doku- mentiert; nur für einzelne Messprogramme liegen veröffentlichte Ausarbeitungen vor. Auch wenn zum Teil über schon länger vorliegende Messergeb- nisse berichtet wird, erfolgt die Interpretation der Gesamtheit der Daten nach aktuellem Bewertungs- standard.

Die Zusammenstellung der Ergebnisse dokumen- tiert, wie gut sich mit Wirkungsuntersuchungen ei- ne aussagekräftige Immissionsüberwachung durch- führen lässt und wie sich auch insbesondere Berei- che erhöhter Immissionsbelastung abzeichnen. Deutlich wird auch, dass die Zeitreihen einer langjährig betriebenen Messeinrichtung – auch wenn die Messstation, bezogen auf das einzelne Jahr, im Allgemeinen keine auffälligen Ergebnisse liefert – gleichwohl eine ausgeprägte Entwicklung der Immissionsbelastung erkennen lassen. Markan- te Beispiele für den Rückgang der durch Immissio- nen verursachten Belastungen auf der Wirkungs- ebene liefern die Trendkurven der Belastung von Weidelgras durch Schwefel- oder Bleiverbindungen, bestätigt auch durch einen entsprechenden Trend bei den gemessenen Immissionsraten.

Die Erfolge der Luftreinhaltung bei den meisten Standardschadstoffen, die sich sowohl in den Im- missions- als auch den Wirkungsmessungen zeigen, führen dazu, dass viele der bisher eingesetzten Wir- kungsmessungen keine signifikanten Aussagen mehr liefern. Das Konzept der Wirkungserhebun- gen wird daher überprüft und neue Messkonzepte mit neuen Messmethoden müssen zum Einsatz kommen. Zu untersuchen sind Fragestellungen wie Einflüsse des erhöhten Stickstoffeintrages aus der Atmosphäre in den Boden oder Vorboten des begin- nenden Klimawandels, wobei sowohl die Auswir- kungen auf die Vegetation und den Boden bzw. das Grundwasser als auch Rückkoppelungen mit der At- mosphäre durch geänderte Emissionsraten Boden/ Luft zu betrachten sind. Die Aufgabenstellung für Wirkungsuntersuchungen wird also vielfältiger. Ich wünsche mir daher, dass die in den vergangenen Jahren mit Wirkungsmessverfahren erzielten Erfol- ge ermutigen, die komplexe Aufgabenstellung für zukünftige Wirkungserhebungen mit zukunftsorien- tierten, aber doch auch finanzierbaren Untersu- chungsprogrammen anzugehen, um so für Hessen wichtige Entwicklungen im Umweltbereich frühzeit- ig erkennen zu können.

Danken möchte ich den Mitarbeitern meines Hau- ses und den Diplomanden der Fachhochschule Gießen/Friedberg für die Durchführung der Wir- kungsmessprogramme und den Vertretern der Uni- versität Gießen und der Fachhochschule Gießen/ Friedberg für die konstruktive Zusammenarbeit.



Ludwig Simon  
Präsident des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie