

2 Material und Methoden

2.1 Vorgaben

Bei der Probenentnahme 1995/96 wurden die in der Pilotstudie 1990/91 (HERPIN et al. 1994) gemachten Erfahrungen über Fehlermöglichkeiten bei der Beprobung und der Anlage des Meßnetzes berücksichtigt. Die Auswahl der Moosarten und die Planung des Entnahmezeitrahmens sowie die Meßnetzdichte wurden auf dem Treffen des AK Bioindikation/Wirkungsermittlung am 28.04.95 in Berlin erneut diskutiert und festgelegt.

Die Probenentnahme erfolgte aufgrund der europäischen Richtlinie und der für das Projekt 1990/91 erweiterten Richtlinie (Anhang 5.1).

Die Pilotstudie 1990/91 wird als Moos-Monitoring 1990/91 und das Folgeprojekt 1995/96 als Moos-Monitoring 1995/96 bezeichnet.

2.1.1 Verwendete Moosarten

In Anlehnung an das Moos-Monitoring 1990/91 wurde *Pleurozium schreberi* (P.s.) als zu beprobende Hauptart belassen. Fehlte diese Art, wurden erneut als Ersatzarten *Scleropodium purum* (S.p.), *Hypnum cupressiforme* (H.c.) und *Hylocomium splendens* (H.s.) beprobt. Im Vergleich zum Moos-Monitoring 1990/91 erfolgten Umstellungen in der Reihenfolge der zu beprobenden Arten (Prioritätenliste, Tab. 1).

2.1.2 Optimierung des Meßnetzes

Aufbauend auf den Erfahrungen im Moos-Monitoring 1990/91 wurde der Meßnetzaufbau nachgebessert und die Teilmeßnetze (alte Länder, nördlicher und südlicher Teil der neuen Länder) zusammengeführt. Insbesondere war die Meßnetz-

dichte sowie die Meßnetzplanung möglichst einheitlich nach den Vorgaben aus 1990/91 (25 km x 25 km Raster) zu optimieren. Grundsätzlich sollten Meßstandorte / Untersuchungsgebiete des Bundes und der Länder, so das UBA-Luftmeßnetz, Flächen der Umweltprobenbank des Bundes sowie Biosphärenreservate und Nationalparks in das Meßnetz integriert werden. Die Meßnetzdichte wurde mit etwa zwei Standorten je 1000 km² festgelegt (Tab. 3).

Darüber hinaus wurden von der BGR für Sonderuntersuchungen zur Qualitätskontrolle (Probenentnahmefehler und Analytik) zusätzlich staatenübergreifende Doppelbeprobungen an den Grenzen zu Tschechien und zur Schweiz in die Meßnetzplanung einbezogen.

2.1.3 Probenentnahme-Zeitrahmen

Aufgrund möglicher saisonaler Schwankungen in den Elementgehalten von Moosen wurde die Probenentnahme auf einen vierwöchigen Zeitraum möglichst von September 1995 bis Oktober 1995 eingrenzt.

2.1.4 Vergleich verschiedener Moosarten an einem Standort

In Deutschland tritt die gewünschte Hauptmoosart nicht flächendeckend auf. Deshalb mußten weitere Moosarten verwendet werden (Abb. 1; Tab. 2). In Hinblick auf moospezifisches Anlagerungs-/ Aufnahmeverhalten von Depositionsstaub/ -partikeln wurden Beprobungen von mehreren Moosarten an jeweils denselben Standorten durchgeführt, um Unterschiede oder Ähnlichkeiten im Elementgehalt aufzeigen zu können. Hierfür sollten unbelastete, mittelbelastete und hochbelastete Standorte beprobt werden, um die Aussagen besser abzusichern.

2.1.5 Standortvariabilität

Zur Absicherung der repräsentativen Aussagen der Elementgehalte einer Moosprobe an einem Standort und zur Bestimmung der Variabilität am selben Standort wurden neben der Normalbeprobung (5-10 Einzelproben am selben Standort und Mischprobenbildung) von ausgewählten Standorten mit ausreichendem Probenmaterial mindestens fünf Einzelproben separat präpariert und analysiert. Dies wurde an unterschiedlichen Arten geprüft. Die Auswertungen dazu werden im Teil II des Abschlußberichtes gezeigt.

2.1.6 Fortschreibung des Datenbestandes

Vom Moos-Monitoring 1990/91 liegen für die 592 Standorte eine Vielzahl von Informationen vor, die sich einerseits auf die Beschreibung der Standorte (dokumentiert in Probenentnahmeprotokollen), andererseits auf die entsprechenden analytischen Ergebnisse beziehen. Die Aufnahme der Standortinformationen umfaßt u.a. die Beschreibung der Entnahmestelle, Gauss-Krüger-Koordinaten, Exposition, Hangneigung, Zuordnung zum Ökosystemtyp, Pflanzenbestand, Bodentyp und Entfernung von möglichen Einflußquellen.

Auf Wunsch des Umweltbundesamtes sind diese Daten und Informationen in eine Datenbank (ACCESS 2.0-Anwendung) übernommen, die für weitere Datenaufnahmen und entsprechende Auswertungen strukturiert zur Verfügung stehen. Die Länder erhielten diese Datenbank zur Prüfung und Ergänzung der darin abgelegten Informationen zu den Standortdaten des Moos-Monitoring 1990/91.

Im Moos-Monitoring 1995/96 wird der Datenbestand mit den Standortinformationen der Probenentnahmeprotokolle sowie den entsprechenden analytischen Ergebnissen fortgeschrieben. In Absprache mit den Ländern wurden

die Probenentnahmeprotokolle um einige Informationen ergänzt, wie zur Flächennutzung, zum Humustyp sowie weitere Bodenparameter. Anhang 5.2 enthält das Probenentnahmeprotokoll 1995/96.

2.1.7 Vergleich der Moosanalysen mit den Daten des UBA-Depositions-Meßnetzes

Zur Abschätzung von Depositionsraten aus den Metallgehalten in Moosen erfolgte die Einbeziehung der Depositionsmessungen an den Stationen des Umweltbundesamtes. Die Moosentnahmestandorte sollten in unmittelbarer Nähe von den Stationen liegen, um anschließend durch Gegenüberstellung der Elementgehalte in den Depositionssammlern und in den Moosen Zusammenhänge abschätzen zu können. Diese Untersuchungen werden im Teil II des Abschlußberichtes behandelt.

2.2 Durchführung

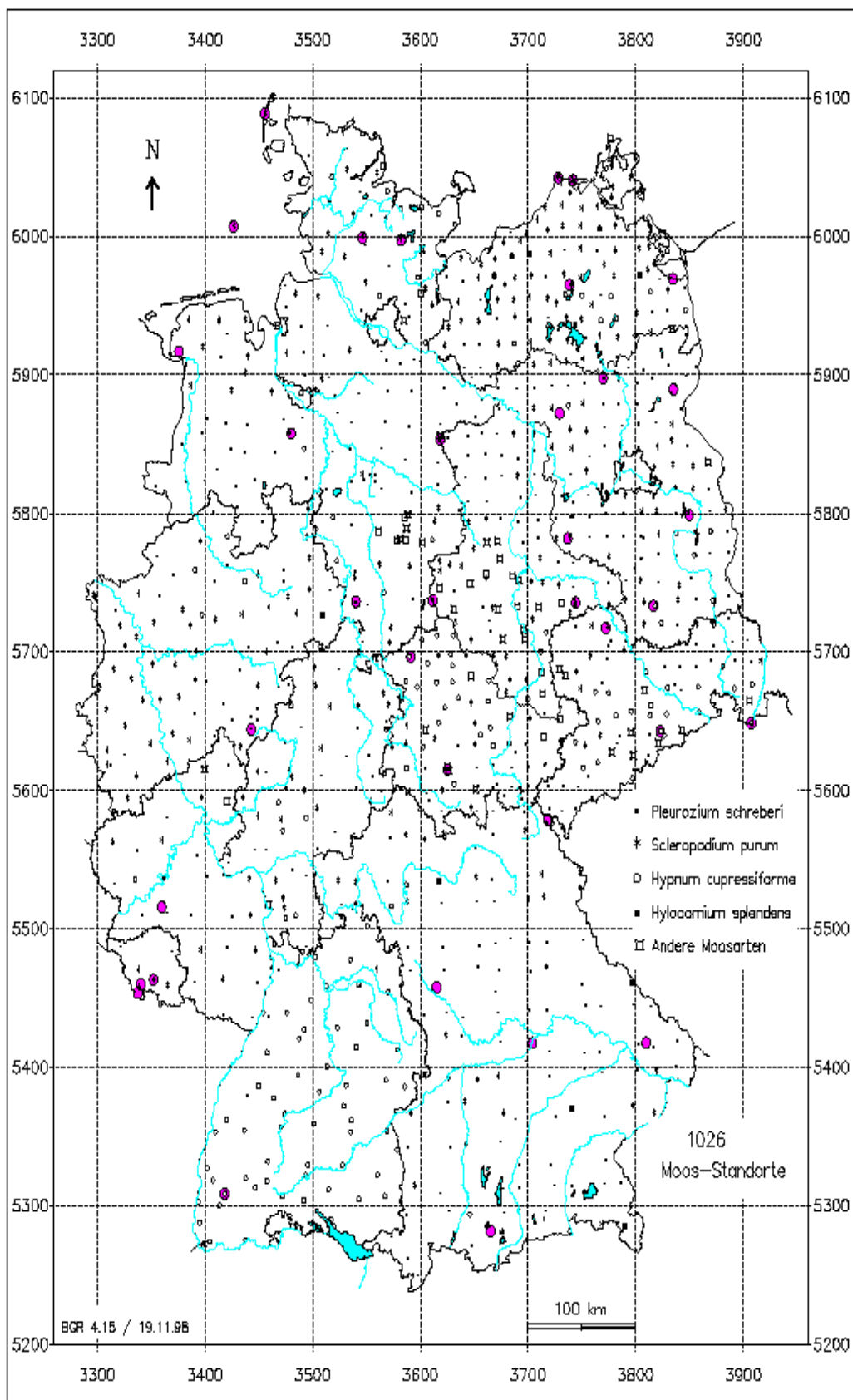
Die Probenentnahme wurde von den Ländern selbst organisiert und mit eigens verpflichteten Probennehmern durchgeführt. Vom 29.-31.8.95 erfolgte zur Einweisung und Abstimmung der Probenentnahme ein von den Autoren organisiertes Seminar in Mellendorf für alle beteiligten Probennehmer. Gegenstand dieser Veranstaltung waren Übungen zur Probenentnahme, Interpretationen von Richtlinien, Charakterisierung von Standorten, einheitliche Protokolleintragungen im Rahmen des neu konzipierten Probenentnahmeprotokolls und ein länderspezifischer Erfahrungsaustausch.

2.2.1 Verwendete Moosarten

In Tabelle 1 sind die Moosarten nach der Entnahmepriorität dargestellt. Da *Hylocomium splendens* in einigen Bundesländern als „Rote Liste“ Art gilt (Brandenburg, Sachsen, Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen, Hamburg), erscheint diese Art 1995/96 an letzter Stelle.

Abb. 1 : Moosarten in Deutschland

Moos – Monitoring 1995/96



● UBA Standorte : Luft-Messnetz und Umweltprobenbank

UBA F+E 10802087/01

Tab. 1: Hauptmoosarten (Prioritätenliste) vom Moos-Monitoring 1990/91 und 1995/96. *Pleurozium schreberi* (P.s.), *Scleropodium purum* (S.p.), *Hypnum cupressiforme* (H.c.), *Hylocomium splendens* (H.s.)

	1990/91		1995/96
*	P.s.	*	P.s.
*	H.s.	*	S.p.
*	S.p.	*	H.c.
*	H.c.	*	H.s.

Darüber hinaus wurden an einigen Standorten, im weiteren als Fehlarten bezeichnet, *Rhytidia-delphus squarrosus*, *Brachythecium rutabulum*, *Brachythecium albicans*, *Eurhynchium praelongum*, *Abitinella abietina*, *Hypnum jutlandicum* und *Plagiothecium undulatum* entnommen. Diese Moosarten wurden in die weiteren Untersuchungen einbezogen, um ein flächendeckendes Raster zu erhalten (Abb. 1). Die Elementdaten dieser Standorte können bei möglichen Folgeprogrammen als Vergleichsdaten verwendet werden. Die Unterschiede der Elementgehalte in den Hauptarten und in den Fehlarten werden im Kap. 3.1 und 3.4 diskutiert.

Die Abweichungen der Elementmittelwerte, Mediane, Maxima und Minima aus den Datensätzen mit allen Moosarten und nur mit den Hauptarten (ohne Fehlarten) werden im Kap. 3.4 gegenübergestellt. Tabelle 2 zeigt die Auflistung der beprobten Moosarten in den Ländern.

2.2.2 Optimierung des Meßnetzes

Die Probenentnahme in den alten Ländern wurde wie in 1990/91 auf der Grundlage eines 25 x 25 km² Rasters durchgeführt. Die Probenentnahme 1995/96 erfolgte in den neuen Ländern auf Wunsch dieser Länder auf der Grundlage eines 16 x 16 km² Rasters (AK Bioindikation/Wirkungsermittlung, 28.04.95 in Berlin). Diese Rastergröße entspricht der europäischen Richtlinie VO (EWG) 3528/86 vom 17.11.1986 und deren Ergänzungen über den „Schutz des Waldes in der Gemeinschaft gegen Luftverschmutzung“.

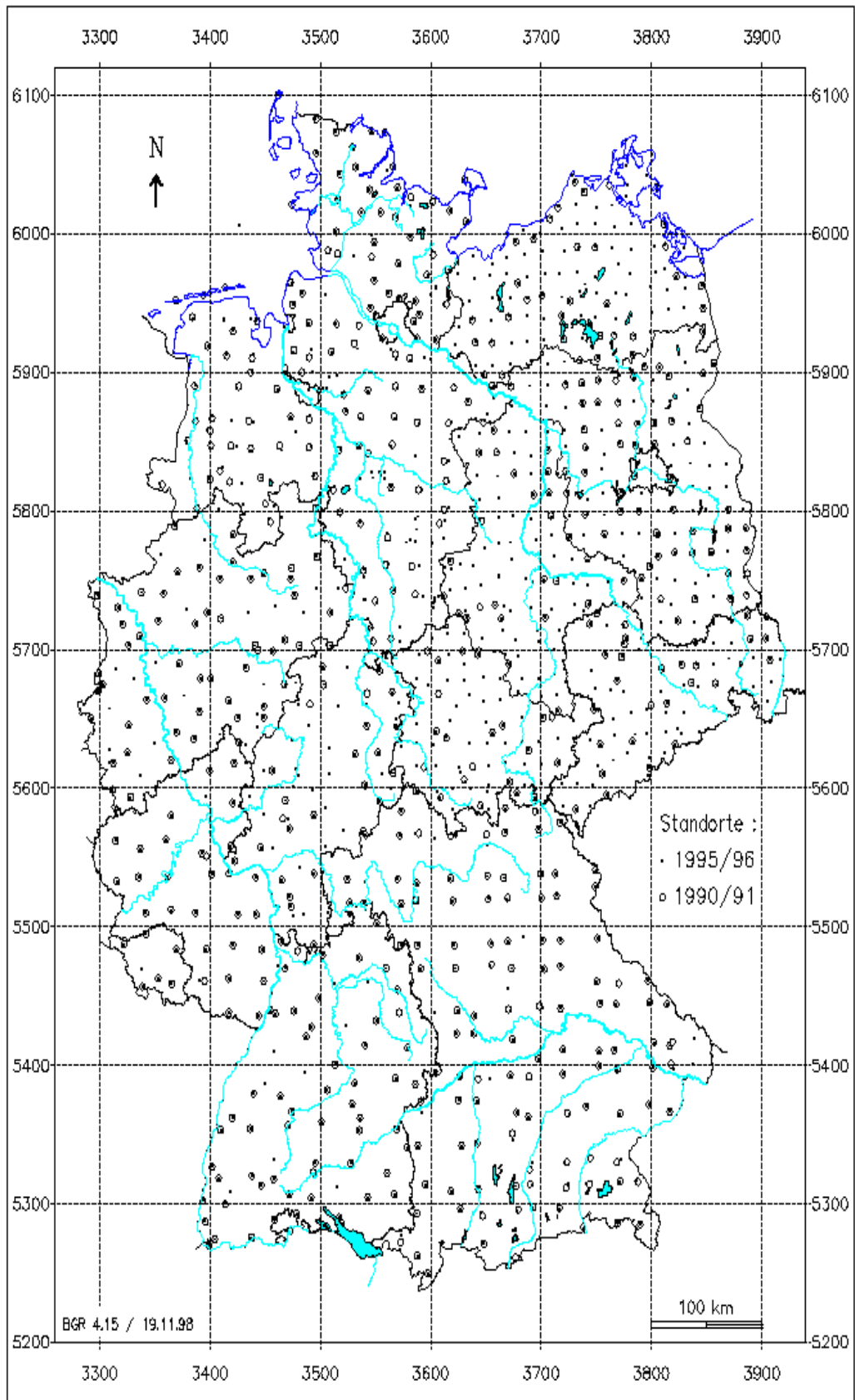
Letztendlich lag die Auswahl und Anzahl der Standorte (Abb. 2) in der Verantwortung der Länder.

Die Anzahl der Probenentnahmestellen im Moos-Monitoring 1990/91 und Moos-Monitoring 1995/96 sowie die jeweiligen Meßnetzdichten in den Ländern zeigt Tabelle 3. Insbesondere in den fünf neuen Ländern wurde die Anzahl der Entnahmestandorte annähernd vervierfacht.

Von den 592 Standorten im Moos-Monitoring 1990/91 wurden im Moos-Monitoring 1995/96 565 Standorte erneut beprobt. Das entspricht einer Wiederholungsrate von 95% der alten Probenentnahmestellen. Darüber hinaus erfolgte an 461 Standorten eine Neubeprobung, so daß insgesamt 1026 Standorte untersucht wurden. Abb. 2 zeigt die Standorte von 1990/91 als Kreise und die Standorte aus 1995/96 als Punkte.

Abb. 2 : Probenstellen 1990/91 und 1995/96

Moos - Monitoring



Tab. 2: Anzahl der Probenentnahmestellen 1995/96 und die jeweils entnommenen Moosarten: *Pleurozium schreberi* (P.s.), *Scleropodium purum* (S.p.), *Hypnum cupressiforme* (H.c.), *Hylocomium splendens* (H.s.) sowie sonstige Arten in den Ländern.

Länder	Gesamt	P.s.	S.p.	H.c.	H.s.	*sonstige
Schleswig-Holstein	46	11	18	13	-	4
Hamburg	4	4	-	-	-	-
Niedersachsen	126	83	27	6	-	10
Nordrhein-Westfalen	84	33	46	4	1	-
Hessen	52	23	21	7	-	1
Rheinland-Pfalz	31	18	9	2	-	2
Baden-Württemberg	74	4	1	69	-	-
Bayern	119	80	30	5	4	-
Saarland	7	3	4	-	-	-
Berlin	3	3	-	-	-	-
Brandenburg	126	75	42	7	-	2
Mecklenburg-Vorpommern	113	24	71	12	5	1
Sachsen	80	40	11	22	-	7
Sachsen-Anhalt	86	38	27	3	-	18
Thüringen	75	27	16	24	-	8
Gesamt	1026	466	323	174	10	53

* *Rhytidiadelphus squarrosus*, *Brachythecium rutabulum*,
Brachythecium albicans, *Eurhynchium praelongum*,
Abietinella abietina, *Plagiothecium undulatum*,
Hypnum jutlandicum.

Tab. 3: Vergleich der Standorte und Meßnetzdichten im Moos-Monitoring 1990/91 und Moos-Monitoring 1995/96.

	Fläche * (km ²)	Standorte 1990/91	Standorte/ 1000 km ²	Standorte 1995/96	Standorte/ 1000 km ²
Schleswig-Holstein	15731	41	2.6	46	2.9
Hamburg	755	4	5.3	4	5.3
Niedersachsen	47572	82	1.7	126	2.6
Nordrhein-Westfalen	34071	55	1.6	84	2.5
Hessen	21114	26	1.2	52	2.5
Rheinland-Pfalz	19845	31	1.6	31	1.6
Baden-Württemberg	35751	59	1.7	74	2.1
Bayern	70553	118	1.7	119	1.7
Saarland	2570	6	2.3	7	2.7
Berlin	889	3	3.4	3	3.4
Brandenburg	29476	55	1.9	126	4.2
Mecklenburg-Vorpommern	23196	37	1.6	113	4.9
Sachsen	18408	27	1.5	80	4.3
Sachsen-Anhalt	20442	26	1.3	86	4.2
Thüringen	16175	22	1.4	75	4.6
Gesamt	356952	592	1.7	1026	2.9

* Quelle: Statistisches Bundesamt, Gemeindedatei GV 100, Stand: 31.12.96

2.2.3 Probenentnahme-Zeitrahmen

Die Probenentnahme konnte in Deutschland trotz der Vorgaben nicht innerhalb von einem Monat durchgeführt werden. Tabelle 4 zeigt die Zeitspannen der Probenentnahmen in den einzelnen Ländern. 1996 und 1997 erfolgten an 56 Standorten Nachbeprobungen aufgrund unplausibler Analysenwerte oder wegen fehlender Proben oder weil die gelieferte Probenmenge nicht ausreichte.

Tab. 4: Entnahmezeiten in den Ländern im Moos-Monitoring 1995/96.

Bundesländer	Entnahmezeiten
Schleswig-Holstein	17.10.95 - 06.11.95 *
Niedersachsen	05.09.95 - 12.11.95 *
Hamburg	04.09.95 - 05.09.95
Nordrhein-Westfalen	15.09.95 - 17.10.95 *
Hessen	19.08.95 - 08.10.95
Rheinland-Pfalz	30.10.95 - 30.11.95
Baden-Württemberg	01.09.95 - 13.10.95
Bayern	20.09.95 - 08.12.95
Saarland	31.10.95 - 01.11.95
Berlin	07.10.95 - 08.10.95
Brandenburg	24.09.95 - 26.11.95 *
Mecklenburg-Vorpommern	09.11.95 - 01.12.95 *
Sachsen	22.09.95 - 28.10.95 *
Sachsen-Anhalt	10.10.95 - 04.12.95
Thüringen	15.09.95 - 28.10.95 *

*Nachbeprobungen in 1996 und 1997

2.2.4 Vergleich verschiedener Moosarten an einem Standort (Artenvergleich)

Pleurozium schreberi (P.s.) gilt innerhalb dieser Untersuchungen als Bezugsart. Insgesamt wurden an 97 Probenentnahmestellen Parallelbeprobungen von *Pleurozium schreberi* und den Moosarten der Prioritätenliste (Tab. 2) durchgeführt. Am häufigsten konnte die

Artenkombination *Pleurozium schreberi* und *Scleropodium purum* (73) entnommen werden (s. Kap. 3.5). Im Vergleich zum Moos-Monitoring 1990/91 wurde der Umfang der Parallelbeprobungen dieser beiden Moosarten deutlich erhöht und die Stichprobenanzahl (Wertepaare) für den Artenvergleich dadurch verbessert.

Tabelle 5 zeigt die Anzahl der Parallelbeprobungen im Moos-Monitoring 1995/96 im Vergleich zum Moos-Monitoring 1990/91.

Tab. 5: Anzahl der Standorte mit den Artenkombinationen *Pleurozium schreberi*/*Scleropodium purum* (Ps/Sp), *Pleurozium schreberi*/*Hypnum cupressiforme* (Ps/Hc).

	Ps/Sp	Ps/Hc
1990/91	49	25
1995/96	73	24

2.2.5 Standortvariabilität

An 42 Standorten wurden Probenentnahmen zur Bestimmung der Standortvariabilität für einzelne Moosarten durchgeführt. Die Anzahl der separat vermessenen Einzelproben pro Standort und Moosart variierte zwischen 5 bis 8 Proben. Die Ergebnisse der durchgeführten Einzelprobenuntersuchungen werden im Teil II diskutiert.

2.2.6 Aufnahme der Daten durch die Länder und das UBA in die „Moos-Datenbank“

Das Umweltbundesamt übergab die „Moos-Datenbank“ an die Länder mit der Bitte, die Angaben der Probenentnahmeprotokolle des Moos-Monitoring 1995/96 in die IT-Anwendung zu übernehmen. Dies erfolgte zum Teil in den Landesbehörden, z.T. übernahm das Umweltbundesamt die Erfassung selbst. Die Übernahme der analytischen Ergebnisse fand über eine EXCEL-Importschnittstelle in die IT-Anwendung statt. Nach der Erfassung aller Daten in die Moos-Datenbank wird diese den Ländern übergeben, um eine Plausibilitäts-Prüfung durchzuführen und evtl. Ergänzungen vornehmen zu lassen.

Der Vorteil der Zusammenführung der beiden Datenbestände besteht darin, daß Standort- sowie analytische Daten nach flexiblen Kriterien ausgewertet werden können. Hierbei können zeitliche, räumliche und fachspezifische Kriterien nach bestimmten Regeln selektiert und als Ergebnistabellen zusammengestellt werden. Der so geschaffene Datenpool aus den Ergebnissen der Moos-Monitoring Programme 1990/91 und 1995/96 bietet die Möglichkeit, die Standorte der beiden Monitoring-Vorhaben mit anderen Beobachtungsprogrammen zu verknüpfen (z.B. UBA-Luftmeßnetz, Umweltprobenbank).

2.3 Probenaufbereitung und Analytik

2.3.1 Säuberung der Proben und Homogenisierung

Alle Proben wurden mit Plastikpinzetten von Hand unter Benutzung von Einwegplastikhandschuhen von anhaftendem Fremdmaterial (Blätter, Wurzeln, Humuspartikeln usw.) gesäubert und keiner weiteren Waschprozedur entsprechend der europäischen Richtlinie unterzogen. Aufgrund des schwer bestimmbareren Jahreszuwachses wurde bei den Arten *Pleurozium schreberi*, *Scleropodium purum* und *Hypnum cupressiforme* der grün-grünbraune Anteil genommen, der etwa einen Zeitraum von 2 bis 3 Jahren repräsentiert (PAKARINEN & RINNE 1979). Wegen des günstigeren morphologischen Aufbaus von *Hylocomium splendens* dienten die 2 bis 3 Jahre alten Triebe als Probenmaterial. Anschließend wurden die Proben bei 40 °C / 72 h bis zur Gewichtskonstanz im Trockenschrank getrocknet. Alle Proben wurden in einer Scheibenschwingmühle mit Achateinsätzen 2 x 3 Minuten gemahlen. Nach dem ersten Mahlvorgang wurde das vorgemahlene Probenmaterial erneut in den Becher gefüllt, um ein Hochdrücken des Materials im Becher zu verhindern und eine perfekte Aufmahlung zu gewährleisten. Die Proben wurden anschließend bis zur weiteren Analyse bei Raumtemperatur in Plastikschrägeln gelagert. Vor jeder Analyse wurden die hygroskopischen Proben 24 h im Exsikkator nachgetrocknet.

2.3.2 Probenaufschluß und Analytik

Von dem homogenisierten Probenmaterial wurden 250,0 mg in Teflongefäße eingewogen und mit 5,0 ml HNO₃ (Merck suprapur) und 2,0 ml H₂O₂ (Merck) versetzt. Anschließend

wurden die Proben in einer Mikrowelle (MLS-1200) in Teflon-Hochdruckbehältern bis 100 bar aufgeschlossen und die klare Lösung ungefiltert mit aqua bidest. in 250 ml FEP-Gefäßen auf 200,0 g aufgefüllt.

Die instrumentelle Messung der Proben erfolgte mit ICP-MS (Elan 5000). Zusätzlich wurden zur Qualitätskontrolle der Messungen die Elemente K, Na, Mg, Ca, Fe, Mn, Al, Ba, Cu, Pb, Sr, Ti und Zn mit ICP-OES (Spectro) analysiert. Eine Bewertung beider Meßtechniken erfolgt im Teil II.

Wie im Moos-Monitoring 1990/91 wurden die Standardelemente Arsen (**As**), Cadmium (**Cd**), Chrom (**Cr**), Kupfer (**Cu**), Nickel (**Ni**), Eisen (**Fe**), Blei (**Pb**), Titan (**Ti**), Vanadium (**V**) und Zink (**Zn**) analysiert. Für das jetzige Projekt wurde Quecksilber (**Hg**) und auf Wunsch vom Umweltbundesamt wegen derzeitiger Aktualität (AK Bioindikation /Wirkungsermittlung, 1997) auch Antimon (**Sb**) einbezogen. Eine Erweiterung des analytischen Spektrums um 34 Elemente auf insgesamt 46 Elemente kann möglicherweise der Absicherung bzw. Interpretation von Emissionsquellen (auch Einfluß von Bodenkontamination) dienen. Hierauf wird im Teil II des Abschlußberichtes eingegangen.

2.3.3 Qualitätskontrolle

Zur Qualitätskontrolle wurden Blindwertanalysen und Untersuchungen zur Reproduzierbarkeit und Richtigkeit durchgeführt. Darüber hinaus erfolgten Vergleichsuntersuchungen von Moosproben aus Skandinavien, Tschechien, Polen und der Schweiz. Die Ergebnisse werden im Anhang 5.3 (Qualitätskontrolle) gezeigt.

Zur Überprüfung der Vergleichbarkeit der Daten aus dem Moos-Monitoring 1990/91 und 1995/96 (unterschiedliche Aufschluß- und Meßtechniken) wurden homogenisierte Rückstellproben aus 1990/91 in Hannover nochmals mit o.g. Mikro-

wellentechnik aufgeschlossen und mit ICP-MS analysiert. Die Ergebnisse desselben Probenmaterials mit Analysen aus 1990/91 und 1995/96 wurden über Regressionsanalysen im Kap. 3.2 verglichen.

2.4 Kartografische Darstellungen

Für große Datenbestände (hier über 1000 Standorte) sind prinzipiell Punkt- und Iso-liniendarstellungen möglich.

Punktdarstellungen einzelner Meßwerte zeigen die Situation direkt am Standort an. Dem Auge des Betrachters wird die Möglichkeit geboten, für größere Flächen (hier für Deutschland) eine subjektive Einordnung und Bewertung des Einzelwertes zu anderen Werten vorzunehmen. Liegen einzelne Standorte dicht beieinander, wie in diesem Projekt und nach Überprüfungen, kann es bei dem hier gewählten Maßstab von 1 : 4.400.000 sein, daß mehrere Punkte mit ihren Meßwerten nicht mehr aufgelöst werden können oder sogar übereinander liegen und andere Meßwerte „verdecken“. Dann bestimmt die Reihenfolge in der Analysenliste, welcher Punkt gerade dem Betrachter geboten wird. Für diesen Fall ist die Punktdarstellung nachteilig.

Der Sinn dieses Projektes liegt darin, über ganz Deutschland eine belastbare Aussage zu treffen, welche Regionen hohe und welche niedrige Gehalte zeigen. Hierbei treten flächenhaft ähnliche Werte sowie Einzelwerte mit besonders niedrigen oder hohen Werten auf.

Bei einem vorgegebenen Finanz- und Zeitrahmen sind auch die Anzahl der Analysen vorgegeben. Somit müssen auch Flächen in Kauf genommen werden, für die es z. T. noch keine detaillierten Informationen gibt. Falls es im Einzelfall nötig erscheint, kann eine Detailuntersuchung abgeschlossen werden. Für dieses bundesweite Projekt erscheint den Autoren eine Isoliniendarstellung als Übersichts-Information sinnvoll zu

sein. Diese Sichtweise wurde auf der 35. Sitzung des AK Bioindikation/Wirkungsermittlung am 13.3.98 in Halle mit Beispielen vorgetragen und von den Vertretern der Länder und des UBA für dieses Projekt angenommen.

• Isoliniendarstellung

Die Elementanalysen und die entsprechenden Koordinaten der Probenentnahmestellen (Gauß-Krüger) wurden auf einen DEC / VAX-Rechner eingespielt. Mit einem FORTRAN-Programm und der UNIRAS-Farbrastergrafik wurde je Element ein Rasterfile erzeugt, der auf einem Farbdrucker (Tektronix Phaser III) als farbige Isolinienkarte ausgegeben wurde.

Die prinzipielle Voraussetzung für die Herstellung von Isolinienkarten ist die Transformation der unregelmäßig (statistisch) verteilten Meßpunkte in der Natur in ein regelmäßiges Gitternetz (hier 5 x 5 km²), das die gesamte Fläche in Deutschland abdeckt. Hierzu werden die Werte von den ursprünglichen Meßpunkten auf die nächsten zugehörigen Eckpunkte der Gitterkästchen übertragen.

Das Interpolationsverfahren berechnet innerhalb eines festgelegten Suchradius (z. B. 15 km) den Interpolationswert für die Zwischenräume aus den vorhandenen Meßwerten, die sich innerhalb des Suchradius befinden. Jeder Meßwert bekommt dabei einen Wichtungsfaktor, der dem umgekehrt proportionalen Verhältnis des Quadrats des Abstandes des Meßwertes zum jeweiligen Kreismittelpunkt entspricht ($1 \cdot d^{-2}$). Bei dieser Wichtung wird den Meßwerten, die nahe beim Mittelpunkt liegen, mehr Gewicht eingeräumt, als weiter entfernten. Dadurch erhält man nach Entfernung gewichtete Durchschnittswerte für die entsprechenden Gitterkästchen, die die Bezugsgrundlage für die Isoliniendarstellung sind. Die Skalierungen sowie die Farben der einzelnen Konzentrationsklassen von grün bis rot wurden für

eine optimale grafische Darstellung der Konzentrationen ausgewählt und richten sich wie im Moos-Monitoring 1990/91 nach den europaweit beschlossenen Vorgaben (RÜHLING 1994). Die weißen Bereiche in den Elementkarten sind darauf zurückzuführen, daß aufgrund unzureichender Probendichte keine Interpolation erfolgen sollte.

Als Beispiel werden drei Karten vorgestellt bei einem Gitternetz von 5 x 5 km² und Suchradien von 5 km, 10 km und 15 km (Abb. 4, 5a, b).

Während bei 5 km Suchradius die einzelnen Standorte größtenteils noch isoliert erscheinen, beginnen sich bei 10 km und 15 km Suchradius bereits Flächen abzuzeichnen. Das Meßergebnis wird vom Punkt in die Fläche ausgedehnt. Die farbigen Flächen stellen mit den zugehörigen Analysenwerten Wahrscheinlichkeiten dar, mit denen ein hier dargestellter Meßwert gefunden wird, falls eine erneute Beprobung oder Detailuntersuchung durchgeführt werden sollte. Bei einem atmosphärischen Elementeintrag, wie es hier diskutiert wird, ist es gerechtfertigt, größere, gleichartige Flächenareale um einen Standort herum zu postulieren.

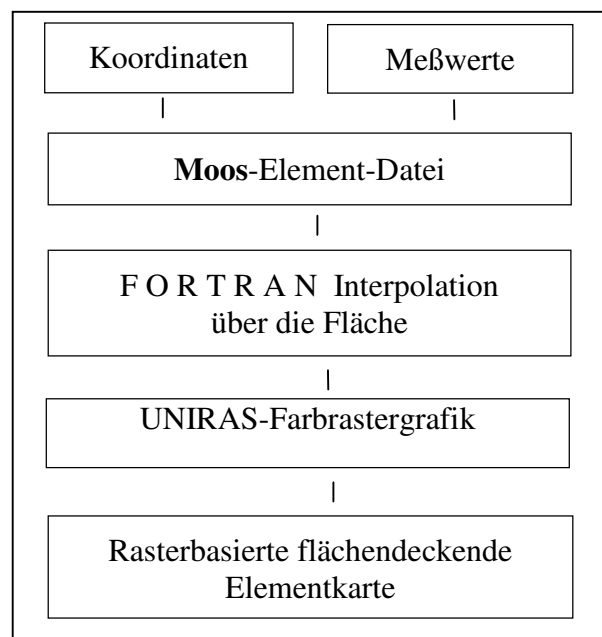
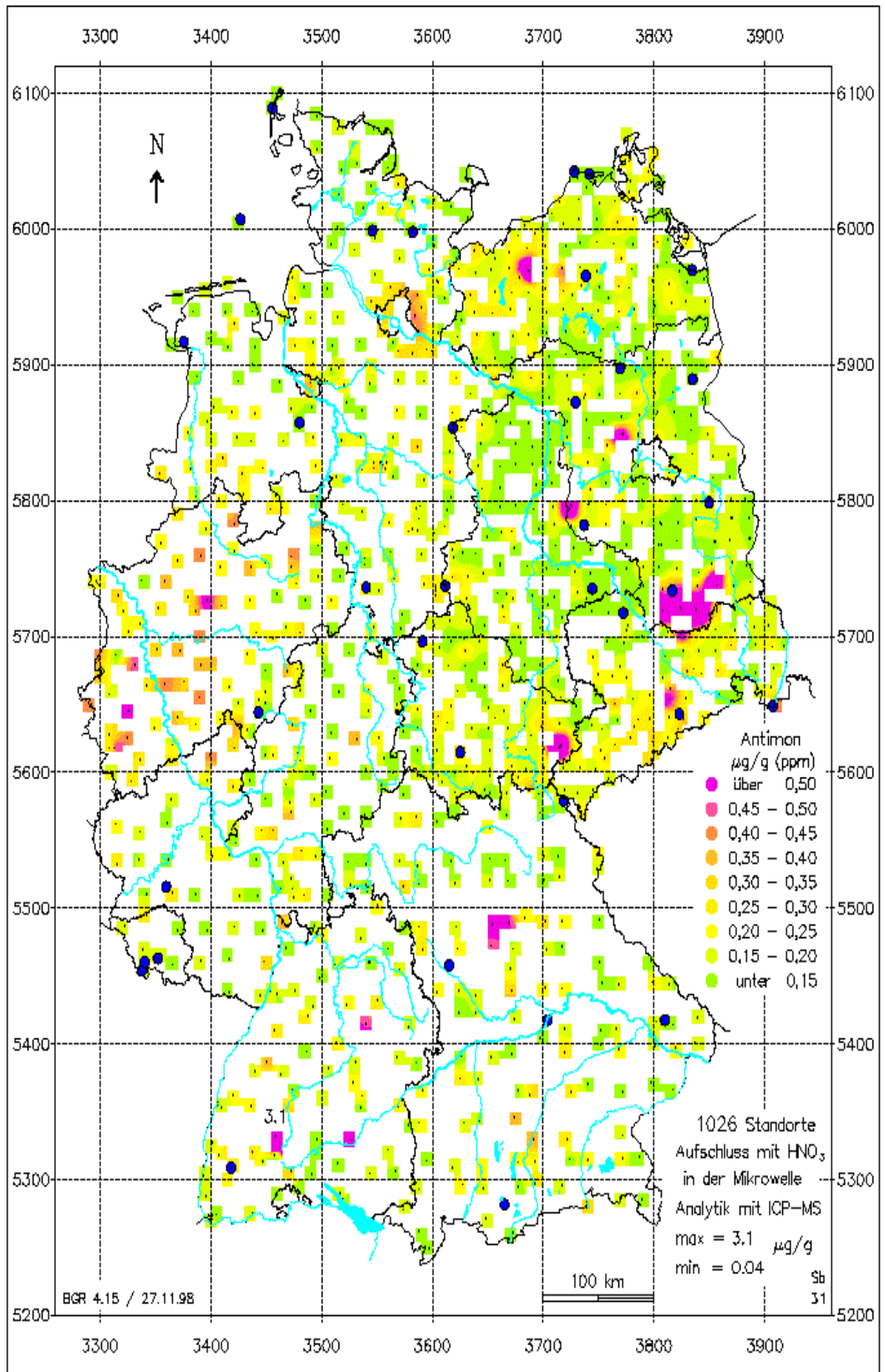


Abb. 3: Datenvorbereitung und Kartendarstellung.

