

SCHWERMETALLDEPOSITION IN ÖSTERREICH

**erfaßt durch Biomonitoring mit Moosen
(Aufsammlung 1995)**

Harald Zechmeister

MONOGRAPHIEN

Band 94

M-094

Wien, 1997

Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie



für das Projekt verantwortlich

Mag. Alarich Riss (Umweltbundesamt)

Autor

Univ.-Doz. Mag. Dr. Harald G. Zechmeister
(Universität Wien, Institut für Pflanzenphysiologie)

Aufsammlung und Aufbereitung der Proben

Mag. Anna Dünhofen
Mag. Thorsten Englisch
Mag. Sonja Latzin
Andreas Tribsch
Univ.-Doz. Mag. Dr. Harald G. Zechmeister (alle Universität Wien)

Laborkoordination

Dr. Andrea Hanus (Umweltbundesamt Wien)

Analytik

Monika Denner
Brigitte Kainz
Peter Kristöfel
Andreas Poell (alle Umweltbundesamt Wien)

Kartenerstellung

Dipl.Ing. Ulrike Falkner (Umweltbundesamt Wien)
Elvira Frühauf (Umweltbundesamt Wien)

Graphik- und Tabellennachbearbeitung/Satz/Layout

Manuela Kaitna (Umweltbundesamt Wien)

Übersetzung

Mag. Ulrike Stärk (Umweltbundesamt Wien)

Titelbild

Summenkarte der Schadstoffdepositionen in Österreich, erstellt aus den jeweiligen Abweichungen vom gesamtösterreichischen Median der Konzentrationen der Elemente As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mo, Ni, Pb, S und Zn in Moosen (vgl. Anhang: Karte 15a).

Der Autor möchte allen jenen danken, welche durch ihre Mithilfe an dieser Studie beteiligt waren: Prof. Dr. Åke Rühling, Dept. Plant Ecology, Univ. Lund, Schweden für die Gesamtkoordination des europäischen Projektes; Dr. Franz Mutsch, FBVA Wien, für das unbürokratische Überlassen von Humus- und Bodendaten aus dem WBS; Dr. Lotti Thöni Forschungsstelle Umweltbeobachtung, Egg/Zürich für wertvolle fachliche Diskussionen; Univ.-Prof. Mag. Dr. Georg Grabherr, Abt. f. Vegetationsökologie, Inst. f. Pflanzenphysiologie, Univ. Wien, für die Benutzung apparativer Einrichtungen; Ing. Kreiner, MA 22, Wien, Dipl. Ing. M. F. Kalina, TU Wien und Landesrat Thaller, Salzburger Landesregierung, für das zur Verfügungstellen von WADOS-Daten; Dipl.Ing. W. Seitz, Abt.III f3, Tiroler Landesforstdirektion für fachliche Beratung bei der Auswahl der Tiroler Probepunkte; Dr. Gert Bachmann, Abt. Chemische Physiologie, Inst. f. Pflanzenphysiologie, Univ. Wien, für logistische Unterstützung in EDV-Angelegenheiten und natürlich im besonderen all jenen, die oben bereits als Mitarbeiter genannt sind und ohne deren Hilfe das Projekt wohl kaum durchführbar gewesen wäre.

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt (Federal Environment Agency)
Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien (Vienna), Austria

Druck: Riegelnik, 1080 Wien

© Umweltbundesamt, Wien, 1997
Alle Rechte vorbehalten (all rights reserved)
ISBN 3-85457-398-7

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

KURZFASSUNG/SUMMARY	7/12
1 EINLEITUNG	17
2 METHODIK	19
2.1 Probenahme	19
2.1.1 Standorte	19
2.1.2 Moosarten	21
2.1.3 Zeitpunkt der Aufsammlung	22
2.2 Aufarbeitung der Proben	22
2.3 Analytik	22
2.3.1 Aufschluß	22
2.3.2 Bestimmung	23
2.4 Statistik	23
2.5 Erstellung der Punktkarten bzw. der interpolierten Karten	24
3 ERGEBNISSE UND DISKUSSION	25
3.1 Ergebnisse gegliedert nach Elementen	26
3.1.1 Arsen (As)	26
3.1.1.1 Allgemeines	26
3.1.1.2 Österreich gesamt	26
3.1.1.3 Regionale Verteilung	26
3.1.2 Cadmium (Cd)	28
3.1.2.1 Allgemeines	28
3.1.2.2 Österreich gesamt	28
3.1.2.3 Regionale Verteilung	28
3.1.3 Cobalt (Co)	30
3.1.3.1 Allgemeines	30
3.1.3.2 Österreich gesamt	30
3.1.3.3 Regionale Verteilung	30
3.1.4 Chrom (Cr)	32
3.1.4.1 Allgemeines	32
3.1.4.2 Österreich gesamt	32
3.1.4.3 Regionale Verteilung	32
3.1.5 Kupfer (Cu)	34
3.1.5.1 Allgemeines	34
3.1.5.2 Österreich gesamt	34
3.1.5.3 Regionale Verteilung	34
3.1.6 Eisen (Fe)	36
3.1.6.1 Allgemeines	36
3.1.6.2 Österreich gesamt	37
3.1.6.3 Regionale Verteilung	37
3.1.7 Hg (Quecksilber)	37
3.1.7.1 Allgemeines	37
3.1.7.2 Österreich gesamt	38
3.1.7.3 Regionale Verteilung	38

3.1.8	Molybdän (Mo)	39
3.1.8.1	Allgemeines	39
3.1.8.2	Österreich gesamt	39
3.1.8.3	Regionale Verteilung	39
3.1.9	Nickel (Ni)	41
3.1.9.1	Allgemeines	41
3.1.9.2	Österreich gesamt	41
3.1.9.3	Regionale Verteilung	41
3.1.10	Blei (Pb)	43
3.1.10.1	Allgemeines	43
3.1.10.2	Österreich gesamt	44
3.1.10.3	Regionale Verteilung	44
3.1.11	Titan (Ti)	46
3.1.11.1	Allgemeines	46
3.1.12	Vanadium (V)	47
3.1.12.1	Allgemeines	47
3.1.12.2	Österreich gesamt	47
3.1.12.3	Regionale Verteilung	47
3.1.13	Zink (Zn)	49
3.1.13.1	Allgemeines	49
3.1.13.2	Österreich gesamt	50
3.1.13.3	Regionale Verteilung	50
3.1.14	Schwefel (S)	51
3.1.14.1	Allgemeines	51
3.1.14.2	Österreich gesamt	52
3.1.14.3	Regionale Verteilung	52
3.2	Ergebnisse gegliedert nach Bundesländern	55
3.2.1	Burgenland	55
3.2.2	Kärnten	55
3.2.3	Niederösterreich	56
3.2.4	Oberösterreich	57
3.2.5	Salzburg	58
3.2.6	Steiermark	58
3.2.7	Tirol	59
3.2.8	Vorarlberg	60
3.2.9	Wien	61
3.3	Transekte durch das Bundesgebiet	67
3.3.1	N-S Transekte	67
3.3.1.1	Tansekt Ost (1)	67
3.3.1.2	Transekt Mitte (2)	67
3.3.1.3	Transekt West (3)	68
3.3.2	W-O Transekt (4)	68
3.4	Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse (HKA)	74
3.5	Beurteilung einer regionalen Gesamtbelastung	77
3.6	Vergleichende Untersuchungen mit der Österreichischen Pilotstudie 1991	78
3.7	Die Österreichischen Meßwerte im internationalen Vergleich	83
3.8	Vergleichende Untersuchungen von Elementkonzentrationen in Moosen mit Frachten in Wados (Wet and dry only sampler)	87

