

6 Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht gibt einen umfassenden Überblick über die Untersuchungsprogramme im Rahmen des hessischen Wirkungskatasters für den Zeitraum von 1979 bis 1998. Darin enthalten sind Daten aus Erhebungen mit den Methoden der Bioindikation zur Erfassung der Wirkung gasförmiger und partikelgebundener Luftschadstoffe. Die durchgeführten Arbeiten teilen sich dabei in den Routinebetrieb des HLUG sowie in Kooperationen mit Hochschulinstituten auf, bei denen auch Fragestellungen mit Forschungscharakter bearbeitet werden.

Nach einer Beschreibung der untersuchten Schadstoffkomponenten und der Einführung zu Grundlagen der Bioindikation folgt eine Ergebnisdarstellung zu Wirkungserhebungen in den vier hessischen Untersuchungsgebieten Untermain, Rhein-Main, Wetzlar und Kassel. Im Anschluss daran werden Resultate aus Sonderuntersuchungen vorgestellt.

Die wichtigsten Ergebnisse der vorliegenden Erhebungen werden wie folgt zusammengefasst:

- Durch emissionsmindernde Maßnahmen oder Produktionseinstellungen konnten folgende Schadstoffkomponenten in den jeweiligen Untersuchungsgebieten auf Konzentrationsbereiche reduziert werden, die nicht mehr durch Richtwertüberschreitung auffallen:
 - Fluor in Untermain und Wetzlar (wobei nach

wie vor eine erhöhte immissionsbedingte Anreicherung in den exponierten Bioindikatoren im Bereich Wetzlar-Hermannstein nachweisbar war)

- Blei in Kassel.

- Die Belastung durch Blei- und Schwefelverbindungen ist landesweit deutlich rückläufig, wie die Ergebnisse der Weidelgras- und IRMA-Untersuchungen zeigen. Bestätigt wird dies durch die Resultate der Staubniederschlagsmessungen (Blei) sowie der automatischen Messstationen (Schwefeldioxid).
- Die Belastung durch Photooxidantien (insbesondere Ozon) bewegt sich auf einem Niveau, bei dem mit Schäden an der Vegetation zu rechnen ist. Diese können u. U. zu Ertragseinbußen bei der Ernte führen.
- Die im Moosmonitoring analysierten Schwermetallgehalte deuten auf eine unkritische Belastungssituation in Hessen hin. Die gemessenen Konzentrationen liegen weitgehend im für Deutschland berechneten Normalbereich.
- Eine Arten- und Frequenzzunahme bei den kartierten Flechten in Hessen deutet ebenfalls auf eine Verbesserung der lufthygienischen Situation hin. Dies gilt besonders für die säureempfindlichen Flechtenarten.

7 Ausblick

Im Laufe der letzten 20 Jahre erfolgte ein Wandel in den Einsatzbereichen immissionsökologischer Wirkungserhebungen. In den 80er Jahren beschränkten sich die Untersuchungen weitgehend auf die Kontrolle der Einhaltung bestehender Grenz- und Richtwerte in ausgewiesenen Untersuchungsgebieten. In den 90er Jahren erfolgte eine Ausweitung der Einsatzmöglichkeiten für Bioindikatoren. Neben den regionalen Wirkungserhebungen wurden Konzepte zu emittentenbezogenen Verfahren erarbeitet sowie landesweite Programme durchgeführt. Seither sind nicht mehr nur die Immissionsbedingungen in Ballungsräumen im Blickpunkt des Interesses, sondern auch die landesweite Hintergrundbelastung von Luftschadstoffen. Darüber hinaus interessiert nicht nur der Einfluss der Schadstoffkomponente alleine auf die Pflanze, sondern außerdem das Einwirken des sich ändernden Klimas auf ganze Pflanzengesellschaften. Hierzu werden in umfangreichen Versuchsreihen Modelle entwickelt, um z. B. Aussagen über den Einfluss klimarelevanter Spurengase machen zu können oder kritische Wertebereiche für Schädigungen durch Photooxidantieneinwirkungen festzulegen.

Neben einer Änderung der Einsatzbereiche erfolgte auch eine Weiterentwicklung bei den Erhebungsmethoden. Zum Nachweis akkumulierbarer Luftschadstoffe etablierte sich, außer der klassischen Weidelgras-Methode, der Einsatz von Klonfichten und Grünkohl. Hierdurch wurde eine Erweiterung des Probenahmezeitraums auch über die immissionsreichen Wintermonate erreicht. Des Weiteren wurden Richtlinien für den Einsatz von Bioindikatoren (VDI-Richtlinien für die Flechtenkartierung und die Unter-

suchung der Belastung durch Photooxidantien mit Hilfe des Tabaks) u. a. aufgrund der langjährigen Erfahrungen bei deren Anwendung in Hessen optimiert.

In der generellen Immissionsproblematik erfolgte ebenfalls ein Wandel. Die durch den Kraftfahrzeugverkehr freigesetzten Bleiemissionen spielen seit der Umstellung auf unverbleites Benzin nur noch eine geringe Rolle. Vielmehr besteht nun ein Interesse an den Wirkungen von Emissionen aus Katalysatoren (z. B. Platin) und Bremsbelägen (z. B. Antimon). Bezüglich dieser Stoffe werden seit wenigen Jahren Untersuchungen im HLUg durchgeführt. Hier ist weiterer Forschungsbedarf vorhanden, da die ökotoxikologische Relevanz von Elementen der Platingruppe noch wenig bekannt ist.

Zum Nachweis von Photooxidantien werden nicht mehr ausschließlich die klassischen Tabakvarietäten eingesetzt. Weißklee-Klone sollen auf eine gleichwertige Einsatzmöglichkeit untersucht werden, da sie den Vorteil hätten, als einheimische Pflanzenart eine bessere Übertragbarkeit von Erhebungsdaten zu gewährleisten.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich der Einsatz von Bioindikatoren nicht nur auf die Erfassung der aktuellen Immissionssituation in einem ausgesuchten Gebiet beschränkt. Es besteht ein erhöhtes Interesse beispielsweise an der Erforschung einer möglichen Änderung der Umwelt durch einen Anstieg der klimarelevanten Spurengase wie Kohlendioxid und Ozon. Das HLUg wird auch weiterhin durch Kooperation mit Hochschulinstituten dieser Fragestellung nachgehen.

8 Literaturverzeichnis

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz) – BImSchG – vom 15. März 1974 (BGBl. I S. 721, 1193), Neufassung vom 14. Mai 1990 (BGBl. I S. 880), zuletzt geändert mit Gesetz vom 11. September 2002 (BGBl. I S. 3622).
- [2] Luftreinhalteplan Wetzlar – 1. Fortschreibung. Bericht über die Erhebung der Emissionen, Immissionen und Wirkungen sowie Maßnahmenplan zum Luftreinhalteplan. Herausgegeben vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit, Wiesbaden, 1995.
- [3] DÄBLER, H.-G.: Einfluß von Luftverunreinigungen auf die Vegetation. Ursachen – Wirkungen – Gegenmaßnahmen. Zweite Auflage. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1981.
- [4] VDI-Richtlinie 3957, Blatt 1, Ausgabe 5.99: Biologische Meßverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation) – Grundlagen und Zielsetzung.
- [5] SCHMID, B.: Nachweis von Schwefeldioxyden, Photooxidantien und allgemeiner Immissionsbelastung in Wetzlar mittels biologischer Indikatoren. Diplomarbeit. Fachbereich Technisches Gesundheitswesen, Fachhochschule Gießen-Friedberg, 1987.
- [6] VDI-Richtlinie 2310: Maximale Immissions-Werte zum Schutz der Vegetation.
– Blatt 6, Ausgabe 6.02: Maximale Immissions-Konzentrationen für Ozon.
- [7] RUSCHEINSKI, R.: Biologische Indikation der Immissionsbelastung durch Fluorexhalate in Wetzlar. Diplomarbeit. Fachbereich Technisches Gesundheitswesen, Fachhochschule Gießen-Friedberg, 1987.
- [8] Eidg. Departement des Innern: Waldsterben und Luftverschmutzung. Bern, 1984.
- [9] VDI-Richtlinie 2310: Maximale Immissions-Werte zum Schutz der Vegetation.
– Blatt 3, Ausgabe 12.89: Maximale Immissions-Konzentrationen für Fluorwasserstoff.
- [10] Deutsche Forschungsgemeinschaft, Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: MAK- und BAT-Werte-Liste 2000. Mitteilung 36. Wiley-VCH, Weinheim, 2000.
- [11] LAHMANN, E.: Luftverunreinigung – Luftreinhaltung. Eine Einführung in ein interdisziplinäres Wissensgebiet. Verlag Paul Parey, Berlin/Hamburg, 1990.
- [12] NOBEL, W., MAIER-REITER, W., SOMMER, B., FINKBEINER, M.: Biomonitoring organischer Luftschadstoffe, insbesondere Dioxine/Furane. VDI-Berichte Nr. 901, Bd. 2, S. 813–826, 1991.
- [13] Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen: Umweltgutachten 1996. Verlag Metzler-Poeschel, Stuttgart, 1996.
- [14] STRUBELT, O.: Gifte in Natur und Umwelt. Pestizide und Schwermetalle, Arzneimittel und Drogen. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin/Oxford, 1996.
- [15] HOCK, B., ELSTNER, E. F.: Schadwirkungen auf Pflanzen. Wissenschaftsverlag Mannheim/Wien/Zürich, 1988.
- [16] ARNDT, U., FOMIN, A., LORENZ, S. (Hrsg.): Bioindikation. Neue Entwicklungen, Nomenklatur, Synökologische Aspekte; Beiträge und Diskussion. 1. Hohenheimer Workshop zur Bioindikation am Kraftwerk Altbach-Deizisau 1995. Ostfildern: Verlag G. Heimbach, 1996.
- [17] EHRLEIN, T., HAMPE, J., KUNER, H.: Wirkungsbezogene Immissionsuntersuchung in der Region Untermain mittels pflanzlicher Bioindikatoren. Diplomarbeit. Fachbereich Technisches Gesundheitswesen, Fachhochschule Gießen-Friedberg, 1992.
- [18] KEITEL, A.: Praxiserprobte Bioindikationsverfahren. Staub – Reinhaltung der Luft **49**, 29–34, 1989.
- [19] VDI-Richtlinie 3792: Messen der Immissions-Wirkdosis.
– Blatt 1, Ausgabe 7.78: Verfahren der standardisierten Graskultur.
– Blatt 2, Ausgabe 1.82: Messen der Immissions-Wirkdosis von gas- und staubförmigem Fluorid mit dem Verfahren der standardisierten Graskultur.
– Blatt 3, Ausgabe 4.91: Messen der Immissions-Wirkdosis von Blei in Pflanzen mit dem Verfahren der standardisierten Graskultur.
– Blatt 5, Ausgabe 6.91: Verfahren zur Standardisierung der Wirkungsfeststellung an Blättern und Nadeln von Bäumen am natürlichen Standort.
- [20] VDI-Richtlinie 3795: Bestimmung des Fluorgehaltes in biologischen Proben sowie in IRMA-Lösungen.
– Blatt 1, Ausgabe 6.78: Photometrische Bestimmung.
– Blatt 2, Ausgabe 4.81: Elektrometrische Bestimmung.
- [21] HÖLLWARTH, M.: Überwachung städtischer Schwermetallimmissionen mit Hilfe eines Bioindikators. Staub – Reinhaltung der Luft **42**, 373–377, 1982.
- [22] VDI-Richtlinie 3799: Ermittlung und Beurteilung phytotoxischer Wirkungen von Immissionen mit Flechten.
– Blatt 1, Ausgabe 01.95: Flechtenkartierung zur Ermittlung des Luftgütwertes (LGW).
– Blatt 2, Ausgabe 10.91: Verfahren der standardisierten Flechtenexposition.
- [23] ZIMMERMANN, R.-D., BAUMANN, R.: II. Bioindikationsmethoden – Aktive Verfahren: Das Klon-Fichtenverfahren. UWSF–Z. Umweltchem. Ökotox. **6** (2), 111–115, 1994.
- [24] LINDERS, H.W.: Monitoringprogramm Naturhaushalt Berlin und Umland. Rasterorientierte Kartierung epi-

- phytischer Flechten – Teil I, im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz des Landes Berlin. Leer, 1991.
- [25] ERHARDT, W., FISCHER, I., WILDENMANN, K., ZIMMERMANN, R.-D.: II. Bioindikationsmethoden – Aktive Verfahren: Die Photooxidantien-Indikation. UWSF–Z. Umweltchem. Ökotox. **7** (1), 47–51, 1995.
- [26] VDI-Richtlinie 3957, Blatt 6, Entwurf 11.00: Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation). Ermittlung und Beurteilung der phytotoxischen Wirkung von Ozon und anderen Photooxidantien. Verfahren der standardisierten Tabak-Exposition.
- [27] VDI-Richtlinie 3957, Blatt 3, Ausgabe 12.00: Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation). Verfahren der standardisierten Exposition von Grünkohl.
- [28] ARNDT, U., NOBEL, W., SCHWEIZER, B.: Bioindikatoren – Möglichkeiten, Grenzen und neue Erkenntnisse. Verlag Eugen Ulmer, 1987.
- [29] ZIMMERMANN, R.-D., UMLAUFF-ZIMMERMANN, R.: Richtlinien zur Erstellung von Wirkungskataster. I. Von der Bioindikation zum Wirkungskataster. UWSF–Z. Umweltchem. Ökotox. **6** (1), 50–54, 1994.
- [30] VDI-Richtlinie 3794, Blatt 1, Ausgabe 11.82: Bestimmung von Immissionsraten. Bestimmung der Immissions-Rate mit Hilfe des IRMA-Verfahrens.
- [31] Luftreinhalteplan Rheinschiene-Mitte 1982–1986. Herausgegeben vom Minister für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 1982.
- [32] LINDT, T. J., FUHRER, J., STADELMANN, F. X.: Kriterien zur Beurteilung einiger Schadstoffgehalte von Nahrungs- und Futterpflanzen. Schriftenreihe der FAC Liebefeld, Nr. 8. Hrsg.: Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene, Liebefeld-Bern, 1990.
- [33] ZEBS: Richtwerte für Schadstoffe in Lebensmitteln. Bundesgesundheitsblatt **5/90**, 224–226, 1990.
- [34] VDI-Richtlinie 2310: Maximale Immissions-Werte.
– Blatt 26, Ausgabe 11.01: Maximale Immissions-Werte für Fluoride zum Schutz der landwirtschaftlichen Nutztiere.
– Blatt 27, Ausgabe 9.98: Maximale Immissions-Werte für Blei zum Schutz der landwirtschaftlichen Nutztiere.
– Blatt 28, Ausgabe 3.96: Maximale Immissions-Werte für Cadmium zum Schutz der landwirtschaftlichen Nutztiere.
– Blatt 30, Ausgabe 7.91: Maximale Immissions-Werte für Nickel zum Schutz der landwirtschaftlichen Nutztiere.
– Blatt 34, Ausgabe 2.96: Maximale Immissions-Werte für Vanadium zum Schutz der landwirtschaftlichen Nutztiere.
- [35] Luftreinhalteplan Rheinschiene Süd (mit Bonn). Herausgegeben vom Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 1992.
- [36] Auswirkungen dynamischer Veränderungen der Luftzusammensetzung und des Klimas auf terrestrische Ökosysteme in Hessen – I – Wirkungen ausgewählter Kohlenwasserstoffe und ihrer Folgeprodukte (insbesondere Ozon) auf Pflanzen. Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft 179, Hessische Landesanstalt für Umwelt, Wiesbaden, 1994.
- [37] Luftreinhalteplan Untermain – Bericht über die Erhebung der Emissionen, Immissionen und Wirkungen sowie Maßnahmenplan zum Luftreinhalteplan. Herausgegeben vom Hessischen Minister für Umwelt und Reaktorsicherheit, Wiesbaden, 1988.
- [38] JENDRITZKY, G., Deutscher Wetterdienst, Zentrale Medizin-Meteorologische Forschungsstelle, Freiburg: Das Bioklima in der Bundesrepublik Deutschland, Flöttmann Verlag, Gütersloh, 1988.
- [39] HAPKE, 1983: zitiert aus Luftreinhalteplan Rheinschiene Süd/Bonn 1992 [35], Seite 234.
- [40] Futtermittelverordnung vom 08.04.1981 (BGBl. I S. 352), Neufassung vom 23.11.2000 (BGBl. I S. 1605).
- [41] Luftreinhalteplan Rhein-Main – 1. Fortschreibung. Bericht über die Erhebung der Emissionen, Immissionen und Wirkungen sowie Maßnahmenplan zum Luftreinhalteplan. Herausgegeben vom Hessischen Minister für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten, Wiesbaden, 1991.
- [42] Kartierung der epiphytischen Flechten in Wiesbaden und Umgebung im Jahre 1989. Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft Nr. 92, Hessische Landesanstalt für Umwelt, Wiesbaden, 1989.
- [43] Luftreinhalteplan Kassel – 1. Fortschreibung. Bericht über die Erhebungen der Emissionen, Immissionen und Wirkungen sowie der daraus abgeleitete Maßnahmenplan. Herausgegeben vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten, Wiesbaden, 1999.
- [44] HOFMANN, S., SCHMIDT, G.: Bioindikation von Luftschadstoffen in Kassel. Diplomarbeit. Fachbereich Technisches Gesundheitswesen, Fachhochschule Gießen-Friedberg, 1989.
- [45] Kartierung der epiphytischen Flechtenvegetation in Kassel und Umgebung im Jahre 1990. Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft Nr. 125, Hessische Landesanstalt für Umwelt, Wiesbaden, 1991.
- [46] SIEWERS, U., HERPIN, U.: Schwermetalleinträge in Deutschland – Moos-Monitoring 1995/96. Geologisches Jahrbuch, Sonderhefte, Reihe D, Heft SD 2. Herausgegeben von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und den Staatlichen Geologischen Diensten in der Bundesrepublik Deutschland, Hannover, 1998.

- [47] Ökosystemares Biomonitoring-Programm in der Region Biebesheim 1992–1994. Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft 193, Hessische Landesanstalt für Umwelt, Wiesbaden, 1996.
- [48] REISCHL, A., REISSINGER, M., THOMA, H., HUTZINGER, O.: Accumulation of organic air constituents by plant surfaces. Part IV. Plant surfaces: A sampling system for atmospheric polychlorodibenzo-p-dioxin (PCDD) and polychlorodibenzofuran (PCDF). *Chemosphere* **18**, 561–568, 1989.
- [49] KÖHLER, J.: Biomonitoring zur Ermittlung der Dioxin-/Furan-Immissionen. In: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.). Dioxine und Furane in der Umwelt. Seminar in Wackersdorf, 21.02.1994. Bayerische Landesanstalt für Umweltschutz, München, 1994.
- [50] UMLAUF, G., REISCHL, A., MCLACHLAN, M., REISSINGER, M., HUTZINGER, O., MARTINETZ, D., WEIßFLOG, L., WENZEL, K.: Levels of Chlororganics and PAHs in the former GDR. In: HUTZINGER, O. und FIEDLER, H. (Hrsg.): *Organohalogen Compounds* **4**, 237–242, ECOINFORMA Press, Bayreuth, 1990.
- [51] Freie und Hansestadt Hamburg: Untersuchungen zum Transfer von Dioxinen und Furanen. Ergebnisse von Parallelbestimmungen im Boden, Staubniederschlag, Gras sowie in Lebensmitteln tierischer und pflanzlicher Herkunft im Hamburger Südosten. Behörde für Arbeit, Gesundheit und Soziales und Umweltbehörde der Freien und Hansestadt Hamburg, 1993.
- [52] FRANZARING, J., BIERL, R., RUTHSATZ, B.: Active Biological Monitoring of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Using Kale (*Brassica Oleracea*) as a Monitor-Species. *Chemosphere* **25**, 827–834, 1992.
- [53] Auswirkungen dynamischer Veränderungen der Luftzusammensetzung und des Klimas auf terrestrische Ökosysteme in Hessen – II – Umweltbeobachtungs- und Klimafolgenforschungsstation Linden, Jahresbericht 1995. Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft 220, Hessische Landesanstalt für Umwelt, Wiesbaden, 1996.
- [54] GRÜNHAGE, L., JÄGER, H.-J., HOLL, A.: Biomonitoringprogramm zur Auswirkung von Katalysatoremissionen (Autoabgase) auf die Vegetation. Institut für Pflanzenökologie, Justus Liebig-Universität Gießen, 1994.
- [55] Beurteilung der lufthygienischen Situation Hessens mittels epiphytischer Flechten. Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft 171, Hessische Landesanstalt für Umwelt, Wiesbaden, 1995.
- [56] KIRSCHBAUM, U., HANEWALD, K.: Immissionsbezogene Flechtenkartierung in hessischen Dauerbeobachtungsflächen. *Journal of Applied Botany – Angewandte Botanik* **72**, 212–227, 1998.
- [57] REISCHL, A., REISSINGER, M., THOMA, H., HUTZINGER, O.: Bioindikation luftgetragener Dioxine und Furane mit Hilfe von Fichtennadeln. *Materialien* **74**, Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.), München, 1991.
- [58] Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: Signale aus der Natur. 10 Jahre ökologisches Wirkungskataster Baden-Württemberg. Karlsruhe, 1994.
- [59] REISCHL, A., ZECH, W., REISSINGER, M., LENOIR, D., SCHRAMM, K.-W., HUTZINGER, O.: Distribution of chlorinated aromatics in leaves, needles and two soils from the Fichtelgebirge (NE-Bavaria), FRG. In: HUTZINGER, O. und FIEDLER, H. (Hrsg.): *Organohalogen Compounds* **4**, 223–228, ECOINFORMA Press, Bayreuth, 1990.
- [60] WILBERTZ, J.: Bioindikation von Luftschadstoffen am Frankfurter Flughafen. Diplomarbeit. Fachbereich Technisches Gesundheitswesen, Fachhochschule Gießen-Friedberg, 1992.
- [61] STREIT, A., VOIGT, K.: Bioindikation von Luftschadstoffen im Raum Braunfels/Wetzlar mittels Höherer Pflanzen. Diplomarbeit. Fachbereich Technisches Gesundheitswesen, Fachhochschule Gießen-Friedberg, 1995.
- [62] NEUGEBOHREN, U., PFISTER, K.: Bioindikation von Luftschadstoffen im Raum Gießen/Wetzlar mittels Höherer Pflanzen. Diplomarbeit. Fachbereich Technisches Gesundheitswesen, Fachhochschule Gießen-Friedberg, 1996.
- [63] EGNER-WALTER, M., FRANK, G.: Bioindikation von Luftschadstoffen mittels Höherer Pflanzen im Raum Darmstadt. Diplomarbeit. Fachbereich Technisches Gesundheitswesen, Fachhochschule Gießen-Friedberg, 1996.
- [64] DIWISCH, S., WAGNER, E.: Bestimmung von Schwermetallen, Fluor und Photooxidantien mittels biologischer Meßverfahren im Raum Dillenburg/Herborn. Diplomarbeit. Fachbereich Krankenhaus- und Medizintechnik, Umwelt- und Biotechnologie, Fachhochschule Gießen-Friedberg, 1997.
- [65] KRISTAU, X., WEHRHEIM, A.: Bioindikation von Luftschadstoffen in der Region Untermain 1998. Diplomarbeit. Fachbereich Krankenhaus- und Medizintechnik, Umwelt- und Biotechnologie, Fachhochschule Gießen-Friedberg, 1998.

