

Umweltforschungsplan  
des Bundesministers für Umwelt,  
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Umweltprobenbank einschließlich Human- und Biomonitoring

**Förderkennzeichen (UFOPLAN) 200 64 218**

**Untersuchungen von Schadstoffeinträgen anhand von Bioindikatoren -  
Aus- und Bewertung der Ergebnisse aus dem Moos-Monitoring 1990/91,  
1995/96 und 2000/01  
- Abschlussbericht Teil III -**

von

Prof. Dr. Winfried Schröder  
(Projektleiter)

Dr. Holger Bau	Dipl.-Geogr. Roland Pesch
Dr. Yehia Matter	Jens Pöhlker
Dr. Karsten Mohr	Dr. Abdul Hanan Roostai
Dipl.-Geogr. Anette Peiter	Zakia Roostai
Torsten Peronne	Dipl.-Geol. Gunther Schmidt
	Dr. Ulrich Siewers

(Bearbeiter/in)

Im Auftrag  
des Umweltbundesamtes  
September 2002

## Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer UBA-FB	2.	3.
4. Titel des Berichts Untersuchungen von Schadstoffeinträgen anhand von Bioindikatoren: Aus- und Bewertung der Ergebnisse aus dem Moos-Monitoring 1990/91, 1995/96 und 2000/01 - Abschlussbericht Teil III -		
5. Autoren SCHRÖDER, W.; BAU, H., MATTER, Y.; MOHR, K.; PEITER, A.; PERONNE, T.; PESCH, R.; PÖHLKER, J.; ROOSTAI, H; ROOSTAI, Z.; SCHMIDT, G.; SIEWERS, U.	8. Abschlussdatum 30.09.2002	
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Institut für Umweltwissenschaften Hochschule Vechta Postfach 15 53 D-49364 Vechta	9. Veröffentlichungsdatum	
	10. UFOPLAN-Nr. 200 64 218	
	11. Seitenzahl 71	
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt Postfach 33 00 22 D-14191 Berlin	12. Literaturangaben 15	
	13. Tabellen 6	
	14. Abbildungen, Karten 7	
15. Zusätzliche Angaben		
16. Zusammenfassung  Im Moos-Monitoring 2000 wurde mit Hilfe ausgewählter Moosarten der flächenhafte Eintrag von 20 Metall- und Schwermetallelementen in der Bundesrepublik Deutschland in terrestrische Ökosysteme quantitativ erfasst. Die Ergebnisse des Vorhabens werden in drei Berichtsteilen vorgelegt. In dem hier vorliegenden Berichtsteil III wurden für ein mögliches Moos-Monitoring 2005 Optimierungsvorschläge erarbeitet. Hierbei handelt es sich um die Optimierung der Moosprobenentnahme, der digitalen Datenhaltung sowie der Messnetzgestaltung.		
17. Schlagwörter Bioindikation, Umweltmonitoring, Moos-Monitoring, atmosphärische Schwermetalleinträge, Umweltdatenbanken, Messnetzoptimierung, Probenentnahmerichtlinie, GIS		
18. Preis	19.	20.

## Report Cover Sheet

1. Report No UBA-FB	2.	3.
4. Report Title Investigation of pollutant entries with the help of bioindicators: Evaluation of the results of the German Moss-Monitoring 1990/91, 1995/96 und 2000/01 - Final Report Part III -		
5. Authors SCHRÖDER, W.; BAU, H., MATTER, Y.; MOHR, K.; PEITER, A.; PERONNE, T.; PESCH, R.; PÖHLKER, J.; ROOSTAI, H; ROOSTAI, Z.; SCHMIDT, G; SIEWERS, U.	8. Report date 30.09.2002	
6. Performing Organisation Institut für Umweltwissenschaften Hochschule Vechta Postfach 15 53 D-49364 Vechta	9. Publication Date	
	10. UFOPLAN-Ref. No 200 64 218	
	11. No of Pages 71	
7. Funding Agency Umweltbundesamt Postfach 33 00 22 D-14191 Berlin	12. No of Reference 15	
	13. No of Tables 6	
	14. No of Figures, maps 7	
15. Supplementary Notes		
16. Abstract  In the German Moss-Monitoring “ the atmospheric input of 20 metal and heavy metal elements in terrestrial ecosystems in the area of the Federal Republic of Germany was quantitatively seized in a method-harmonized, quality-controlled chemical-analytic system with the help of selected moss species. The results of the project are submitted in three report parts. In this report part III optimization suggestions were worked out for a possible Moss-monitoring 2005. including the optimization of the moss sampling, the digital data handling as well as the design of the moss monitoring measurement net.		
17. Key Words bioindication, environmental monitoring, moss monitoring, atmospheric pollutant entry, heavy metals, GIS, database systems, moss sampling		
18. Price	19.	20.

