

1 Projektziele und -randbedingungen

Das in diesem dritten von drei Berichten beschriebene FuE-Vorhaben 200 64 218 (im Folgenden abgekürzt Moos-Monitoring 2000) hat die Aufgabe, mit Hilfe ausgewählter Moosarten den flächenhaften Eintrag von 20 Metall- und Schwermetallelementen in Deutschland in einem methodenharmonisierten, qualitätskontrollierten chemisch-analytischen System quantitativ zu erfassen (SCHRÖDER et al. 2002 a und b). Das Vorhaben knüpft inhaltlich und methodisch an zwei bereits 1990 und 1995 in Deutschland durchgeführte Moos-Monitoring-programme an und ist eingebettet in das europaweite EMEP/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.

Ursprung und Entwicklung des Moos-Monitoring. Die Verwendung ektohydrer Moosarten als Bioakkumulatoren zur Bestimmung von Schwermetalleinträgen in terrestrische Ökosysteme geht auf die Arbeiten der schwedischen Wissenschaftler Åke Rühling und Germund Tylor aus den sechziger Jahren zurück. Die Erkenntnisse dieser Untersuchungen wurden 1980 und 1985 in Form staatenübergreifender Projekte innerhalb des skandinavischen Raums umgesetzt (GYDESEN et al. 1983, RÜHLING et al. 1987). Während 1980 lediglich Dänemark und Schweden hierbei kooperierten, weitete sich unter der Schirmherrschaft des „Nordic Council of Ministers“ das Moos-Monitoring 1985 auf alle skandinavischen Staaten aus. Die positiven Erfahrungen dieser Vorhaben führten seit 1990 zur zeitgleichen Durchführung nationaler Moos-Monitoringprojekte in Europa, in dem unter 21 europäischen Staaten auch die Bundesrepublik Deutschland teilnahm. Seither wird alle fünf Jahre in diesen Staaten die Schwermetallbelastung der Moose erfasst.

Vorgängerprojekte. Das Moos-Monitoring 2000 ist somit das dritte Monitoring-Vorhaben seiner Art in Deutschland. Folgende Projekte wurden bereits 1990/91 und 1995/96 durchgeführt:

- In dem FuE Vorhaben 108 02 087 „Monitoring der Schwermetallbelastung in der Bundesrepublik Deutschland mit Hilfe von Moosanalysen“ (im Folgenden abgekürzt Moos-Monitoring 1990) wurde 1990/91 erstmalig ein Moos-Monitoring auf nationaler Ebene durchgeführt (HERPIN et al. 1995). Die Koordination dieser Vorhaben erfolgte durch das Umweltbundesamt (UBA) und wurde von der Universität Osnabrück in Zusammenarbeit mit den Ländern durchgeführt. Es wurden bundesweit 592 Standorte auf die Moosarten *Pleurozium schreberi*, *Scleropodium purum*, *Hypnum cupressiforme* und *Hylocomium splendens* beprobt und auf die sogenannten Standardelemente As, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Ti, V und Zn chemisch analysiert. Die Messergebnisse wurden in Form von Flächenkarten kartografisch aufgearbeitet.
- Das FuE Vorhaben 108 02 087/01 „Moos-Monitoring 1995/96: Zeitabhängige und flächenhafte Untersuchungen von Schwermetalleinträgen in Deutschland“ (im Folgenden abgekürzt Moos-Monitoring 1995) wurde 1995/96 erneut in Kooperation zwischen Bund und Ländern unter Schirmherrschaft des UBA durchgeführt (SIEWERS & HERPIN 1998, SIEWERS et al. 2000). Mit der Durchführung des Vorhabens wurde diesmal die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) beauftragt. Das Messnetz wurde auf insgesamt 1026 Probenentnahmestellen ausgeweitet. Die beprobten Moosarten glichen bis auf wenige Ausnahmen denen des Moos-Monitorings 1990. Neben den im Vorgängerprojekt analysierten Elementen wurden noch 30 weitere Metall- und Schwermetallelemente quantitativ erfasst und flächenhaft dargestellt.

Projektziele und Berichtsstruktur. Wie in den Vorgängerprojekten ist die Quantifizierung von Metalleinträgen in terrestrische Ökosysteme auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland die übergreifende Zielsetzung des Moos-Monitorings 2000. Erfasst wird jeweils ein Akkumulationszeitraum von 2 bis 3

Jahren bis zum Probenentnahmezeitraum im Jahr 2000. Die Ergebnisse des Vorhabens werden in drei Berichtsteilen vorgelegt. Im **Berichtsteil I** wird die Bearbeitung folgender Teilziele dargestellt (SCHRÖDER et al. 2002 a):

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

Im **Berichtsteil II** werden darüber hinaus folgende zwei Aufgabenschwerpunkte ausgearbeitet (SCHRÖDER et al. 2002 b):

- Moosartenspezifische Auswertung der Ergebnisse des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 sowie
- Entwicklung eines Schwermetallindex.

Der vorliegende **Berichtsteil III** widmet sich ausschließlich der Optimierung eines zukünftigen Moos-Monitoring. Dabei geht es im Einzelnen um vier Ziele:

- Optimierung der Moosprobenentnahme (→ Kapitel 2),
- Optimierung der Datenbankstruktur (→ Kapitel 3),
- geostatistische Analyse der Elementkonzentrationen von Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Sb, Ti, V und Zn im Moos-Monitoring 2000 (→ Kapitel 4) sowie

- Integration von messstandortbeschreibenden Angaben, Messdaten sowie daraus statistisch abgeleiteter Flächendaten in einem Moos-GIS (Geografisches Informationssystem (→ Kapitel 5).

2 Optimierung der Moosprobenentnahme

Ausgehend von den Erfahrungen der Moos-Monitoring-Projekte 1990, 1995 und 2000 wurden von den Probenentnehmern der Länder kritische Anmerkungen zur Durchführung des Moos-Monitorings allgemein und speziell zur Probenentnahmerichtlinie gemacht. Die in Form von Gesprächsnotizen, Kurzberichten und E-mail Korrespondenzen vorliegenden Anmerkungen wurden ausgewertet und im Anhang C.2 zusammengefasst. Ein sehr ausführlicher, aus Baden-Württemberg stammender Kurzbericht befindet sich im Anhang C.3. Im Folgenden soll ausgehend von den Anmerkungen der Probenentnehmer ein Entwurf einer präzisierten Probenentnahmerichtlinie vorgestellt werden. Diese modifizierte Richtlinie umfasst Vorschriften für die Durchführung der Probenentnahme am Standort und für die Dokumentation der Probenentnahmebedingungen und Standortkriterien, welche für die Datenqualität und Auswertung wichtig sind.

Aufbauend auf der Datenbankstruktur der UBA-Moos-Datenbank wurde in der Bearbeitungszeit des Moos-Monitoring 2000 ein Konzept für ein Internet- und GIS-gestütztes Umweltmonitoring-System (IGUS) entworfen (→ Kapitel 3.2). Die im Folgenden beschriebene Vorgehensweise ist allerdings noch auf die Verwendung der UBA-Moos-Datenbank als digitales Datenabfrage und -erfassungstool ausgerichtet. Die im Anhang C.2 dokumentierten kritischen Anmerkungen der Probenentnehmer haben bereits zu dem Entwurf eines leicht modifizierten Probenentnahmeformulars geführt (→ Anhang C.4).

Die bisherige Probenentnahmerichtlinie lässt sich in folgende Teilbereiche gliedern: