

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 II -**

von

Prof. Dr. Winfried Schröder  
(Projektleiter)

|                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| Dipl.-Forst. Patrick Anhelm | Torsten Peronne             |
| Dr. Holger Bau              | Dipl.-Geogr. Roland Pesch   |
| Dr. Yehia Matter            | Dr. Abdul Hanan Roostai     |
| Roland Mitze                | Zakia Roostai               |
| Dr. Karsten Mohr            | Dipl.-Geol. Gunther Schmidt |
| Dr. Ludwig Peichl           | Dr. Ulrich Siewers          |
| Dipl.-Geogr. Anette Peiter  |                             |

(Bearbeiter/in)

Im Auftrag  
des Umweltbundesamtes  
Juli 2002

## Berichts-Kennblatt

|   |     |                                 |
|---|-----|---------------------------------|
| 1. Berichtsnummer<br>UBA-FB   | 2.  | 3.                              |
| 4. Titel des Berichts<br>Untersuchungen von Schadstoffeinträgen anhand von Bioindikatoren:<br>Aus- und Bewertung der Ergebnisse aus dem Moos-Monitoring 1990/91, 1995/96 und 2000/01<br>- Abschlussbericht Teil II -  |     |                                 |
| 5. Autoren<br>SCHRÖDER, W.; ANHELM, P.; BAU, H., MATTER, Y.; MITZE, R.; MOHR, K.; PEITER, A.; PEICHL, L.; PERONNE, T.; PESCH, R.; ROOSTAI, H; ROOSTAI, Z.; SCHMIDT, G.; SIEWERS, U.   |     | 8. Abschlussdatum<br>31.07.2002 |
| 6. Durchführende Institution (Name, Anschrift)<br>Institut für Umweltwissenschaften<br>Hochschule Vechta<br>Postfach 15 53<br>D-49364 Vechta  |     | 9. Veröffentlichungsdatum       |
|   |     | 10. UFOPLAN-Nr.<br>200 64 218   |
|   |     | 11. Seitenzahl<br>185           |
|   |     | 12. Literaturangaben<br>9       |
| 7. Fördernde Institution (Name, Anschrift)<br>Umweltbundesamt<br>Postfach 33 00 22<br>D-14191 Berlin  |     | 13. Tabellen<br>1               |
|   |     | 14. Abbildungen, Karten<br>204  |
|   |     | 15. Zusätzliche Angaben         |
| 16. Zusammenfassung<br><br>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 zwei Berichtsteilen vorgelegt. In dem hier vorliegenden Berichtsteil II wurde der atmosphärische Eintrag der Metall- und Schwermetallelemente Al, As, Ba, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Na, Mg, Mn, Ni, Pb, Sb, V, Sr, Ti, Zn in einem methodenharmonisierten, qualitätskontrollierten chemisch-analytischen System auf dem Gebiet der BRD moosartenspezifisch ausgewertet. Ferner wurde ein Index für atmosphärische Metalleinträge erarbeitet. |     |                                 |
| 17. Schlagwörter<br>Bioindikation, Umweltmonitoring, Moos-Monitoring, atmosphärische Schwermetalleinträge, Umweltdatenbanken, Umweltindikatoren, Umweltindizes  |     |                                 |
| 18. Preis   | 19. | 20.                             |

## Report Cover Sheet

|   |                                   |     |
|---|-----------------------------------|-----|
| 1. Report No<br>UBA-FB  | 2.                                | 3.  |
| 4. Report Title<br>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<br>- Final Report Part II -  |                                   |     |
| 5. Authors<br>SCHRÖDER, W.; ANHELM, P.; BAU, H., MATTER, Y.; MITZE, R.; MOHR, K.; PEITER, A.; PEICHL, L.; PERONNE, T.; PESCH, R.; ROOSTAI, H; ROOSTAI, Z.; SCHMIDT, G.; SIEWERS, U.   | 8. Report date<br>31.07.2002      |     |
| 6. Performing Organisation<br>Institut für Umweltwissenschaften<br>Hochschule Vechta<br>Postfach 15 53<br>D-49364 Vechta  | 9. Publication Date               |     |
|   | 10. UFOPLAN-Ref. No<br>200 64 218 |     |
|   | 11. No of Pages<br>185            |     |
| 7. Funding Agency<br>Umweltbundesamt<br>Postfach 33 00 22<br>D-14191 Berlin   | 12. No of Reference<br>9          |     |
|   | 13. No of Tables<br>1             |     |
|   | 14. No of Figures, maps<br>204    |     |
| 15. Supplementary Notes   |                                   |     |
| 16. Abstract<br><br>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 two report parts. In this report part I the atmospheric entry of the metal and heavy metal elements Al, As, Ba, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Na, Mg, Mn, Ni, Pb, Sb, V, Sr, Ti, Zn in the area of the Federal Republic of Germany was examined for the moss species <i>Pleurozium schreberi</i> , <i>Scleropodium purum</i> and <i>Hypnum cupressiforme</i> . Furthermore an index for atmospheric metal entries was derived. |                                   |     |
| 17. Key Words<br>bioindication, environmental monitoring, moss monitoring, atmospheric pollutant entry, heavy metals  |                                   |     |
| 18. Price   | 19.                               | 20. |

## Gliederung (Teil 1 von 2)

|        |                                   |     |
|--------|-----------------------------------|-----|
|        | Danksagung                        | 17  |
|        | Abkürzungen                       | 19  |
|        | Glossar                           | 21  |
| 1      | Projektziele und -randbedingungen | 23  |
| 2      | Moosartenspezifische Auswertung   | 26  |
| 2.1    | Standardelemente                  | 30  |
| 2.1.1  | Arsen                             | 30  |
| 2.1.2  | Cadmium                           | 36  |
| 2.1.3  | Chrom                             | 46  |
| 2.1.4  | Kupfer                            | 54  |
| 2.1.5  | Eisen                             | 61  |
| 2.1.6  | Nickel                            | 69  |
| 2.1.7  | Blei                              | 76  |
| 2.1.8  | Titan                             | 83  |
| 2.1.9  | Vanadium                          | 90  |
| 2.1.10 | Zink                              | 97  |
| 2.1.11 | Quecksilber                       | 104 |
| 2.1.12 | Antimon                           | 111 |
| 2.2    | Zusatzelemente                    | 117 |
| 2.2.1  | Aluminium                         | 117 |
| 2.2.2  | Barium                            | 123 |
| 2.2.3  | Calcium                           | 130 |
| 2.2.4  | Kalium                            | 136 |
| 2.2.5  | Magnesium                         | 142 |
| 2.2.6  | Mangan                            | 149 |
| 2.2.7  | Natrium                           | 155 |
| 2.2.8  | Strontium                         | 161 |
| 2.3    | Zusammenfassung                   | 167 |
| 2.3.1  | Standardelemente                  | 167 |

**Gliederung (Teil 2 von 2)**

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 2.3.2 | Zusatzelemente                                       | 172 |
| 3     | Schwermetallanreicherung in Moos als Umweltindikator | 177 |
| 4     | Zusammenfassung                                      | 182 |
| 5     | Zitierte Literatur                                   | 184 |

| <b>Abbildungsverzeichnis (Teil 1 von 10)</b> |   | <b>Seite</b> |
|--|---|--------------|
| Abbildung 1                                  | Medianvergleich des Moos-Monitoring 1990, 1995 und 2000 für Arsen - moosartenunspezifisch   | 30           |
| Abbildung 2                                  | Mediane für Arsen im Moos-Monitoring 1990 – moosartenspezifisch                             | 33           |
| Abbildung 3                                  | Mediane für Arsen im Moos-Monitoring 1995 - moosartenspezifisch                             | 33           |
| Abbildung 4                                  | Mediane für Arsen im Moos-Monitoring 2000 - moosartenspezifisch                             | 34           |
| Abbildung 5                                  | Mediane für Arsen im Moos-Monitoring 2000 – <i>P.s.</i>                                     | 35           |
| Abbildung 6                                  | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>P.s.</i>                  | 35           |
| Abbildung 7                                  | Mediane für Arsen im Moos-Monitoring 2000 – <i>S.p.</i>                                     | 36           |
| Abbildung 8                                  | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für – <i>S.p.</i>                  | 36           |
| Abbildung 9                                  | Mediane für Arsen im Moos-Monitoring 2000 – <i>H.c.</i>                                     | 37           |
| Abbildung 10                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für – <i>H.c.</i>                  | 37           |
| Abbildung 11                                 | Medianvergleich des Moos-Monitoring 1990, 1995 und 2000 für Cadmium - moosartenunspezifisch | 38           |
| Abbildung 12                                 | Mediane für Cadmium im Moos-Monitoring 1990 – moosartenspezifisch                           | 41           |
| Abbildung 13                                 | Mediane für Cadmium im Moos-Monitoring 1995 – moosartenspezifisch                           | 41           |
| Abbildung 14                                 | Mediane für Cadmium im Moos-Monitoring 2000 – moosartenspezifisch                           | 42           |
| Abbildung 15                                 | Mediane für Cadmium im Moos-Monitoring 2000 – <i>P.s.</i>                                   | 43           |
| Abbildung 16                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für- <i>P.s.</i>                   | 43           |
| Abbildung 17                                 | Mediane für Cadmium im Moos-Monitoring 2000 – <i>S.p.</i>                                   | 44           |
| Abbildung 18                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für – <i>S.p.</i>                  | 44           |
| Abbildung 19                                 | Mediane für Cadmium im Moos-Monitoring 2000 – <i>H.c.</i>                                   | 45           |
| Abbildung 20                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für – <i>H.c.</i>                  | 45           |
| Abbildung 21                                 | Medianvergleich des Moos-Monitoring 1990, 1995 und 2000 für Chrom - moosartenunspezifisch   | 46           |

| <b>Abbildungsverzeichnis (Teil 2 von 10)</b> |  | <b>Seite</b> |
|--|--|--------------|
| Abbildung 22                                 | Mediane für Chrom im Moos-Monitoring 1990 – moosartenspezifisch                            | 49           |
| Abbildung 23                                 | Mediane für Chrom im Moos-Monitoring 1995 – moosartenspezifisch                            | 49           |
| Abbildung 24                                 | Mediane für Chrom im Moos-Monitoring 2000 – moosartenspezifisch                            | 50           |
| Abbildung 25                                 | Mediane für Chrom im Moos-Monitoring 2000 – <i>P.s.</i>                                    | 51           |
| Abbildung 26                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für – <i>P.s.</i>                 | 51           |
| Abbildung 27                                 | Mediane für Chrom im Moos-Monitoring 2000 – <i>S.p.</i>                                    | 52           |
| Abbildung 28                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für – <i>S.p.</i>                 | 52           |
| Abbildung 29                                 | Mediane für Chrom im Moos-Monitoring 2000 – <i>H.c.</i>                                    | 53           |
| Abbildung 30                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für – <i>H.c.</i>                 | 53           |
| Abbildung 31                                 | Medianvergleich des Moos-Monitoring 1990, 1995 und 2000 für Kupfer - moosartenunspezifisch | 54           |
| Abbildung 32                                 | Mediane für Kupfer im Moos-Monitoring 1990 – moosartenspezifisch                           | 57           |
| Abbildung 33                                 | Mediane für Kupfer im Moos-Monitoring 1995 – moosartenspezifisch                           | 57           |
| Abbildung 34                                 | Mediane für Kupfer im Moos-Monitoring 2000 – moosartenspezifisch                           | 58           |
| Abbildung 35                                 | Mediane für Kupfer im Moos-Monitoring 2000 - <i>P.s.</i>                                   | 59           |
| Abbildung 36                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>P.s.</i>                 | 59           |
| Abbildung 37                                 | Mediane für Kupfer im Moos-Monitoring 2000 – <i>S.p.</i>                                   | 60           |
| Abbildung 338                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>S.p.</i>                 | 60           |
| Abbildung 39                                 | Mediane für Kupfer im Moos-Monitoring 2000 – <i>H.c.</i>                                   | 61           |
| Abbildung 40                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>H.c.</i>                 | 61           |
| Abbildung 41                                 | Medianvergleich des Moos-Monitoring 1990, 1995 und 2000 für Eisen - moosartenunspezifisch  | 62           |
| Abbildung 42                                 | Mediane für Eisen im Moos-Monitoring 1990 - moosartenspezifisch                            | 64           |
| Abbildung 43                                 | Mediane für Eisen im Moos-Monitoring 1995 - moosartenspezifisch                            | 64           |
| Abbildung 44                                 | Mediane für Eisen im Moos-Monitoring 2000 – moosartenspezifisch                            | 65           |

| <b>Abbildungsverzeichnis (Teil 3 von 10)</b> |  | <b>Seite</b> |
|--|--|--------------|
| Abbildung 45                                 | Mediane für Eisen im Moos-Monitoring 2000 – <i>P.s.</i>                                    | 66           |
| Abbildung 46                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>P.s.</i>                 | 66           |
| Abbildung 47                                 | Mediane für Eisen im Moos-Monitoring 2000 – <i>S.p.</i>                                    | 67           |
| Abbildung 48                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>S.p.</i>                 | 67           |
| Abbildung 49                                 | Mediane für Eisen im Moos-Monitoring 2000 – <i>H.c.</i>                                    | 68           |
| Abbildung 50                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>H.c.</i>                 | 68           |
| Abbildung 51                                 | Medianvergleich des Moos-Monitoring 1990, 1995 und 2000 für Nickel - moosartenunspezifisch | 69           |
| Abbildung 52                                 | Mediane für Nickel im Moos-Monitoring 1990 – moosartenspezifisch                           | 71           |
| Abbildung 53                                 | Mediane für Nickel im Moos-Monitoring 1995 – moosartenspezifisch                           | 71           |
| Abbildung 54                                 | Mediane für Nickel im Moos-Monitoring 2000 – moosartenspezifisch                           | 72           |
| Abbildung 55                                 | Mediane für Nickel im Moos-Monitoring 2000 – <i>P.s.</i>                                   | 73           |
| Abbildung 56                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>P.s.</i>                 | 73           |
| Abbildung 57                                 | Mediane für Nickel im Moos-Monitoring 2000 – <i>S.p.</i>                                   | 74           |
| Abbildung 58                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>S.p.</i>                 | 74           |
| Abbildung 59                                 | Mediane für Nickel im Moos-Monitoring 2000 – <i>H.c.</i>                                   | 75           |
| Abbildung 60                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>H.c.</i>                 | 75           |
| Abbildung 61                                 | Medianvergleich des Moos-Monitoring 1990, 1995 und 2000 für Blei - moosartenunspezifisch   | 76           |
| Abbildung 62                                 | Mediane für Blei im Moos-Monitoring 1990 – moosartenspezifisch                             | 78           |
| Abbildung 63                                 | Mediane für Blei im Moos-Monitoring 1995 – moosartenspezifisch                             | 78           |
| Abbildung 64                                 | Mediane für Blei im Moos-Monitoring 2000 – moosartenspezifisch                             | 79           |
| Abbildung 65                                 | Mediane für Blei im Moos-Monitoring 2000 – <i>P.s.</i>                                     | 80           |
| Abbildung 66                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>P.s.</i>                 | 80           |
| Abbildung 67                                 | Mediane für Blei im Moos-Monitoring 2000 – <i>S.p.</i>                                     | 81           |

| <b>Abbildungsverzeichnis (Teil 4 von 10)</b> |  | <b>Seite</b> |
|--|--|--------------|
| Abbildung 68                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>S.p.</i>                   | 81           |
| Abbildung 69                                 | Mediane für Blei im Moos-Monitoring 2000 – <i>H.c.</i>                                       | 82           |
| Abbildung 70                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>H.c.</i>                   | 82           |
| Abbildung 71                                 | Medianvergleich des Moos-Monitoring 1990, 1995 und 2000 für Titan - moosartenunspezifisch    | 83           |
| Abbildung 72                                 | Mediane für Titan im Moos-Monitoring 1990 – moosartenspezifisch                              | 85           |
| Abbildung 73                                 | Mediane für Titan im Moos-Monitoring 1995 – moosartenspezifisch                              | 85           |
| Abbildung 74                                 | Mediane für Titan im Moos-Monitoring 2000 – moosartenspezifisch                              | 86           |
| Abbildung 75                                 | Mediane für Titan im Moos-Monitoring 2000 – <i>P.s.</i>                                      | 87           |
| Abbildung 76                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für – <i>P.s.</i>                   | 87           |
| Abbildung 77                                 | Mediane für Titan im Moos-Monitoring 2000 – <i>S.p.</i>                                      | 88           |
| Abbildung 78                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>S.p.</i>                   | 88           |
| Abbildung 79                                 | Mediane für Titan im Moos-Monitoring 2000 – <i>H.c.</i>                                      | 89           |
| Abbildung 80                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>H.c.</i>                   | 89           |
| Abbildung 81                                 | Medianvergleich des Moos-Monitoring 1990, 1995 und 2000 für Vanadium - moosartenunspezifisch | 90           |
| Abbildung 82                                 | Mediane für Vanadium im Moos-Monitoring 1990 – moosartenspezifisch                           | 92           |
| Abbildung 83                                 | Mediane für Vanadium im Moos-Monitoring 1995 – moosartenspezifisch                           | 92           |
| Abbildung 84                                 | Mediane für Vanadium im Moos-Monitoring 2000 – moosartenspezifisch                           | 93           |
| Abbildung 85                                 | Mediane für Vanadium im Moos-Monitoring 2000 – <i>P.s.</i>                                   | 94           |
| Abbildung 86                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>P.s.</i>                   | 94           |
| Abbildung 87                                 | Mediane für Vanadium im Moos-Monitoring 2000 – <i>S.p.</i>                                   | 95           |
| Abbildung 88                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>S.p.</i>                   | 95           |
| Abbildung 89                                 | Mediane für Vanadium im Moos-Monitoring 2000 – <i>H.c.</i>                                   | 96           |

| <b>Abbildungsverzeichnis (Teil 5 von 10)</b> |   | <b>Seite</b> |
|--|---|--------------|
| Abbildung 90                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>H.c.</i>                      | 96           |
| Abbildung 91                                 | Medianvergleich des Moos-Monitoring 1990, 1995 und 2000 für Zink - moosartenunspezifisch        | 97           |
| Abbildung 92                                 | Mediane für Zink im Moos-Monitoring 1990 – moosartenspezifisch                                  | 99           |
| Abbildung 93                                 | Mediane für Zink im Moos-Monitoring 1995 – moosartenspezifisch                                  | 99           |
| Abbildung 94                                 | Mediane für Zink im Moos-Monitoring 2000 – moosartenspezifisch                                  | 100          |
| Abbildung 95                                 | Mediane für Zink im Moos-Monitoring 2000 – <i>P.s.</i>  | 101          |
| Abbildung 96                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>P.s.</i>                      | 101          |
| Abbildung 97                                 | Mediane für Zink im Moos-Monitoring 2000 – <i>S.p.</i>  | 102          |
| Abbildung 98                                 | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>S.p.</i>                      | 102          |
| Abbildung 99                                 | Mediane für Zink im Moos-Monitoring 2000 – <i>H.c.</i>  | 103          |
| Abbildung 100                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>H.c.</i>                      | 103          |
| Abbildung 101                                | Medianvergleich des Moos-Monitoring 1990, 1995 und 2000 für Quecksilber - moosartenunspezifisch | 104          |
| Abbildung 102                                | Mediane für Quecksilber im Moos-Monitoring 1995 – moosartenspezifisch                           | 107          |
| Abbildung 103                                | Mediane für Quecksilber im Moos-Monitoring 2000 – moosartenspezifisch                           | 107          |
| Abbildung 104                                | Mediane für Quecksilber im Moos-Monitoring 2000 – <i>P.s.</i>                                   | 108          |
| Abbildung 105                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>P.s.</i>                      | 108          |
| Abbildung 106                                | Mediane für Quecksilber im Moos-Monitoring 2000 – <i>S.p.</i>                                   | 109          |
| Abbildung 107                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für – <i>S.p.</i>                      | 109          |
| Abbildung 108                                | Mediane für Quecksilber im Moos-Monitoring 2000 – <i>H.c.</i>                                   | 110          |
| Abbildung 109                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>H.c.</i>                      | 110          |
| Abbildung 110                                | Medianvergleich des Moos-Monitoring 1990, 1995 und 2000 für Antimon - moosartenunspezifisch     | 111          |

| <b>Abbildungsverzeichnis (Teil 6 von 10)</b> |   | <b>Seite</b> |
|--|---|--------------|
| Abbildung 111                                | Mediane für Antimon im Moos-Monitoring 1995 – moosartenspezifisch                             | 113          |
| Abbildung 112                                | Mediane für Antimon im Moos-Monitoring 2000 – moosartenspezifisch                             | 113          |
| Abbildung 113                                | Mediane für Antimon im Moos-Monitoring 2000 – <i>P.s.</i>                                     | 114          |
| Abbildung 114                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>P.s.</i>                    | 114          |
| Abbildung 115                                | Mediane für Antimon im Moos-Monitoring 2000 – <i>S.p.</i>                                     | 115          |
| Abbildung 116                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>S.p.</i>                    | 115          |
| Abbildung 117                                | Mediane für Antimon im Moos-Monitoring 2000 – <i>H.c.</i>                                     | 116          |
| Abbildung 118                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für – <i>H.c.</i>                    | 116          |
| Abbildung 119                                | Medianvergleich des Moos-Monitoring 1990, 1995 und 2000 für Aluminium - moosartenunspezifisch | 117          |
| Abbildung 120                                | Mediane für Aluminium im Moos-Monitoring 1995 – moosartenspezifisch                           | 119          |
| Abbildung 121                                | Mediane für Aluminium im Moos-Monitoring 2000 – moosartenspezifisch                           | 119          |
| Abbildung 122                                | Mediane für Aluminium im Moos-Monitoring 2000 – <i>P.s.</i>                                   | 120          |
| Abbildung 123                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für – <i>P.s.</i>                    | 120          |
| Abbildung 124                                | Mediane für Aluminium im Moos-Monitoring 2000 – <i>S.p.</i>                                   | 121          |
| Abbildung 125                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>S.p.</i>                    | 121          |
| Abbildung 126                                | Mediane für Aluminium im Moos-Monitoring 2000 – <i>H.c.</i>                                   | 122          |
| Abbildung 127                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>H.c.</i>                    | 122          |
| Abbildung 128                                | Medianvergleich des Moos-Monitoring 1990, 1995 und 2000 für Barium - moosartenunspezifisch    | 123          |
| Abbildung 129                                | Mediane für Barium im Moos-Monitoring 1995 – moosartenspezifisch                              | 126          |
| Abbildung 130                                | Mediane für Barium im Moos-Monitoring 2000 – moosartenspezifisch                              | 126          |
| Abbildung 131                                | Mediane für Barium im Moos-Monitoring 2000 – <i>P.s.</i>                                      | 127          |

| <b>Abbildungsverzeichnis (Teil 7 von 10)</b> |  | <b>Seite</b> |
|--|--|--------------|
| Abbildung 132                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für – <i>P.s.</i>   | 127          |
| Abbildung 133                                | Mediane für Barium im Moos-Monitoring 2000 – <i>S.p.</i>   | 128          |
| Abbildung 134                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für – <i>S.p.</i>   | 128          |
| Abbildung 135                                | Mediane für Barium im Moos-Monitoring 2000 – <i>H.c.</i><br>Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für – <i>S.p.</i> | 129          |
| Abbildung 136                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für – <i>H.c.</i>   | 129          |
| Abbildung 137                                | Medianvergleich des Moos-Monitoring 1990, 1995 und 2000 für Calcium – moosartenunspezifisch  | 130          |
| Abbildung 138                                | Mediane für Calcium im Moos-Monitoring 1995 – moosartenspezifisch  | 132          |
| Abbildung 139                                | Mediane für Calcium im Moos-Monitoring 2000 – moosartenspezifisch  | 132          |
| Abbildung 140                                | Mediane für Calcium im Moos-Monitoring 2000 – <i>P.s.</i>  | 133          |
| Abbildung 141                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für – <i>P.s.</i>   | 133          |
| Abbildung 142                                | Mediane für Calcium im Moos-Monitoring 2000 – <i>S.p.</i>  | 134          |
| Abbildung 143                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für – <i>S.p.</i>   | 134          |
| Abbildung 144                                | Mediane für Calcium im Moos-Monitoring 2000 – <i>H.c.</i>  | 135          |
| Abbildung 145                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für – <i>H.c.</i>   | 135          |
| Abbildung 146                                | Medianvergleich des Moos-Monitoring 1990, 1995 und 2000 für Kalium – moosartenunspezifisch   | 136          |
| Abbildung 147                                | Mediane für Kalium im Moos-Monitoring 1995 – moosartenspezifisch   | 138          |
| Abbildung 148                                | Mediane für Kalium im Moos-Monitoring 2000 – moosartenspezifisch   | 138          |
| Abbildung 149                                | Mediane für Kalium im Moos-Monitoring 2000 – <i>P.s.</i>   | 139          |
| Abbildung 150                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für – <i>P.s.</i>   | 139          |
| Abbildung 151                                | Mediane für Kalium im Moos-Monitoring 2000 – <i>S.p.</i>   | 140          |
| Abbildung 152                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für – <i>S.p.</i>   | 140          |
| Abbildung 153                                | Mediane für Kalium im Moos-Monitoring 2000 – <i>H.c.</i>   | 141          |
| Abbildung 154                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für – <i>H.c.</i>   | 141          |

| <b>Abbildungsverzeichnis (Teil 8 von 10)</b> |   | <b>Seite</b> |
|--|---|--------------|
| Abbildung 155                                | Medianvergleich des Moos-Monitoring 1990, 1995 und 2000 für Magnesium - moosartenunspezifisch | 142          |
| Abbildung 156                                | Mediane für Magnesium im Moos-Monitoring 1995 – moosartenspezifisch                           | 145          |
| Abbildung 157                                | Mediane für Magnesium im Moos-Monitoring 2000 – moosartenspezifisch                           | 145          |
| Abbildung 158                                | Mediane für Magnesium im Moos-Monitoring 2000 – <i>P.s.</i>                                   | 146          |
| Abbildung 159                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für – <i>P.s.</i>                    | 146          |
| Abbildung 160                                | Mediane für Magnesium im Moos-Monitoring 2000 – <i>S.p.</i>                                   | 147          |
| Abbildung 161                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>S.p.</i>                    | 147          |
| Abbildung 162                                | Mediane für Magnesium im Moos-Monitoring 2000 – <i>H.c.</i>                                   | 148          |
| Abbildung 163                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>H.c.</i>                    | 148          |
| Abbildung 164                                | Medianvergleich des Moos-Monitoring 1990, 1995 und 2000 für Mangan - moosartenunspezifisch    | 149          |
| Abbildung 165                                | Mediane für Mangan im Moos-Monitoring 1995 – moosartenspezifisch                              | 151          |
| Abbildung 166                                | Mediane für Mangan im Moos-Monitoring 2000 – moosartenspezifisch                              | 151          |
| Abbildung 167                                | Mediane für Mangan im Moos-Monitoring 2000 – <i>P.s.</i>                                      | 152          |
| Abbildung 168                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für – <i>P.s.</i>                    | 152          |
| Abbildung 169                                | Mediane für Mangan im Moos-Monitoring 2000 – <i>S.p.</i>                                      | 153          |
| Abbildung 170                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>S.p.</i>                    | 153          |
| Abbildung 171                                | Mediane für Mangan im Moos-Monitoring 2000 – <i>H.c.</i>                                      | 154          |
| Abbildung 172                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>H.c.</i>                    | 154          |
| Abbildung 173                                | Medianvergleich des Moos-Monitoring 1990, 1995 und 2000 für Natrium - moosartenunspezifisch   | 155          |
| Abbildung 174                                | Mediane für Natrium im Moos-Monitoring 1995 – moosartenspezifisch                             | 157          |
| Abbildung 175                                | Mediane für Natrium im Moos-Monitoring 2000 – moosartenspezifisch                             | 157          |

| <b>Abbildungsverzeichnis (Teil 9 von 10)</b> |   | <b>Seite</b> |
|--|---|--------------|
| Abbildung 176                                | Mediane für Natrium im Moos-Monitoring 2000 – <i>P.s.</i>   | 158          |
| Abbildung 177                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für – <i>P.s.</i>  | 158          |
| Abbildung 178                                | Mediane für Natrium im Moos-Monitoring 2000 – <i>S.p.</i>   | 159          |
| Abbildung 179                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>S.p.</i>  | 159          |
| Abbildung 180                                | Mediane für Natrium im Moos-Monitoring 2000 – <i>H.c.</i>   | 160          |
| Abbildung 181                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>H.c.</i>  | 160          |
| Abbildung 182                                | Medianvergleich des Moos-Monitoring 1990, 1995 und 2000 für Strontium - moosartenunspezifisch                               | 161          |
| Abbildung 183                                | Mediane für Strontium im Moos-Monitoring 1995 – moosartenspezifisch   | 163          |
| Abbildung 184                                | Mediane für Strontium im Moos-Monitoring 2000 - moosartenspezifisch   | 163          |
| Abbildung 185                                | Mediane für Strontium im Moos-Monitoring 2000 - <i>P.s.</i>   | 164          |
| Abbildung 186                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für – <i>P.s.</i>  | 164          |
| Abbildung 187                                | Mediane für Strontium im Moos-Monitoring 2000 – <i>S.p.</i>   | 165          |
| Abbildung 188                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>S.p.</i>  | 165          |
| Abbildung 189                                | Mediane für Strontium im Moos-Monitoring 2000 – <i>H.c.</i>   | 166          |
| Abbildung 190                                | Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für - <i>H.c.</i>  | 166          |
| Abbildung 191                                | Standardelement-Mediane im Moos-Monitoring 1990 – moosartenspezifisch   | 168          |
| Abbildung 192                                | Standardelement-Mediane im Moos-Monitoring 1995 – moosartenspezifisch   | 169          |
| Abbildung 193                                | Standardelement-Mediane im Moos-Monitoring 2000 – moosartenspezifisch   | 169          |
| Abbildung 194                                | Deutschlandweite Darstellung der Standardelement-Mediane für im Moos-Monitoring 1990, 1995 und 2000 – moosartenunspezifisch | 170          |
| Abbildung 195                                | Deutschlandweite Darstellung der Standardelement-Mediane für im Moos-Monitoring 1990, 1995 und 2000 – <i>P.s.</i>           | 171          |