3.9	Abschätzung einer Flächendeposition	89
3.10	Vergleichende Untersuchungen mit den Schwermetalldaten aus der Waldbodenzustandsinventur	90
3.10.1	Vergleich Moosproben/Humus	92
3.10.2	Vergleich Moosproben/Mineralböden (0-10 bzw. 30-50 cm)	92
3.10.3	Vergleich Moosproben/Boden gesamt	93
4	BEGLEITENDE UNTERSUCHUNGEN ZU DEN EINZELNEN MONITORINGARTEN	97
4.1	Wachstumsuntersuchungen	97
4.1.1	Abietinella abietina	97
4.1.2	Biomasseuntersuchungen pro Flächeneinheit	98
4.2	Korrelation der Schwermetallkonzentrationen in unterschiedlichen Moosarten	99
5	DISKUSSION	103
6	LITERATUR	105
	ANHANG	109
	KARTENTEIL	147

KURZFASSUNG

Einleitung

Die Kontrolle grenzüberschreitender Luftschadstoffe gehört zu den vorrangigen Zielen umfassender Umweltpolitik. Die dafür eingesetzten Methoden müssen erprobt, standardisiert und entsprechend den jeweils gesetzten Zielen weiträumig einsetzbar sein. Die Methode der Erfassung der atmosphärischen Schwermetalldepositionen, mittels Moosen als Biomonitoren, wird unter diesem Aspekt seit den frühen 70er Jahren in vielen Ländern Europas mit Erfolg angewandt.

Dieses Untersuchungsprogramm wurde, wie auch in früheren Jahren, auf Initiative des 'Nordic Council of Ministers' gestartet. Die Zahl der an diesem Programm teilnehmenden Länder ist mit 30 inzwischen beträchtlich und umfaßt neben den meisten europäischen Staaten auch solche des Baltikums sowie weitere, inzwischen selbstständige Staaten der ehemaligen UdSSR.

Nach dem Abschluß einer Pilotstudie im Jahre 1993, bei der die Anwendbarkeit der 'Moosmethode' auch für Österreich getestet wurde, kann diese Studie erstmals umfangreiche flächendeckende Aussagen zur Schwermetalldeposition in Österreich bringen. Dabei wurden die atmosphärischen Depositionen der Jahre 1993-1995 erfaßt. Die zeitliche Abgrenzbarkeit der Depositionsraten ist einer der großen Vorteile dieser Methode.

Der vorliegende Bericht liefert zum ersten Mal ein flächendeckendes Bild der atmosphärischen Schwermetalldepositionen in Österreich und zeigt in deutlicher Weise sowohl Problemzonen als auch Gebiete mit Hintergrunddepositionen auf. Zusätzlich wurden umfassende, wissenschaftliche Studien zur Evaluierung der Methode durchgeführt. Einen umfassenden Vergleich mit den anderen Teilnehmerländern des Untersuchungsprogrammes wird der gesamteuropäische Bericht (Ende 1998) bringen.

Methodik

- **Aufsammlung:** Die Richtlinien zur Aufsammlung entsprechen den langjährigen internationalen Erfahrungen und nehmen Bezug auf Mindestabstände zur nächsten Straße oder Siedlung (300 m), zu den nächsten freistehenden Häusern (100 m), oder zu den nächsten Bäumen und Sträuchern (5 m). In größeren Tälern des Alpenraumes wurde eine Mindesthöhendifferenz zwischen Talboden und Sammelpunkt von 500 m eingeführt sowie ein Mindestabstand zu Hochspannungsmasten von 300 m. Die Sammelpunkte liegen außerhalb des Abfluß- oder Tropfbereiches anderer Pflanzen und sind daher nach oben hin offen. Bevorzugt wurden Freiflächen innerhalb von Waldstandorten beprobt, aber auch Moore oder natürliche Rasen. Jede Standortsprobe besteht aus mehreren Teilproben, die Probenfläche umfaßt maximal 50 x 50 m. Die benötigte Probenmenge beträgt ca. 2 Liter. Gesammelt wurde in Papiersäcken, danach erfolgte eine möglichst rasche Trocknung (Trockenschrank, 35 °C). In Österreich wurden an 220 Standorten insgesamt 232 Proben gesammelt. Davon sind 178 Standorte Vergleichsflächen mit anderen Forschungsprogrammen (Forstliche Bundesversuchsanstalt, Umweltbundesamt, Magistratsabteilung 22 der Gemeinde Wien, Sbg. Landesregierung, Pilotstudie des Umweltbundesamtes). Die Lage der übrigen 42 Sammelpunkten wurde nach dem Prinzip der gleichmäßigen Flächendeckung bestimmt. Die Probedichte beträgt 2,5/1.000 km².

Die Proben wurden gereinigt und auf Drei-Jahrestriebe eingekürzt. Für Wachstumsmessungen und Depositionsberechnungen wurden 90 Moosproben von 54 Standorten flächenbezogen aufgesammelt und entsprechend aufgearbeitet.

Die Aufsammlung erfolgte zwischen 28. August und 1. November 1995.

- **Monitoringarten:** Als Monitoringarten wurden *Pleurozium schreberi* (121 Proben), *Hylocomium splendens* (54), *Hypnum cupressiforme* (27) sowie *Abietinella abietina* (18) verwendet.

- **Analyse:** Nach Trocknung und Vermahlung (in Porzellan) wurden die Proben mit 5+1 Teilen Salpetersäure und Perchlorsäure versetzt und mittels Kjeldatherm-Aufschlußblock aufgeschlossen. Hg und As wurden mittels AAS-Hybrid System analysiert, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mo, Ni, Pb, Ti, V und Zn mittels ICP-ES. Aufschluß und Analysen wurden im Labor des UBA-Wien durchgeführt.
- **Auswertung der Daten:** In der beschreibenden Statistik wurden vorwiegend Mittelwerte, Mediane, Standardabweichungen, Minimum, Maximum und Perzentil berechnet und tabellarisch, mittels Blockdiagrammen sowie als "Notched Box and Whisker Plots" dargestellt. Darüber hinaus wurden einfache lineare Regressionen errechnet und graphisch dargestellt, unter zusätzlicher Bestimmung des Bestimmtheitsmaßes und eines Korrelationskoeffizienten. Weiters wurden einfache und Mehrfach-Varianzanalysen durchgeführt. Von den multivariaten Methoden fand die Hauptkomponentenanalyse Anwendung. An Signifikanztests wurden je nach Anwendbarkeit der Vorzeichentest, die Signifikanzprüfung des Maßkorrelationskoeffizienten und der t-Test durchgeführt. Die Erstellung der farbigen Punktkarten und der interpolierten Karten erfolgte im Umweltbundesamt.