9 Weitere Veröffentlichungen zum Thema

Im Folgenden sind weitere Arbeiten zum Themenbereich Wirkungskataster zusammengestellt. Bei den meisten der aufgeführten Wirkungsuntersuchungen handelt es sich um räumlich und zeitlich begrenzte Erhebungen, die in Form von Diplomarbeiten durchgeführt wurden. Die Veröffentlichungen sind chronologisch (und innerhalb eines Jahres alphabetisch) sortiert.

- GOTTSCHLICH, U.: Wetterbedingungen und Schadstoffkonzentrationen in ihrer Beziehung zum Croup-Syndrom. Dissertation. Fakultät für klinische Medizin Mannheim der Ruprecht-Karls-Universität zu Heidelberg, 1983.
- RUNGE, K.: Statistik botanischer Zeitreihen Europas. Einige Charakteristika und klimatologische Zusammenhänge. Diplomarbeit. Institut für Meteorologie und Geophysik, J.W. Goethe-Universität Frankfurt, 1986.
- WILLUHN, J.: Dendrochronologische Betrachtung der Jahresringe verschiedener Nadelbäume auf den Marburger Lahnbergen. Diplomarbeit. Fachbereich Biologie, Philipps-Universität Marburg, 1988.
- Die Schwefelbelastung der Fichtenbestände in den Räumen Wiesbaden-Taunus und Hessischer Spessart in den Jahren 1977, 1980 und 1983. Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft Nr. 102, Hessische Landesanstalt für Umwelt, Wiesbaden, 1990.
- FREUND, A.: Analyse von Episoden erhöhter Ozonkonzentration an Standorten mit unterschiedlicher Luftqualität in Hessen. Diplomarbeit. Fachbereich Geowissenschaften, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, 1990.
- KAESLER, C., LUSCHTINEZ, R.: Epiphytische Flechtenkartierung zur Beurteilung der lufthygienischen Situation in Rhön und Spessart. Diplomarbeit. Fachbereich Technisches Gesundheitswesen, Fachhochschule Gießen-Friedberg, 1991.
- MELKA-MÜLLER, K.: Photosynthese und Ionenstatus als Streßparameter bei *Fagus sylvatica* (L.) – Vergleichende Untersuchung zweier Altbuchenbestände auf Kalk und Buntsandstein hinsichtlich ihres Gaswechsels und der raumzeitlichen Diversität beim Elementgehalt im Wurzelgewebe. Dissertation. Forstwissenschaftlicher Fachbereich, Georg August-Universität Göttingen, 1991.
- WINDISCH, U.: Erfassung der epiphytischen Flechtenvegetation des Vogelsbergkreises zur Beurteilung der Immissionsituation. Diplomarbeit. Institut für Pflanzenökologie, Justus Liebig-Universität Gießen, 1991.
- BECKMANN, S.: Der Einfluß von Ozon auf das Wachstum und den Nährstoffhaushalt von *Lolium multiflorum*. Diplomarbeit. Fachbereich Biologie, Justus Liebig-Universität Gießen, 1992.