## Gliederung

	Danksagung	7
	Abkürzungen	9
	Glossar	11
1	Projektziele und -randbedingungen	13
2	Optimierung der Moosprobenentnahme	16
3	Optimierung der Datenbankstruktur	22
3.1	Überarbeitung der bisherigen Datenbankstruktur	23
3.1.1	Homogenisierung der Datentabellen	24
3.1.2	Optimierung der UBA-Moos-Datenbankstruktur	27
3.2	Konzept für ein Internet- und GIS-gestütztes Umweltmonitoring-System (IGUS)	30
4	Geostatistische Analyse ausgewählter Moos-Monitoringdaten 2000	36
4.1	Theoretische Grundlagen	38
4.2	Datenanalyse und -transformation	43
4.3	Durchführung der Variogrammanalysen	47
4.4	Durchführung der Krigingprozeduren	50
4.5	Ausreißerererkennung und –bewertung	58
5	Entwicklung eines Moos-GIS	62
6	Zusammenfassung und Ausblick	65
7	Zitierte Literatur	70

<b>Abbildungsverzeichnis</b>		<b>Seite</b>
Abbildung 1	Auslagern von Spalten in der UBA-Moos-Datenbank	29
Abbildung 2	Arbeitsabläufe im Moos-Monitoring bisher	34
Abbildung 3	Arbeitsabläufe mit IGUS	35
Abbildung 4	Beispiel eines omnidirektionalen experimentellen Variogramms (Hg (Ln-Transformiert) im Moos-Monitoring 2000)	39
Abbildung 5	Variogrammodelle	39
Abbildung 6	Beispiel einer Modellanpassung (Hg (Ln-Transformiert) im Moos-Monitoring 2000)	40
Abbildung 7	Schätzung eines Rasterzellenwertes (verändert nach AKIN 1983)	41
Abbildung 8	Experimentelles Variogramm von Hg im Moos-Monitoring 2000 inkl. Probenpaare der ersten acht Distanzintervalle	48

<b>Tabellenverzeichnis</b>		<b>Seite</b>
Tabelle 1	Mindestabstände zu potenziellen Emissionsquellen	20
Tabelle 2	Zusammenfassung von Spalten in der UBA-Moosdatenbank	28
Tabelle 3	Deskriptiv-statistische Parameter ausgewählter Elemente aus dem Moos-Monitoring 2000	45
Tabelle 4	Schätzgütekriterien – Kreuzvalidierung	56
Tabelle 5	Schätzgütekriterien – Messwert-Rasterwertabgleich	57
Tabelle 6	Schätzgütekriterien der Kreuzvalidierung der lognormaltransformierten Daten – ohne räumliche Ausreißer	59

## Danksagung

Das Projekt 200 64 218 „Untersuchungen von Schadstoffeinträgen anhand von Bioindikatoren - Aus- und Bewertung der Ergebnisse aus dem Moos-Monitoring 1990/91, 1995/96 und 2000/01“ wurde vom BMU finanziert und vom UBA fachlich begleitet. Die in den Abschlussberichten Teil I und II vorgestellten Ergebnisse sind durch die Zusammenarbeit vieler Beteiligten zustande gekommen. Den am Moos-Monitoring 2000 beteiligten Landesbehörden und ihren Mitarbeitern, die das Vorhaben im *Arbeitskreis Bioindikation und Wirkungsermittlung* fachlich begleiteten sei hiermit für die konstruktive Zusammenarbeit Dank ausgesprochen:

- Frau Dr. Zink, Herr Dr. Sattler (Landesanstalt für Umweltschutz und Natur, Mecklenburg-Vorpommern),
- Herr Mütterlein, Herr Küchler (Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie),
- Herr Dr. Peichl (Bayerisches Landesamt für Umweltschutz),
- Frau Dr. Rademacher (Landesumweltamt Brandenburg),
- Herr Dr. Schiller (Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt),
- Herr Dr. Wolf (Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie),
- Herr Radermacher (Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen),
- Herr Genssler, Herr Dr. Gehrmann (Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten Nordrhein-Westfalen)
- Herr Dr. Wagner (Universität Trier),
- Herr Dr. Rammert (Landesamt für Natur und Umwelt, Schleswig-Holstein),
- Herr Reischl (Thüringer Landesanstalt für Umwelt),
- Herr Dr. Gebhardt, Herr Dr. Franke, Herr Broecker (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg),

- Herr Dr. Wahl (Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz),
- Herr Dr. Klaus-Peter Giesen (Niedersächsisches Landesamt für Ökologie),
- Herr Gustav-Adolf Engeli (Landesforstverwaltung Hamburg),
- Herr von Dewitz (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin),
- Herr Prof. Dr. Zimmermann (Fachhochschule Bingen),
- Herr Erhardt (UMEG, Karlsruhe).

Allen, die das Projekt finanziell und ideell unterstützt haben, sei herzlich gedankt. Dies gilt vor allem für die Projektbetreuung durch Herrn Dr. Schlüter (UBA) sowie die beteiligten Projektpartner Herr Dr. Bau, Herr Dr. Matter, Herr Cipra (LUFA Hameln), Zakia und Dr. Abdul Hanan Roostai sowie Dr. Mohr (LUFA Nord-West). Für die wissenschaftliche Begleitung und fachliche Unterstützung sei besonders Frau Knetsch (UBA) und Herrn Dr. Siewers (BGR) gedankt. Die an diesem Projekt beteiligten wissenschaftlichen Angestellten (Dipl.-Math. Heidrun Matejka, Dipl.-Geogr. Roland Pesch, Dipl.-Geol. Gunther Schmidt) sowie die studentischen Hilfskräfte (Dipl.-Forst. Patrick Anhelm, Roland Mitze, Dipl.-Geogr. Anette Peiter, Torsten Peronne, Jens Pöhlker) haben mich sehr gut unterstützt. Bleibt dennoch Anlass zu Fragen oder Kritik, so bin ich gerne zur Diskussion bereit.

Vechta, im Juli 2002

Prof. Dr. W. Schröder

### Abkürzungen (Teil 1 von 2)

Abkürzung	Bedeutung
AAS	Atomabsorptions-Spektrometrie
ACCESS	Datenbank-Software der Firma MicroSoft
Al	Aluminium
APR	Dateiformat bzw. Dateierweiterung einer ArcView-Projekt-Datei
As	Arsen
ASCII	American Standard Code for International Interchange
ArcView GIS	GIS-Software der Firma Esri
Ba	Barium
BB	Brandenburg
BDF	Bodendauerbeobachtungsflächen
BE	Berlin
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BGR	Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BRD	Bundesrepublik Deutschland
BW	Baden-Württemberg
BY	Bayern
Ca	Calcium
Cd	Cadmium
Cr	Chrom
Cu	Kupfer
dbf	Dateiformat bzw. Dateierweiterung für eine dBaseIV-Datenbank
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme
ECE	Electrical & Computer Engineering
Fe	Eisen
GIS	Geografisches Informationssystem bzw. Geo-Informationssystem
HE	Hessen
<i>H.c.</i>	<i>Hypnum cupressiforme</i>
<i>H.s.</i>	<i>Hylocomium splendens</i>
Hg	Quecksilber
HH	Hamburg
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer
ICP-OES	Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometer
ID	Identifikationsziffer bzw. –zahl
IDW	Inverse Distance Weighted
IUW	Institut für Umweltwissenschaften an der HS Vechta (→ FN)
K	Kalium
LUFA	Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt
mdb	Dateiformat bzw. Dateierweiterung für eine MS Access Datenbank
Mg	Magnesium

