

## 4 Zusammenfassung

In dem FuE-Vorhaben 200 64 218 „Moos-Monitoring 2000“ wurde mit Hilfe ausgewählter Moosarten der flächenhafte Eintrag von 20 Metallen/Schwermetallen in Deutschland in einem methodenharmonisierten, qualitätskontrollierten chemisch-analytischen System quantitativ erfasst. Das Vorhaben knüpft inhaltlich und methodisch an zwei bereits 1990 und 1995 in Deutschland durchgeführte Moos-Monitoringprogramme an und ist eingebettet in das europaweite E-MEP/ECE Projekt "Atmospheric Heavy Metal Deposition in Europe - estimations based on moss analysis". Das Moos-Monitoring 2000 wurde wie 1990 und 1995 in Zusammenarbeit von Bund und Ländern durchgeführt. Der Bund-/Länderarbeitskreis „Bioindikation /Wirkungsermittlung“ hat das Vorhaben fachlich begleitet.

Die Ergebnisse des Vorhabens werden in drei Berichtsteilen vorgelegt. In dem hier vorliegenden Berichtsteil I wurden folgende Teilziele bearbeitet:

- Ermittlung des atmosphärischen Eintrags der Metalle/Schwermetalle 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 (→ Kapitel 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3),
- Durchführung von Flächenschätzungen mit dem in den Vorgängerprojekten verwendeten IDW (Inverse Distance Weighted)-Verfahren (→ Kapitel 2.2.4),
- die Fortschreibung der UBA-Moosdatenbank mit den Ergebnissen des Moos-Monitoring 2000 (→ Kapitel 2.2.5),
- Beschreibung der räumlichen Verteilung der Analysenergebnisse der Standardelemente As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Sb, Ti, V und Zn und der Zusatzelemente Al, Ba, Ca, K, Mg, Mn, Na und Sr im Moos-Monitoring 2000 (Kapitel 3) sowie
- Beschreibung der zeitlichen Entwicklung der Einträge von Standard- und Zusatzelementen seit dem Moos-Monitoring 1990 bzw. 1995 (→ Kapitel 3).

Im Moos-Monitoring 2000 wurden insgesamt 1028 Standorte auf die Moosarten *Pleurozium schreberi* (n = 423), *Scleropodium purum* (n = 286), *Hypnum cupressiforme* (n = 246), *Hylocomium splendens* (n = 3) sowie mehrere nicht in der Prioritätenliste aufgeführte Moosarten (Fehlarten; n = 70) beprobt. Die Ergebnisdarstellung des Berichtsteils 1 richtet sich nach dem Vorbild der Abschlussberichte der Moos-Monitoring Vorhaben 1990 und 1995. Demzufolge wurden für jedes Element die Ergebnisse u.a. in Form von länderweiten Medianvergleichen statistisch beschrieben. Neben der Darstellung der Ergebnisse in Form von Flächenkarten wurden für alle drei Moos-Monitoring Vorhaben die jeweiligen Elementgehalte in Moosen von klassifizierten Punktkarten aufgearbeitet. Umrechnungsfaktoren für die unterschiedlichen Moosarten wurden nicht eingebracht.

Die im Moos-Monitoring 2000 für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland bestimmten Elementgehalte zeigen im Vergleich zu den beiden Vorgängerprojekten im allgemeinen niedrigere Werte. Besonders deutlich sind diese Abnahmen bei den aus primär anthropogenen Quellen stammenden Standardelementen zu sehen. Ehemals großflächig belastete Regionen wie in Nordrhein-Westfalen, Sachsen und Sachsen-Anhalt wiesen im Moos-Monitoring 2000 zwar erneut erhöhte Werte auf, jedoch ohne das Ausmaß aus dem Moos-Monitoring 1990 bzw. 1995 zu erlangen. Dies wird u.a. deutlich durch den Vergleich deskriptiv-statistischer Kenngrößen sowie anhand von Punkt- und Flächenkarten aus allen drei Moos-Monitoring Projekten. Die Bewertung der im Berichtsteil I dargestellten Vergleiche sollte nicht ohne Berücksichtigung der Ergebnisse der analytischen Qualitätskontrolle erfolgen. Auch die hohen Varianzen am Standort müssen bei einer derartigen Betrachtung berücksichtigt werden.