- HOLL, A.: Untersuchung zum Einfluß von Ozon und Klimafaktoren auf *Nicotiana tabacum* L. cv. *Bel W3* und *Bel B*. Diplomarbeit. Fachbereich Geowissenschaften, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, 1992.
- KUBOCZ, T.: Biochemische Indikation von Ozoneinwirkungen auf standardisiert exponierte Bohnenvarietäten. Diplomarbeit. Fachbereich Biologie, Justus Liebig-Universität Gießen, 1992.
- MARTIN, O.: Immissionsbezogene epiphytische Flechtenkartierung im West-Taunus. Diplomarbeit. Fachbereich Technisches Gesundheitswesen, Fachhochschule Gießen-Friedberg, 1992.
- MÜLLER, F.: Auswertung von Immissionsraten unter Berücksichtigung meteorologischer Einflußgrößen. Diplomarbeit. Fachbereich Technisches Gesundheitswesen, Fachhochschule Gießen-Friedberg, 1992.
- SCHMITT, J.: Entwicklung von Rechenmodellen zur Abschätzung der Auswirkungen des chemischen Klimas auf standardisiert exponierte Pflanzen. Diplomarbeit. Fachbereich Biologie, Institut für Pflanzenökologie, Justus Liebig-Universität Gießen, 1992.
- Auswirkungen von Ozon auf Pflanzen – Bewertung hessischer Ozonprofile. Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft Nr. 143, Hessische Landesanstalt für Umwelt, Wiesbaden, 1993.
- REICHMANN, C.: Kartierung der epiphytischen Flechtenvegetation im Osttaunus zur Bewertung der lufthygienischen Situation. Diplomarbeit. Fachbereich Biologie, Justus Liebig-Universität, Gießen, 1993.
- SIMON, S.: Methodische Weiterentwicklung des Leuchtbakterientests: Nachweis toxischer Niederschläge auf Pflanzen. Diplomarbeit. Fachbereich Technisches Gesundheitswesen, Fachhochschule Gießen-Friedberg, 1993.
- GRADL, T.: Methodische Weiterentwicklung des Leuchtbakterientests: Nachweis toxischer Niederschläge auf Grünkohl und in Bergerhoff-Geräten. Diplomarbeit. Fachbereich Technisches Gesundheitswesen, Fachhochschule Gießen-Friedberg, 1994.
- KLUTHE, R.: Flechten als Bioindikatoren von Luftverunreinigungen – Teil I: Kartierung der epiphytischen Flechtenvegetation in Nordwesthessen (Landkreise Waldeck-Frankenberg und Kassel) – Teil II: Schwermetallanalyse in epiphytischen Flechten aus Nordhessen. Diplomarbeit. Fachbereich Technisches Gesundheitswesen, Fachhochschule Gießen-Friedberg, 1994.
- KÖNIG, S.: Flechten als Bioindikatoren – Immissionsbezogene Kartierung der epiphytischen Flechtenvegetation Nordhessens – Schwermetallanalyse zweier Flechtenarten aus Westhessen. Diplomarbeit. Fachbereich Technisches Gesundheitswesen, Fachhochschule Gießen-Friedberg, 1994.