### Abkürzungen (Teil 2 von 2)

Abkürzung	Bedeutung
Mn	Mangan
MS Access	Microsoft Access (Produktbezeichnung)
MS Excel	Microsoft Excel (Produktbezeichnung)
MV	Mecklenburg-Vorpommern
Na	Natrium
Ni	Nickel
NI	Niedersachsen
NW	Nordrhein-Westfalen
<i>P.s.</i>	<i>Pleurozium schreberi</i>
Pb	Blei
RP	Rheinland-Pfalz
Sb	Antimon
SH	Schleswig-Holstein
SL	Saarland
SN	Sachsen
<i>S.p.</i>	<i>Scleropodium purum</i>
Sr	Strontium
ST	Sachsen-Anhalt
TH	Thüringen
Ti	Titan
UBA	Umweltbundesamt
UMEG	Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit (Baden-Württemberg)
V	Vanadium
Zn	Zink

### Glossar (Teil 1 von 2)

Ausdruck	Bedeutung
98-Perzentile	Wert in einer nach der Größe geordneten Datenreihe, unterhalb dessen sich 98% aller Variablenwerte befinden
Extrapolation, räumliche	statistische Schätzung der flächenhaften Verteilung eines gemessenen Merkmals aus Punktmessungen
Geo-Informationssystem / Geografisches Informationssystem (GIS)	Software zur Verwaltung, statistischen Auswertung und kartografischen Abbildung räumlich verorteter Daten
IDW-Verfahren	Das IDW-Verfahren ist ein räumliches Interpolations-Verfahren, das zur Berechnung des Wertes jeweils einer Rasterzelle die Messwerte aller innerhalb eines festzulegenden Suchradius befindlichen Standorte zuerst gewichtet und dann aufsummiert. Die Wichtung der Messwerte erfolgt gemäß des reziproken Quadrats der Entfernung zwischen Rasterzellenmittelpunkt und Standort.
Geostatistik	statistische Verfahren zur Untersuchung der räumlichen Autokorrelation punktuell gemessener metrisch-kontinuierlicher Daten (Variogramm-Analyse) und zu ihrer räumlich gewichteten Extrapolation (Kriging)
Interquartilabstand	Abstand zwischen dem 75. und 25. Quartil einer Messwertverteilung
Kriging	geostatistisches Verfahren zur Extrapolation von Punktdaten, das die mittels → Variogramm-Analyse bestimmte räumliche Aussagereichweite punkthafter Messdaten (range) zur räumlich gewichteten Messdaten-Interpolation nutzt
Kreuzvalidierung	ein in der Geostatistik gebräuchliches Instrument, um für ein gewähltes experimentelles Variogramm eine optimierte Modellanpassung durchzuführen. Aus der Gesamtmenge der Messpunkte wird nacheinander je ein Wert dem Datensatz entnommen und durch Kriging mit dem gewählten Modellvariogramm neu geschätzt.
Metadaten	Informationen über Messdaten (Wo werden sie erhoben? Wie werden sie erhoben? Wer erhebt sie?)
Normalisierung	Normalisierung ist ein Verfahren, bei dem in relationalen Datenbanken Relationsschemata (= Tabellen) soweit zerlegt werden, bis keine redundanten Daten mehr vorhanden sind.

### Glossar (Teil 2 von 2)

Ausdruck	Bedeutung
Nugget-Effekt	Natürlicher Werteunterschied ein und derselben Messgröße zwischen zwei benachbarten Punkten. Im Variogramm ist dies der Abstand zwischen Ordinaten-schnittpunkt und Ursprung des Variogramms auf der y-Achse.
Sill	aus dem Variogramm abgeleitete dem range zugeordnete Semivarianz
relationale Datenbank	Datenmodell, das auf einem tabellaren Konzept beruht, bei dem sowohl die Daten selbst als auch Beziehungen zwischen Daten in Tabellenform gespeichert werden. Für jeden Entitätstyp, aber auch jede Beziehung wird dabei eine Tabelle angelegt, die dann über gemeinsame Attribute oder Identifikatoren (Schlüssel) in Beziehung gesetzt werden können.
Semivarianz	innerhalb vorzugebener Distanzintervalle die mittleren quadrierten Differenzen der Probenwerte
Variogramm-Analyse	Statistisches Verfahren zur Quantifizierung des Raumausschnittes (range), in dem Messwerte autokorreliert sind und innerhalb dessen zwischen Messpunkten statistisch begründet und räumlich gewichtend z.B. mit $\rightarrow$ Kriging interpoliert werden kann
Variationskoeffizient	Der Variationskoeffizient ist ein auf den Mittelwert bezogenes Streuungsmaß, das die Standardabweichung am Mittelwert relativiert.