## 5 Zitierte Literatur

- ADRIANO, D.C. (Hrsg.) (1992) : Biochemistry of trace metals; Lewis Publisher, Boca Raton, Florida.
- BILL, R., FRITSCH, D. (1991): Grundlagen der Geo-Informationssysteme. Analysen, Anwendungen und neue Entwicklungen, Bd. 1. – Berlin (u.a.)
- BOWEN, H., J., M., (1979): Environmental chemistry of the element. Academic Press, London, New York, Toronto, Sydney, San Francisco.
- BROWNING, E. (1961): Toxicity of industrial metals; Butterworths, London.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFTLICHE ZUSAMMENARBEIT (Hrsg.) (1993): Katalog umweltrelevanter Standards, Umwelt-Handbuch Bd. 3, Braunschweig.
- BYERRUM, R.U. (1991) : Vanadium. In: Metals and their compounds in the environment – occurrence, analysis and biological relevance (Hrsg. Merian, E.): 1289-1297; Weinheim, New York, Basel, Cambridge.
- DARBINJAN, F. (1988): Geochemie der Braunkohlen der DDR am Beispiel des ostelbischen Kohlereviers. Dissertation, Bergakademie Freiberg.
- DÄSSLER, H.-G., BÖRITZ, S. (Hrsg.) (1988): Air pollution and its influence on vegetation. T:VS, Nr. 18; Dr. W. Junk Publisher, Dordrecht, Boston, Lancaster.
- EWERS, U., SCHLIPKÖTER, H.-W. (1991): Lead. In: Metals and their compounds in the environment – occurrence, analysis and biological relevance (Hrsg. Merian, E.): 971-1014; Weinheim, New York, Basel, Cambridge.
- FIEDLER, H.J., RÖSLER, H.J. (1993): Spurenelemente in der Umwelt; Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- FISCHBEIN, L. (1981) : Sources, transport and alteration of metal compounds: An overview. I. Arsenic, beryllium, cadmium, chromium, and nickel. In: Environ. Health Perspect 40, S. 43-64.
- FOWLER, B.A. (Hrsg.) (1983) : Biological and environmental effects of arsenic. Topics in Environmental Health, Vol. 6; Elsevier, Amsterdam, New York,

Oxford.

- GAUGLHOFER, J., BIANCHI, V. (1991): Chromium. In: Metals and their compounds in the environment – occurrence, analysis and biological relevance (Hrsg. Merian, E.): 854-878; Weinheim, New York, Basel, Cambridge.
- GYDESEN, H., PILEGAARD, K., RASMUSSEN, L., RÜHLING, A (1983): Moss analyses used as a means of surveying the atmospheric heavy-metal deposition in Sweden, Denmark and Greenland in 1980. Bulletin SNV 1670.
- HAMILTON, E.I. (1979) : The chemical elements and man; Charles C. Thomas, Springfield, Ill.
- HEINRICHS, H., SIEWERS, U., BÖTTCHER, G., MATSCHULLAT, J., ROOSTAI, A.H., SCHNEIDER, J., ULRICH, B. (1994): Auswirkungen von Luftverunreinigungen auf Gewässer im Einzugsgebiet der Sösetalsperre.- In: Gefahr für Ökosysteme und Wasserqualität (Hrsg. Matschullat, J., Heinrichs, H., Schneider, J. und Ulrich, B.), S. 223-259; Berlin.
- HERPIN, U., SIEWERS, U., KREIMES, K., MARKERT, B. (1998): Biomonitoring : Bewertung von Bleigehalten aus zwei gesamtdeutschen Moos-Monitoring-Programmen. In: Zeitschrift zur angewandten Geologie 44, 2, S. 195-203; Hannover.
- HERPIN, U.; LIETH, H.; MARKERT, B. (1995): Monitoring der Schwermetallbelastung in der Bundesrepublik Deutschland mit Hilfe von Moosanalysen. - Berlin (UBA-Texte 31/95)
- JOST, D. (1984) : Luftqualität in belasteten Gebieten und fern von Emittenten.- Staub-Reinhalt. Luft 44 : 137-138.
- KABATA-PENDIAS, A., PENDIAS, H. (1992): Trace elements in soils and plants. CRS Press, Inc. – Boca Raton, Florida.
- LEONARD, A. (1991): Arsenic. In: Metals and their compounds in the environment – occurrence, analysis and biological relevance (Hrsg. Merian, E.) : 751-774; Weinheim, New York, Basel, Cambridge.
- MÄKINEN, A. (1983) : Heavy metals and arsenic concentrations of woodland moss *Hylocomium splendens* (Hedw.) Br. Et Sch. Growing around a coal-fired power plant on a coastal southern Finland. Projekt Kol-Hälsa-Miljö.- Te-