- MAYER, B.: Immissionsbezogene Flechtenkartierung in Nordwest-Hessen (Raum Waldeck, Bad Wildungen, Fritzlar) – Untersuchung zur Schwermetallbelastung epiphytischer Flechten in Süd-Hessen. Diplomarbeit. Fachbereich Technisches Gesundheitswesen, Fachhochschule Gießen-Friedberg, 1994.
- OEPEN, S., TRÄGER, C.: Methodische Weiterentwicklung des Leuchtbakterientests: Nachweis toxischer Luftinhaltsstoffe im Schwebstaub (LIB-Verfahren) und im Partikelniederschlag (Bergerhoff-Verfahren). Diplomarbeit. Fachbereich Technisches Gesundheitswesen, Fachhochschule Gießen-Friedberg, 1994.
- SENDKE, P.: Flechten als Bioindikatoren – zwei Aspekte: Immissionsbezogene Flechtenkartierung in Nordwesthessen (im Landkreis Waldeck-Frankenberg) – Schwermetallanalyse in epiphytischen Flechten aus Mittel- und Osthessen. Diplomarbeit. Fachbereich Technisches Gesundheitswesen, Fachhochschule Gießen-Friedberg, 1994.
- Der kommunale Umweltatlas zur Unterstützung umweltverantwortlichen Handelns – Beispiel: Stadt Braunsfels. Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft Nr. 211, Hessische Landesanstalt für Umwelt, Wiesbaden, 1996.
- MÄHLER, K.: Flechtenkartierung zur Ermittlung der Luftgüte in Schwalmstadt und Umgebung. Diplomarbeit. Fachbereich 07, Mathematik, Physik und Geographie, Justus Liebig-Universität Gießen, 1999.