Abb. 4 : Isolinienkarte mit einem Suchradius von 5 km

Moos – Monitoring 1995/96

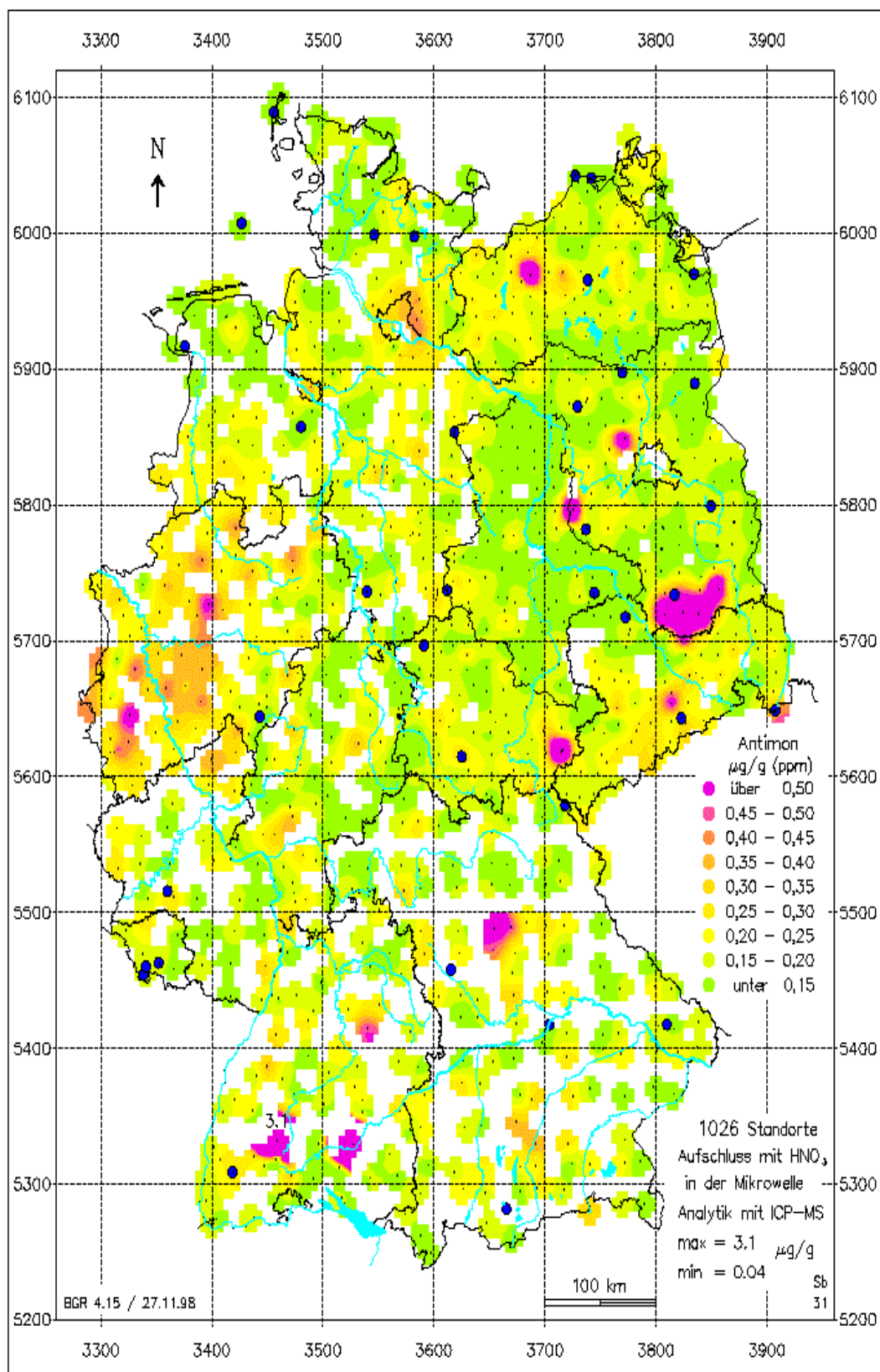


● UBA Standorte : Luft-Messnetz und Umweltprobenbank

UBA F+E 10802087/01

Abb. 5 a : Antimon-Gehalte in Moosen (10 km Radius)

Moos - Monitoring 1995/96

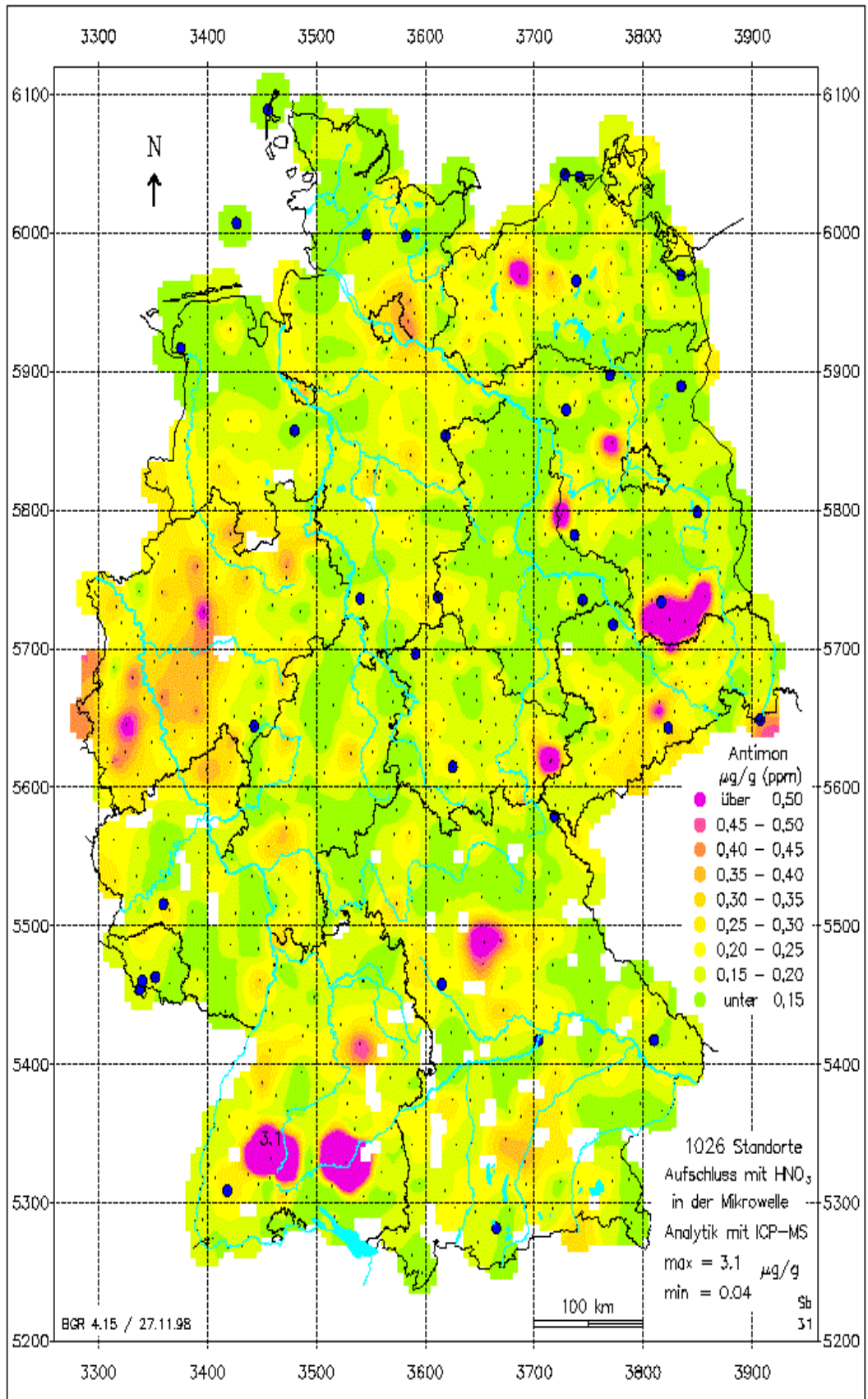


● UBA Standorte : Luft-Messnetz und Umweltprobenbank

UBA F+E 10802087/01

Abb. 5 b : Antimon-Gehalte in Moosen (15 km Radius)

Moos - Monitoring 1995/96



● UBA Standorte : Luft-Messnetz und Umweltprobenbank

UBA F+E 10802087/01