Teknisk rapport 85.

- MARKERT, B. (1991) : Inorganic chemical investigations in the Forest Biosphere Reserve near Kalinin, USSR, 1. Mosses and peat profiles as bioindicators for different chemical elements. In: *Vegetatio* 95, S. 127-135.
- MARKERT, B. (1992) : Presence and significance of naturally occurring chemical elements of the periodic system in the plant organism and consequences for the future investigations on inorganic environmental chemistry in ecosystems. In: *Vegetatio* 103, S. 1-30; Belgium.
- MARQUARDT, M., SCHÄFER S.G. (1994) : *Lehrbuch der Toxikologie*; BI-Wiss.-Verlag, Mannheim, Leipzig.
- MERIAN, E. (1991) : *Metals and their compounds in the environment*; VCH, Weinheim, New York.
- NEUMÖLLER, O.-A. (Hrsg.) (1973) : *Römpps Chemie-Lexikon*. 7. Aufl.; Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart.
- NRIAGU, J.O., PACYNA, J.M. (1988) : Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals.- *Nature* 333 : 134-139.
- OHNSORGE, F.K., WILHELM, M. (1991): Zinc. In: *Metals and their compounds in the environment – occurrence, analysis and biological relevance* (Hrsg. Merian, E.) : 1309-1342; Weinheim, New York, Basel, Cambridge.
- PAKARINEN, P., RINNE, R.J.K. (1979): Growth rates and heavy metal concentrations of five moss species in paludified spruce forests. In: *Lindbergia* 5, S. 77-83.
- PEICHL, L., WÄBER, M., REIFENHÄUSER, W. (1994): Schwermetallmonitoring mit der Standardisierten Graskultur im Untersuchungsgebiet München – Kfz-Verkehr als Antimonquelle? In: *Z. Umweltchem. Ökotox.* 6 (2), S. 63 – 69.
- PETSCHOW, U., MEYERHOFF, J., THOMASBERGER, C. (1990): *Umweltreport DDR*; Studie des Institus für ökologische Wirtschaftsforschung; S. Fischer Verlag GmbH, Frankfurt a.M..
- REIMANN, C., CARITAT, P. de (1998b) : *Chemical elements in the Environ-*

ment.- 398 S.; Berlin.

RÖSLER, H.J., LANGE, H. (1975) : Geochemische Tabellen; VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. – Leipzig.

RÜHLING, A. (Hrsg.) (1994) : Atmospheric heavy metal deposition in Europe – estimations based on moss analysis.- NORD 1994 : 9, 53 S., 10 Abb.; Copenhagen.

RÜHLING, A., RASMUSSEN, L., MÄKINEN, A., PILEGAARD, K., STEINNES, E., (1987): Survey of the heavy-metal deposition – monitored by moss analysis. Nord 1987.

RÜHLING, A., RASMUSSEN, L., MÄKINEN, A., PILEGAARD, K., STEINNES, E., NIHLGARD, B. (1989): Survey of the heavy-metal deposition in Europe using bryophytes as bioindicators: Proposal for an international programme. Steering Body of Environmental Monitoring in the Nordic Countries

SCHRÖEDER, W.; ANHELM, P.; BAU, H., MATTER, Y.; MITZE, R.; MOHR, K.; PEITER, A.; PERONNE, T.; PEICHL, L.; PESCH, R.; ROOSTAI, H; ROOSTAI, Z.; SCHMIDT, G.; SIEWERS, U. (2002 b): Untersuchungen von Schadstoffeinträgen anhand von Bioindikatoren: Aus- und Bewertung der Ergebnisse aus dem Moos-Monitoring 1990/91, 1995/96 und 2000/01-Teil II. Berlin (Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit - Umweltprobenbank einschließlich Human- und Biomonitoring, UFOPLAN-Fkz 200 64 218)

SCHRÖEDER, W.; BAU, H., MATTER, Y.; MOHR, K.; PEITER, A.; PERONNE, T.; PESCH, R.; ROOSTAI, H; ROOSTAI, Z.; SCHMIDT, G.; SIEWERS, U. (2002 c): Untersuchungen von Schadstoffeinträgen anhand von Bioindikatoren: Aus- und Bewertung der Ergebnisse aus dem Moos-Monitoring 1990/91, 1995/96 und 2000/01-Teil III. Berlin (Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit - Umweltprobenbank einschließlich Human- und Biomonitoring, UFOPLAN-Fkz 200 64 218)

SIEWERS, U., ROOSTAI, A.H. (1990) : Schwermetallbilanz aus Immission und

- geogenem Anteil im Einzugsgebiet der Sösetalsperre / Harz.- Ber. d. Forschungszentrums Waldökosysteme, B 19, 57 S., 1 Abb., 17 Tab.; Göttingen.
- SIEWERS, U.; HERPIN, U. (1998): Schwermetalleinträge in Deutschland. Moosmonitoring 1995/96. - Stuttgart (Geologisches Jahrbuch, Sonderhefte, Heft SD 2)
- SIEWERS, U.; HERPIN, U., STRAßBURG, S. (2000): Schwermetalleinträge in Deutschland. Moosmonitoring 1995/96. Teil 2. - Stuttgart (Geologisches Jahrbuch, Sonderhefte, Heft SD 3)
- STEINNES, E. (1993) : Some aspects of biomonitoring of air pollutants using mosses, as illustrated by the 1976 Norwegian survey. In: Plants as biomonitors – Indicators for heavy metals in the terrestrial environment (Hrsg. Markert, B.), S.381-401.
- STOEPPLER, M. (1991): Cadmium. In: Metals and their compounds in the environment – occurrence, analysis and biological relevance (Hrsg. Merian, E.) : 803-851; Weinheim, New York, Basel, Cambridge.
- STREIT, B. (1991): Lexikon Ökotoxikologie; VCH Verlagsgemeinschaft mgH, Weinheim, New York.
- SUNDERMAN, F.W., OSKARSSON, A. (1991): Nickel. In: Metals and their compounds in the environment – occurrence, analysis and biological relevance (Hrsg. Merian, E.): 1101-1126; Weinheim, New York, Basel, Cambridge.
- THÖNI, L., SCHNEYDER, N., KRIEG, F. (1996) : Comparison of metal concentrations in three species of mosses and metal freights in buld prcipitations. In: Frensenius J. Anal. Chem. 354, S. 703-708.
- VALENTA, P., NGUYEN, V.D., NÜRNBERG, H. W. (1986): Acid and heavy metal pollution by wet deposition. In: The Sience of the Total Environment 55
- ZIEMACKI, G., VIVIANO, G., MERLI, F. (1989) : Heavy metals: Sources and environmental presence. In: Bioelements: Helath aspects, Ann. Ist. Super. Sanita, Vol 25, Nr. 3 (Hrsg. Caroli, S., Iyengar, G.V., Muntau, H.) : 531-536.