Ergebnisse

Gegliedert nach Schwermetallen

As (Arsen): Mehr als die Hälfte aller Proben liegt unter der Nachweisgrenze. Überdurchschnittlich hohe Konzentrationen finden sich vor allem im Nordosten Österreichs. Die Gründe dafür liegen überwiegend im Ferntransport aus den nördlichen und östlichen Nachbarländern (Slowakei, Tschechien, Polen), in den Emissionen aus den Verbrennungsprozessen des Ballungsraumes Wien sowie in der Verfrachtung windverblasener Teilchen der agrarisch intensiv genutzten Böden. Im Zentralalpin sind die erhöhten Werte teilweise geogen bedingt (der Median aller Proben liegt bei 0,16 µg/g).

Cd (Cadmium): Die Verteilung der Cd-Konzentrationen ist einerseits von lokalen Emittenten geprägt (z. B. Verkehr im Inntal), andererseits von der Niederschlagsmenge. Wie frühere Untersuchungen gezeigt haben, besteht eine hohe Korrelation zwischen der Konzentration einzelner Schwermetalle und der Niederschlagsmenge. Stark erhöhte Werte z. B. im Salzkammergut oder Mariazellergebiet sind primär auf diesen Umstand zurückzuführen (Median 0,25 µg/g).

Co (Kobalt): Die Co-Konzentrationen sind gering. Mancherorts haben die Erhöhungen geogene Gründe (Ultrabasalte, Ophiolite). Aufgrund fehlender Co-Daten aus den östlichen Nachbarländern können Verfrachtungen aus diesen Gebieten nicht nachgewiesen werden (Median 0,28 µg/g; > 50 % der Proben liegen unter der Nachweisgrenze).

Cr (Chrom): Der Nordosten Österreichs unterscheidet sich signifikant von den anderen Regionen. Wie der Datenvergleich mit den Nachbarländern gezeigt hat, spielt der Ferntransport aus den Ostländern (Slowakei, Polen, Tschechien) eine nicht unbedeutende Rolle. Weiters stellen die periodisch großflächig brachliegenden Ackerböden (lokaler Flugstaub) Ursache der erhöhten Konzentrationen dar. Ein lokaler, anthropogen bedingter 'hot-spot' ist Linz, im Silvrettagebiet liegen geogene Ursachen für erhöhte Werte vor (Median 1,11 µg/g).

Cu (Kupfer): Die Verteilung der Cu-Konzentrationen weist auf eine größere Zahl lokaler Emittenten hin. Vor allem die Situation Inntal ist äußerst auffällig. Hier müssen neben Emissionen der sekundären Kupferhütte Brixlegg der Verkehr, die Siedlungsdichte und die klimatische Situation in Betracht gezogen werden (Median 5,9 µg/g).

Fe (Eisen): Auffallend erhöht sind bei diesem Metall die Konzentrationen im Nordosten Österreichs. Es sind die gleichen potentiellen Urheber wie bei Chrom zu nennen (Ferntransport, Bodenbewirtschaftung) (Median 493 µg/g).

Hg (Quecksilber): Deutlich über dem Durchschnitt liegen die Konzentrationen im Inntal, dem westlichen niederösterreichischen Alpenvorland und dem Walgau. Der erhöhte Wert in Leoben ist vermutlich auf das Werk Donawitz und das dort verarbeitete Hg-reiche Erz zurückzuführen. Aufgrund der hohen Mobilität von Hg und der damit verbundenen analytischen Schwierigkeiten ist eine exakte Beurteilung aber schwierig (Median 0,06 µg/g).

Mo (Molybdän): Mo weist vermutlich aufgrund der geologischen Bedingungen im Süden Österreichs höhere Werte auf als im übrigen Österreich. Die höchsten gemessenen Konzentrationen finden sich aber in der Umgebung der TCW in Treibach (durchschnittlich 7,66 µg/g im Depositionszeitraum 1993-1995; zum Vergleich – siehe Median aller Österreichproben) (Median 0,32 µg/g).

Ni (Nickel): Für die erhöhten Konzentrationen im Nordosten dürfte einerseits die Emissionen der Bundeshauptstadt mit vermehrten Verbrennungsprozessen aller Art verantwortlich sein, andererseits ist auch der Ferntransport aus dem Osten (vor allem der Slowakei) zu berücksichtigen. Die größte in Österreich gemessene Konzentration findet sich in der Umgebung der TCW in Treibach (11,4 µg/g) (Median 1,3 µg/g).

Pb (Blei): Erhöhte Konzentrationen treten einerseits in Gebieten mit bedeutenden Niederschlägen auf (siehe auch Cd), andererseits entlang der Transitrouten, vor allem aus Ländern mit geringerem Anteil an bleifreiem Benzin. Die Bleidepositionen zeigen stark rückläufige Tendenzen (Median 8,9 µg/g).

Ti (Titan): Titan wurde vor allem zur Erfassung einer etwaigen Sekundärkontamination der Moosproben mit Bodenteilchen analysiert. Aufgrund des gewählten Aufschlusses liegen z. T. Minderbefunde vor.

V (Vanadium): Der Nordosten Österreichs hebt sich deutlich von den anderen Gebieten ab. Verbrennungsprozesse im Wiener Raum sowie die Raffinerien (vor allem in Bratislava) sind bedeutende Emittenten. Die größten gemessenen Konzentrationen finden sich in der Umgebung der TCW in Treibach (14,7 µg/g) (Median 1,3 µg/g).

Zn (Zink): Lokale Emittenten dürften in Linz (VÖEST) und dem Inntal (Brixlegg, Vererzungen, Verkehr) für stark erhöhte Konzentrationen verantwortlich sein. Vereinzelt liegen Zusammenhänge mit den Niederschlagsmengen und geogenen Ursachen vor (Median 31 µg/g).

S (Schwefel): Wenngleich kein Schwermetall, doch ein bedeutender Indikator für anthropogene Verunreinigungen. Erhöhte Konzentrationen sind in der Umgebung lokaler Emittenten (Linz, Wien) oder in niederschlagsreichen Gebieten zu finden (Median 1.110 µg/g).

Regionaler Überblick

Nach Abzug der Parallelproben und einer aufgrund sekundärer Bodenverunreinigung nicht beurteilten Probe wurden 219 Proben zur standörtlichen Beurteilung herangezogen.

Einzelne Regionen zeigen bei mehreren Schwermetallen stark erhöhte Konzentrationen und können so als Problemzonen angesprochen werden:

Besonders auffällig ist das untere Inntal (Cu, Cd, Pb, Zn, Hg). Hier liegt eine Vielzahl an Einflußfaktoren vor (Verkehr, größere Einzulemittenten, höhere Siedlungsdichte, Inversionswetterlagen). Der Nordosten Österreich ist geprägt durch Emissionen aus dem Ballungsraum Wien (Verbrennungsprozesse aller Art), einer intensiven Landwirtschaft (z. B. erhöhter Anteil an remobilisierten, schwermetallhaltigen Bodenteilchen) und dem Ferntransport aus den Nachbarländern Slowakei, Tschechien und Polen. Im südlichen Vorarlberg sind ebenfalls mehrere Einflußgrößen zu nennen. Hier liegen neben geogenen Belastungen im Silvrettagebiet erhöhte Depositionen aus Niederschlägen und lokale Quellen (Verkehr, Hausbrand) vor. Die Gründe für die z. T. stark erhöhten Konzentrationen im Südwesten Niederösterreichs sind unklar. Lokale Emittenten können, neben dem Ferntransport, nicht ausgeschlossen werden.

Extrem erhöhte Konzentrationen (= absolute Spitzenwerte) bei Mo, Ni und V findet man in der Umgebung der TCW in Treibach. Da mittels der verwendeten Methode atmosphärische Depositionen der Jahre 1993-1995 gemessen werden, sollte es sich um Auswirkungen aktueller Emissionen aus dem Werk handeln.

Die Proben weiter Teile Osttirols, Kärntens und der Südoststeiermark weisen primär geogen bedingte, erhöhte Schwermetallkonzentrationen auf.

Eine Darstellung der Situation der Schwermetalldeposition im Zeitraum 1993-1995 in Österreich ist in Abb. A ersichtlich. Diese Karte zeigt die Summe aller Abweichungen der einzelnen Schwermetallkonzentrationen, bezogen auf den jeweiligen gesamtösterreichischen Median. In dieser Abbildung treten die oben genannten Regionen und Einzelemittenten deutlich hervor.

Die Schwermetalldepositionen im Vergleich mit der Aufsammlung von 1991

Da an einem Großteil der Standorte aus dem Jahr 1991 wieder Proben gewonnen wurden, ist ein Vergleich der Depositionen in den beiden Untersuchungszeiträumen möglich. Dabei zeigt sich bei fast allen untersuchten Schwermetallen eine zum Teil deutliche Abnahme der durchschnittlichen Konzentrationen (z. B. Pb -44 %, Cd -27 %). Daß die Abnahme der Konzentrationen zumindest bei einzelnen Elementen (z. B. Cr, As) auch analytische Ursachen hat, kann nicht ganz ausgeschlossen werden.

Wissenschaftliche Begleituntersuchungen

Depositionsberechnungen: Mittels mehrerer Untersuchungsansätze wurde versucht, aus den vorgefundenen Konzentrationen Depositionsraten zu ermitteln. Dazu wurden Vergleichsreihen mit WADOS (**W**et **A**nd **D**ry **O**nly **S**ampler) durchgeführt. Zwischen den Konzentrationen der nassen Deposition, gewonnen aus den Sammlern, und denen in den parallel gewonnenen Moosen konnte keine Korrelation ermittelt werden. Die Hauptursache dürfte darin liegen, daß nur Daten der nassen und nicht auch der trockenen Depositionen in den WADOS vorlagen. Trockene Deposition spielt aber gerade bei einzelnen Schwermetallen eine bedeutende Rolle. Daher wurden die Koeffizienten für die Aufnahmekapazität der einzelnen Schwermetalle aus Literaturangaben entwickelt (= Effizienzfaktor). Diese wurden dann, unter Einbeziehung der in dieser Studie gewonnenen Daten über den Biomassezuwachs, mittels der Formel $C \cdot A/E$ (C = Konzentration; A = Biomasse der Monitoringart; E = Effizienzfaktor) für die Errechnung der Depositionsraten verwendet. Nur für regionale Depositionsberechnungen dürfen Mittelwerte der Biomassezuwächse verwendet werden, bei punktuellen Berechnungen müssen exakte Wuchsdaten des Standortes vorliegen.

Vergleichende Untersuchungen mit Humusproben: Dank der Zusammenarbeit mit der Forstlichen Bundesversuchsanstalt lagen Daten zu den im Zuge der Waldbodenzustandsinventur gewonnenen Humusproben vor. Die Vergleichsuntersuchungen Moos-Humus waren vorerst als fixer Bestandteil des internationalen Programmes geplant, mußten aber wegen zu großer Differenzen in den Methoden auf nationale Ebene beschränkt bleiben. An 137 Standorten konnten derartige Vergleiche angestellt werden. Aufgrund unterschiedlicher Aufnahmepunkte (Freiflächen in der Moosstudie, Waldstandorte im Waldschadensbeobachtungssystem) sind die Daten jedoch nur bedingt vergleichbar. Aufgrund der längeren Anreicherungsdauer zeigen die Humusproben erwartungsgemäß deutlich höhere Konzentrationen als die Moosproben. Signifikante Zusammenhänge liegen nur bei Cd, Cu und Ni vor. Möglicherweise spielen die Veränderungen der Schwermetalldepositionen im Laufe der Jahre eine bedeutende Rolle (z. B. bei Pb). Die niedrige Korrelation der meisten Ergebnisse spricht auch gegen eine Sekundärkontamination der Moose mit Bodenteilchen und somit für den überwiegend atmosphärischen Einfluß der in den Moosen gemessenen Konzentrationen.

Analyse der annualen Biomassezuwächse der Monitoringarten: Um auch den pannonisch geprägten Osten Österreichs flächendeckend besammeln zu können wurde die Art *Abietinella abietina* neu ins Programm aufgenommen. Um die Verwendbarkeit dieses Mooses zu überprüfen, mußten dementsprechende Untersuchungen angestellt werden. Dabei wurden einerseits Analysen der jährlichen Zuwächse (Länge und Gewicht/Individuum), als auch Korrelationen mit erprobten Monitoringarten bezüglich der Schwermetallaufnahmeeffizienz durchgeführt (Regressionen, Quotienten). Danach kann *Abietinella abietina* als für das Programm optimale Art eingestuft werden und sollte zumindest in Österreich gegenüber *Hypnum* den Vorzug erhalten.

Für die Depositionsberechnungen sind exakte Daten zum annualen Biomassezuwachs pro Fächeneinheit unerlässlich. Daher wurden an 54 Standorten 90 Moosproben flächenbezogen aufgesammelt und analysiert. Die Mittelwerte der annualen Biomassezuwächse sind: *Hylocomium splendens* (127g/m²), *Pleurozium schreberi* (161 g/m²), *Hypnum cupressiforme* (188 g/m²) und *Abietinella abietina* (144 g/m²); Biomasse in Trockengewicht. Da die Schwankungsbreiten zum Teil sehr groß sind, sollten künftig Depositionsberechnungen nur mit flächenbezogenen Aufsammlungen einher gehen.