| <b>Abbildungsverzeichnis (Teil 10 von 10)</b> |   | <b>Seite</b> |
|---|---|--------------|
| Abbildung 196                                 | Deutschlandweite Darstellung der Standardelement-Mediane für im Moos-Monitoring 1990, 1995 und 2000 – <i>S.p.</i>   | 171          |
| Abbildung 197                                 | Deutschlandweite Darstellung der Standardelement-Mediane für im Moos-Monitoring 1990, 1995 und 2000 – <i>H.c.</i>   | 172          |
| Abbildung 198                                 | Deutschlandweite Darstellung der Zusatzelement-Mediane für im Moos-Monitoring 1995 und 2000 – moosartenunspezifisch | 173          |
| Abbildung 199                                 | Zusatzelement-Mediane im Moos-Monitoring 1995 - moosartenspezifisch   | 174          |
| Abbildung 200                                 | Zusatzelement-Mediane im Moos-Monitoring 2000 - moosartenspezifisch   | 174          |
| Abbildung 201                                 | Deutschlandweite Darstellung der Zusatzelement Mediane für im Moos-Monitoring 1995 und 2000 – <i>P.s.</i>           | 175          |
| Abbildung 202                                 | Deutschlandweite Darstellung der Zusatzelement-Mediane für im Moos-Monitoring 1995 und 2000 – <i>S.p.</i>           | 176          |
| Abbildung 203                                 | Deutschlandweite Darstellung der Zusatzelement-Mediane für im Moos-Monitoring 1995 und 2000 – <i>H.c.</i>           | 176          |
| Abbildung 204                                 | Umweltindikator Metalle Moos – Ländervergleich  | 181          |

| <b>Tabellenverzeichnis</b> |                                   | <b>Seite</b> |
|----------------------------|-----------------------------------|--------------|
| Tabelle 1                  | Indexberechnung am Beispiel Arsen | 179          |

## 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 Beteiligter 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. Gehrman (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) 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   |
| Ersatzmoosarten   | Die Ersatzmoosarten im Moos-Monitoring sind diejenigen Moosarten, die erst bei Nicht-Auffinden der Hauptmoosart beprobt werden sollen. Im deutschen Moos-Monitoring 2000 sind <i>Scleropodium purum</i> und <i>Hypnum cupressiforme</i> die Ersatzmoosarten.  |
| Extrapolation, räumliche  | statistische Schätzung der flächenhaften Verteilung eines gemessenen Merkmals aus Punktmessungen  |
| Fehlarten   | Moosarten, die im deutschen Moos-Monitoring beprobt wurden, aber nicht zu den Haupt- und Ersatzmoosarten gehören.   |
| Geo-Informationssystem / Geografisches Informationssystem (GIS) | Software zur Verwaltung, statistischen Auswertung und kartografischen Abbildung räumlich verorteter Daten   |
| Geostatistik  | statistische Verfahren zur Untersuchung der räumlichen Autokorrelation punktuell gemessener metrisch-kontinuierlicher Daten (Variogramm-Analyse) und zu ihrer räumlich gewichteten Extrapolation (Kriging)  |
| Hauptmoosart  | Die Hauptmoosart im Moos-Monitoring ist diejenige Moosart, die vor allen anderen Moosarten beprobt werden soll. Im deutschen Moos-Monitoring stellt <i>Pleurozium schreberi</i> die Hauptmoosart dar.   |
| 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. |
| Indikator   | Beobachtbarer, messbarer Sachverhalt, der als Teil eines komplexeren, nicht oder nur mit hohem Aufwand direkt messbaren Sachverhalts (Indikandum) auf diesen verweist; kann auch Ergebnis von Aggregierungsprozessen sein.  |

**Glossar (Teil 2 von 2)**

| <b>Ausdruck</b>       | <b>Bedeutung</b>   |
|-----------------------|--|
| 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 → Kriging interpoliert werden kann |
| Variationskoeffizient | Der Variationskoeffizient ist ein auf den Mittelwert bezogenes Streuungsmaß, das die Standardabweichung am Mittelwert relativiert.   |