Kartendarstellungen

Die interpolierten Karten sind graphische Veranschaulichungen punktuell gemessener Konzentrationen. Diese Darstellungsform nimmt nicht auf räumliche oder topographische Einflußfaktoren der Schwermetalldeposition Rücksicht. Prognosen über die Konzentrationsverteilungen außerhalb der tatsächlich beprobten Orte sind nur für Standorte zulässig, welche den allgemeinen Kriterien der Aufsammlung entsprechen. Die Punktkarten hingegen sind reelle Darstellungen der vorgefundenen Situation.

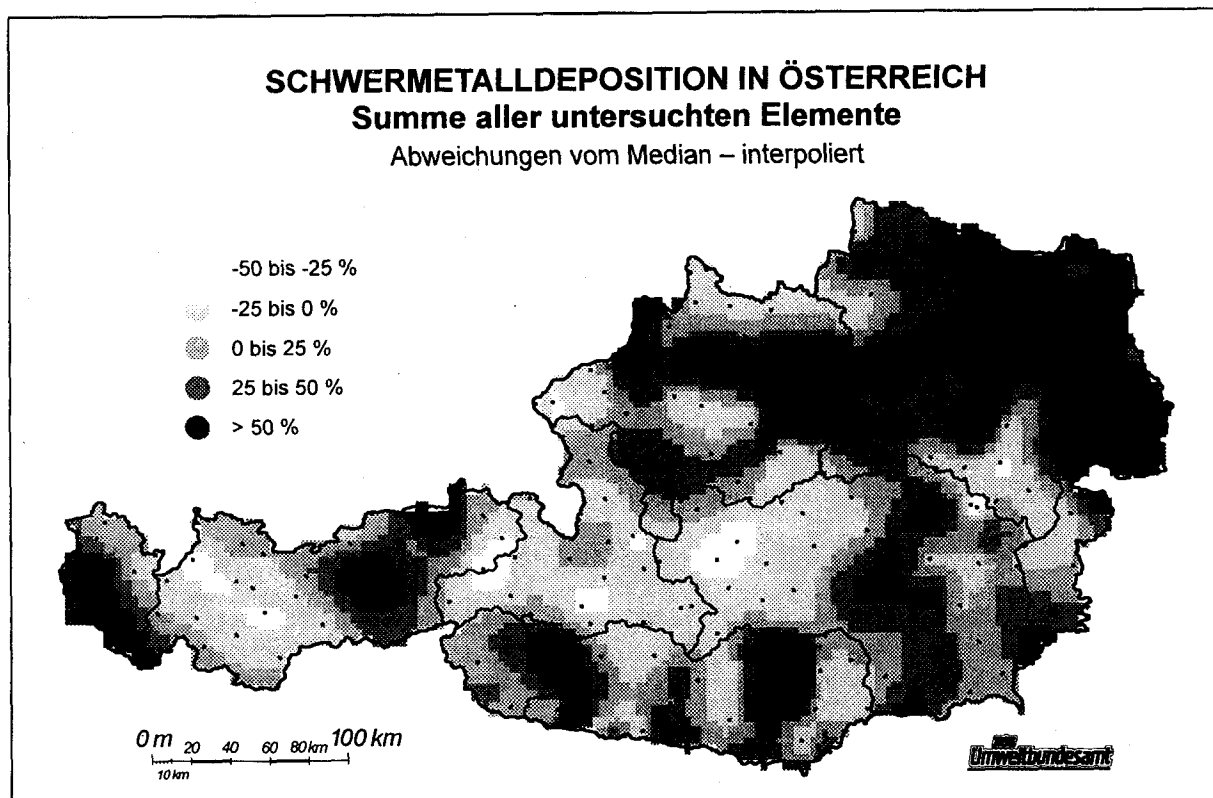


Abb. A: Summenkarte der Schwermetalldepositionen in Österreich; erstellt aus den jeweiligen Abweichungen vom gesamtösterreichischen Median.

SUMMARY

Introduction

Among the manifold goals of comprehensive environmental policy transboundary air pollution control is key. In this context only proven and standardised methods can be used. In line with the various goals to be obtained these methods must furthermore be generally applicable. Taking all this into account, atmospheric heavy metal deposition has been successfully monitored with mosses serving as bioindicators in many European countries since the early 1970s.

The present study is part of a European project and was like in the past years initiated by the Nordic Council of Ministers. The number of countries participating in this monitoring programme has steadily increased to 30 and comprises most of the European states, some Baltic states as well as a number of other – in the meantime independent – countries from the former USSR.

In 1993 a pilot study was carried out to confirm that the moss method was suitable to be applied to Austria as well. The present study for the first time allows a nation-wide assessment of heavy metal deposition in Austria. The data represent atmospheric deposition from 1993-1995. One of the big advantages of this method is that the time of deposition can be determined.

The present survey of atmospheric heavy metal deposition in Austria clearly indicates problem areas as well as areas with background concentrations. In addition, comprehensive scientific studies were carried out in order to evaluate the method used.

The pan-European report (to be published in the end of 1998) will contain a comparison with the other states participating in this investigation programme.

Material and Methods

- **Sampling:** the guidelines for sampling are based on many years of international experience. Sampling sites must be located at least 300 m away from main roads and populated areas and at least 100 m from single houses or at least 5 m from trees or bushes. In the larger valleys of the Alps a minimum height difference of 500 m between the valley floor and the sampling site should be observed. The minimum distance between high-tension pylons must not be smaller than 300 m. Sampling sites should not be directly exposed to through-fall precipitation. Preference is given to clearings within woodlands, but also heath and natural grasslands are accepted as sampling sites. On each sampling site a number of sub-samples is taken, the actual sampling area should not exceed 50 x 50 m. The amount of moss required is about two litres. The samples were collected in paper bags and dried as quickly as possible (drying oven, 35 °C).

In Austria 232 samples were taken from 220 sampling sites. 178 sampling sites serve as reference sites for other investigation programmes (Federal Forest Research Centre, Federal Environment Agency Austria, Municipal Department (MA) 22 of Vienna, Provincial Government of Styria, pilot study of the Federal Environment Agency). The remaining 42 sites were selected in the aim of achieving an equal distribution of sampling sites all over Austria. Sampling site density was 2.5 sites per 1,000 sq. kilometres.

The samples were cleaned and cut back to the shoots of three years. In order to determine growth and to calculate deposition rates 90 moss samples were taken at 54 sites from specified unit areas and prepared correspondingly. Sampling was carried out between August 28th and November 1st 1995.

- **Moss species used for monitoring:** *Pleurozium schreberi* (121 samples), *Hylocomium splendens* (54), *Hypnum cupressiforme* (27) and *Abietinella abietina* (18).

- **Analysis:** After drying and milling (in porcelain) the samples were treated with 5+1 parts of nitric acid and perchloric acid and then digested by means of a Kjeldahtherm digesting unit. Hg and As were analysed by means of the AAS Hydride System, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mo, Ni, Pb, Ti, and Zn by ICP-ES.
Digestion and analyses were carried out by the laboratory of the Federal Environment Agency Vienna.
- **Evaluation of data:** For the statistics mainly mean values, medians, standard deviations, minimum, maximum, and percentile were determined and represented graphically in block diagrams and Notched Box and Whisker Plots. In addition, simple linear regressions were calculated and graphically displayed with determination of R-squared and the correlation coefficient. Furthermore simple and multiple variance analyses were carried out. The multivariate method used was the principle component analysis. The tests of significance carried out in line with their applicability were the sign test, correlation analyses and the t-test. Both the coloured maps containing points representing measured values and the interpolated maps were established at the Federal Environment Agency.

Results

According to heavy metals

As (arsenic): In more than half of the samples concentrations were below the detection limit. Higher than average concentrations were found especially in the north east of Austria. The reasons for this lie mainly with long-range transport from our northern and eastern neighbours (Slovak Republic, Czech Republic, Poland), emissions from combustion processes in the conurbation Vienna and the deposition of airborne particles from agriculturally intensively used areas. In the Central Alps elevated values are in part of geogenic origin (the median of all samples is 0.16 µg/g).

Cd (cadmium): The distribution of Cd concentrations is determined by local emission sources (e. g. traffic in the Inn valley) and the amount of precipitation. Previous investigations revealed a high correlation between the concentration of individual heavy metals and the amount of precipitation. Strongly elevated levels as determined in the Salzkammergut or the Mariazell area are mainly due to high precipitation rates (median 0.25 µg/g).

Co (cobalt): The concentrations of cobalt are low. In some places elevated levels are of geogenic origin (ultra-basic rocks, ophiolites). Due to a lack of data from our eastern neighbours proof of transport from these areas could not be established (median 0.28 µg/g; > 50 % of all samples are below the detection limit).

Cr (chromium): The north east of Austria differs significantly from the other areas. A comparison of Austrian data with those from neighbouring countries has revealed that long-range transport from eastern countries (Slovak Republic, Czech Republic, Poland) plays an important role. Another reason for elevated concentrations are extensive agricultural areas lying periodically fallow (local deposition of airborne particles). One of the local hot spots caused by anthropogenic emissions is Linz, elevated levels in the Silvretta area are of geogenic origin (median 1.11 µg/g).

Cu (copper): The spatial distribution of copper concentrations indicates a larger number of local emission sources. Particularly striking is the situation in the Inn valley, which is affected by a number of environmental impacts, namely the emissions from the secondary copper reclamation plant Brixlegg, traffic, population density and the specific climatic conditions (median 5.9 µg/g).

Fe (iron): Significantly elevated levels were recorded in the north east of Austria. Potential emission sources correspond to those established for chromium (long-range transport, cultivation of the soil) (median 493 µg/g).

Hg (mercury): Concentrations significantly above average were found in the Inn valley, the western Lower Austrian foothills of the Alps, and the Walgau (province of Vorarlberg). Elevated concentrations observed in Leoben are due to emissions from the Donawitz plant working Hg-rich ores. Due to its high mobility and associated analytical difficulties it is difficult to give an exact account of Hg pollution (median 0.06 µg/g).

Mo (molybdenum): It is presumably due to the specific geological conditions that Mo concentrations are higher in the south of Austria than in the rest of Austria. The highest concentrations were recorded in the vicinity of the TCW works in Treibach (on average 7.66 µg/g in the deposition period 1993-1995; for comparison see median of all Austrian samples) (median 0.32 µg/g).

Ni (nickel): Elevated concentrations in the north east seem to be due to emissions from various combustion processes in the capital. Another aspect to be taken into account is the long-range transport from the east (above all from the Slovak Republic). In Austria the highest concentration was observed in the vicinity of the Treibach TCW works (11.4 µg/g) (median 1.3 µg/g).

Pb (lead): Elevated concentrations occur in areas characterised by high precipitation rates, along transit routes, and here especially from countries with a low share of lead-free petrol.

Lead depositions show a strongly decreasing trend (median 8.9 µg/g).

Ti (titan): Titan was analysed in order to determine potential secondary contamination of the moss samples with soil particles. Due to the selected method of digestion, results often indicate too low concentrations.

V (vanadium): The north east of Austria differs significantly from the other areas. Main emission sources are combustion processes in the Vienna area as well as refineries (above all in Bratislava). The highest concentrations were measured in the vicinity of the TCW works in Treibach. (14.7 µg/g) (median 1.3 µg/g).

Zn (zinc): The strongly elevated concentrations found in Linz (VOEST) and the Inn valley (Brixlegg, mineralisation, traffic) seem to be due to local emission sources. Here and there a correlation could be established with precipitation rates and emissions of geogenic origin (median 31 µg/g).

S (sulphur): Although no heavy metal, sulphur is an important indicator of anthropogenic emissions. Elevated concentrations occur in the vicinity of local emission sources (Linz, Vienna) and in areas characterised by a lot of precipitation (median 1110 µg/g).

Regional Survey

After removing the parallel samples and one sample that due to secondary contamination was not suitable for evaluation 219 samples were used to evaluate the conditions at the respective sites.

There are a couple of areas which showed strongly elevated levels of a number of heavy metals turning these areas into problem areas:

Particularly striking is the pollution load in the lower Inn valley (Cu, Cd, Pb, Zn, Hg) which is due to a variety of different factors, like traffic, larger single emission sources, higher population density, inverted atmospheric conditions). The north east of Austria is characterised by emissions from the conurbation Vienna (all kinds of combustion processes), intensive agriculture (e. g. increased share of remobilised soil particles containing heavy metals) and the long-range transport from the neighbouring Slovak Republic, Czech Republic and Poland. The south of Vorarlberg is also influenced by a number of parameters: emissions of geogenic origin in the Silvretta area, higher depositions from precipitation and local emission sources (traffic, domestic combustion units). The reasons for the in part strongly elevated concentration found in the south west of Lower Austria have not been determined yet. In addition to long-range transport local emission sources cannot be excluded.

The highest concentrations (absolute peak values) of Mo, Ni and V have been recorded in the vicinity of the TCW works in Treibach. Since the used method measures atmospheric depositions of 1993-1995 it can be assumed that the concentrations found were actually caused by emissions from the works.

The samples from large parts of Eastern Tyrol, Carinthia, and the south east of Styria show primarily elevated heavy metal concentrations of geogenic origin.

Figure A shows the heavy metal deposition in Austria in the period 1993-1995. This map shows the sum of all deviations of single heavy metal concentrations with reference to the corresponding median for the whole of Austria. The above mentioned areas and the single emission sources can be clearly distinguished in the map.

Heavy metal depositions as compared to the sampling from 1991

A comparison of depositions of the two sampling periods can be easily made since a large number of samples were taken from sites already sampled in 1991. For nearly all of the investigated heavy metals a in part strong decrease of average concentrations (e. g. Pb -44 %, Cd -27 %) could be established. However, it can not be totally ruled out that the lower concentrations are at least for some elements (e. g. Cr, As) due to the different analytical methods used.

Accompanying scientific investigations

Calculation of deposition rates: A number of different approaches were used to determine deposition rates from the concentrations found. To this end comparisons were established by means of data from Wet and Dry Only Samplers (WADOS). No correlation could be found between concentrations from wet deposition taken from the samplers and the moss samples taken at the same time. The main reason for this seems to be the fact that from the WADOS only data on wet deposition were available. And this although especially in the case of some heavy metals dry deposition plays a significant role. This is why the coefficients for the adsorption capacity of the individual heavy metals were developed from literature (efficiency factor). These coefficients together with the data on biomass increase obtained from this study were used to calculate deposition rates by means of the formula $C \cdot A / E$ (C =concentration; A =biomass of the species used for monitoring; E =efficiency factor). The increase in biomass may only be averaged for regional deposition calculations; for the calculation of site-related deposition rates exact growth data of the respective site are required.

Comparative studies with humus samples: Due to the co-operation with the Federal Forest Research Center humus samples taken in the course of the Forest Condition Survey were available. In the beginning it was planned to make comparative investigation of moss and humus samples an integral part of the international programme. However, due to huge differences in the methods applied, these investigations had to be limited to the national level. In total, such comparisons could be made at 137 sampling sites. But due to the differences in sampling sites (clearances in the moss study, forest sites in the Forest Damage Monitoring System) comparability of data is rather limited. As expected, due to the longer accumulation time concentrations are markedly higher in humus samples than in moss samples. A significant correlation could only be established for Cd, Cu, and Ni. Presumably the changes in heavy metal depositions over the years play an important role (e. g. with Pb). The low correlation of most results is another factor ruling out secondary contamination of mosses with soil particles, at the same time confirming the assumption of a mostly atmospheric input of the concentrations measured in the moss samples.

Analysis of the annual increase in biomass of the species used for monitoring: In order to allow comprehensive sampling of the east of Austria which is characterised by pannonian climate *Abietinella abietina* was included in the sampling programme. First, the suitability of this moss species had to be determined. This was done by analysing annual growth rates

(length and weight/shoot) and by establishing correlations with species known to be suitable for indicating heavy metal retention efficiency (regressions, quotients). According to the results *Abietinella abietina* is a species most suitable for this programme and should at least in Austria be given preference to *Hypnum*.

In order to calculate deposition rates exact data on the annual increase in biomass per area unit are indispensable. Therefore 90 moss samples were taken from specified unit areas at 54 sampling sites and analysed. Annual average increases in biomass amounted to: 127 g/m² for *Hylocomium splendens*, 161 g/m² for *Pleurozium schreberi*, 188 g/m² for *Hypnum pressiforme* and 144 g/m² for *Abietinella abietina*; biomass in dry weight. Due to the in part wide variations deposition calculations should always be based on sampling per unit area.

Maps

Interpolated maps are graphical representations of concentrations measured at the individual sites. This kind of representation does not take into account the spatial and topographical parameters influencing heavy metal deposition. Projections of concentration patterns for areas not actually sampled is restricted to sites which fulfil the general sampling criteria. The maps containing points representing measured values, however, do reflect the actual situation.

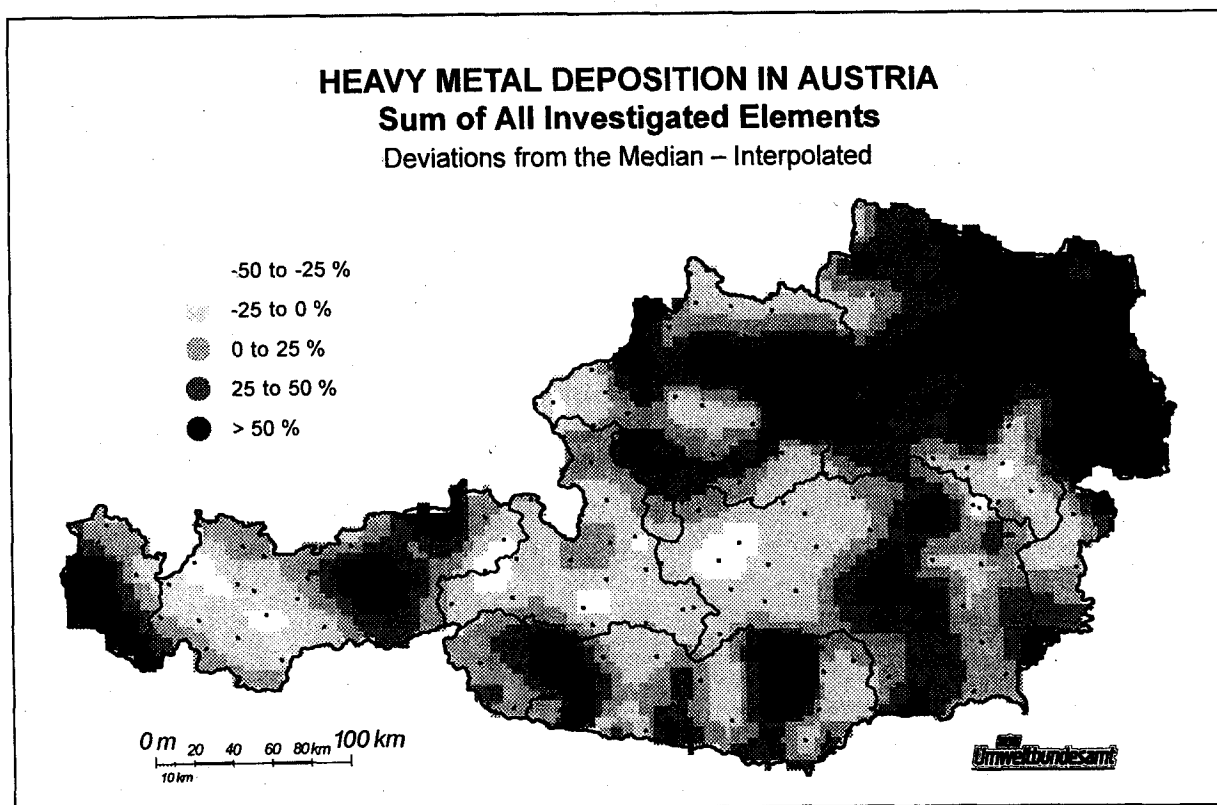


Fig. A: Map of the sums of heavy metal deposition in Austria; derived from the individual deviations from the Austrian median.

1 EINLEITUNG

Moose finden seit den 60er Jahren eine immer breitere Verwendung als Bioindikatoren. Dabei werden sie einerseits als passive *Reaktionsindikatoren* zur Erfassung von Luftschadstoffen eingesetzt, ohne daß es dabei aber zu einer klaren Trennung der einzelnen Einflußfaktoren wie SO₂, Fluor, NO_x und anderen Schadstoffen kommen kann (LEBLANC & DE SLOOVER, 1970; NORDHORN-RICHTER & DÜLL, 1982; ZECHMEISTER, 1996).

Zur Untersuchung ausgewählter Stoffgruppen hingegen werden Moose als *Akkumulationsindikatoren* (Biomonitore i. e. Sinn; ZECHMEISTER, 1994) verwendet. Dabei haben sie sich vor allem zur Quantifizierung von atmosphärischen Schwermetalleinträgen bewährt. Es gibt wohl kaum eine zweite Organismengruppe, welche sich dafür so gut eignet wie die Moose. Die Gründe sind wie folgt:

- Die Nährstoff- und Wasserversorgung erfolgt bei den verwendeten Monitoringarten ausschließlich über atmosphärische Einträge (nasse und trockene Depositionen; BROWN & BATES, 1990). Durch eine fehlende Cuticula werden die Ionen ungehindert von den in den Zellwänden vorhandenen Austauschkapazitäten (Polyuronsäuremoleküle u. a.) aufgenommen. Die Aufnahme ist passiv und somit weitgehend unabhängig von stoffwechselabhängigen Prozessen (BROWN, 1984). Die Aufnahmereaktion ist ein einfacher Substitutionsprozess, dabei werden polyvalente Ionen (wie Schwermetalle) selbst bei einem hohen Anteil an konkurrenzierenden, physiologisch relevanten Ionen weitgehend ungehindert aufgenommen. Hohe Temperaturen und pH-Werte <4 beeinflussen aber die Aufnahmereaktionen (GJENGEDAHN & STEINNES, 1990). Die Aufnahmeraten für die einzelnen Schwermetalle schwanken zum Teil stark. Dies ist auch einer der Hauptansatzpunkte für Kritik und künftige Forschungen (RÜHLING & TYLER 1970, ROSS, 1990, BERG *et al.* 1995; siehe auch Kapitel 3.8). Die Aufnahmekapazitäten bei den unterschiedlichen Monitoringarten sind aber durchaus vergleichbar (THÖNI 1996, siehe auch Kapitel 4). Die Ausschwemmung trocken deponierter Partikel beträgt nach TAYLOR & WHITERSPOON (1972) deutlich weniger als 20 %.
- Aufgrund ihrer Wuchsform und dichten Beblätterung kommt es zu einer effizienten Filtrierung der Luft. Die Wuchsform (Filze, im Sinne von MÄGDEFRAU, 1982) gewährleistet, daß die untersuchten Teile der Pflanzen nicht mit Bodenteilchen in Kontakt kommen und somit sekundär kontaminiert werden.
- Die Identifizierung der annualen Zuwächse ist bei den eingesetzten Monitoringarten möglich (ZECHMEISTER 1995b, siehe auch Kapitel 4), womit eine zeitliche Zuordnung der analysierten Konzentrationen gewährleistet wird. Dadurch wird es erst ermöglicht, daß mittels einer einzigen Aufsammlung die Depositionen der letzten Jahre exakt erfaßt und quantifiziert werden können. Dies stellt wohl einen der größten Vorteile dieser Methode gegenüber anderen Biomonitoringmethoden dar. Darüberhinaus ermöglicht die exakte zeitliche Zuordnung auch das Verfolgen von mittel- und längerfristigen Veränderungen der Schwermetalldepositionen an exakt denselben Orten und Regionen (z. B. RÜHLING, 1994a, siehe auch Kapitel 3.6 und 3.7).
- Aufgrund zahlreicher Untersuchungen der jüngeren Vergangenheit (BERG *et al.*, 1995; ZECHMEISTER 1995b; THÖNI, 1996, siehe auch Kapitel 3.8 und 3.9) ist neben der Erfassung der Konzentrationen in Moosen erstmals auch eine Umrechnung auf Depositionswerte pro Flächeneinheit machbar.
- Zusätzlich ist eine äußerst korrekte Quantifizierung der deponierten Schadstoffe möglich, weil durch die langzeitige Anreicherung die Konzentrationen in den untersuchten Arten höher sind und somit Meßfehler einen geringeren Stellenwert einnehmen als dies oft bei der Analyse technisch gesammelter Einträge (z. B. mittels Bergerhoff) mit geringen Konzentrationen der Fall ist.

- Daneben gelten auch für die 'Moosmethode' die allgemeinen Vorteile von Biomonitoringmethoden wie die Unabhängigkeit von Energieversorgung oder der Umstand, daß kein technischer Aufwand in der Errichtung und Betreuung von Meßstationen notwendig ist. Diese Gründe münden allesamt in einem deutlich geringeren finanziellen Aufwand der Biomonitoringmethoden gegenüber technischen Überwachungsmethoden (z. B. MARTIN & COUGHTREY, 1982).

Im Sinne der Verwendung von Moosen als Akkumulationsindikatoren (RÜHLING, 1994a, b) wurden in Österreich vier Moosarten (*Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Hypnum cupressiforme* und *Abietinella abietina*) gesammelt und auf ihre Gehalte an Arsen (As), Cadmium (Cd), Kobalt (Co), Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Eisen (Fe), Quecksilber (Hg), Molybdän (Mo), Nickel (Ni), Blei (Pb), Titan (Ti), Vanadium (V), Zink (Zn) und Schwefel (S) analysiert.

Neben weitläufigen statistischen Analysen und flächendeckender Aussagen mittels in Moosen gemessener Konzentrationen, wurden in dieser Studie auch umfangreiche Untersuchungen zur Umrechnung von Konzentrationen auf Flächendepositionen durchgeführt. Dabei wurden einerseits vergleichende Untersuchungen mit technischen Depositionssammlern (Wados) durchgeführt, andererseits eine intensive Evaluierung über die Kenntnis der annuellen Biomassezuwächse der Monitoringarten betrieben.

Weiters wurden die Ergebnisse der vorliegenden Studie (Aufsammlung 1995) mit den Daten der Aufsammlung 1991/92 verglichen (ZECHMEISTER, 1994) sowie mit den Ergebnissen der Bodenproben ausgewählter Flächen der Waldbodenzustandsinventur (MUTSCH, 1992a, b).

2 METHODIK

2.1 Probenahme

2.1.1 Standorte

Internationale Vorgaben zur Flächenauswahl

Unabhängig von den nationalen Überlegungen zur standörtlichen Probepunkteauswahl wurden für das europäische Gesamtprojekt international gültige Rahmenbedingungen zur Flächenauswahl vorgegeben. Jeder Sammelpunkt hatte demnach folgende Bedingungen zu erfüllen:

- Mindestabstand von Hauptstraßen (Autobahnen, Hauptdurchzugsstraßen) und größeren Siedlungen: 300 m.
- Mindestabstand von kleineren Straßen und freistehenden Häusern: 100 m.
- Mindestabstand von Forstwegen (geschottert, verfestigt): ca. 5 m.
- Für größere Talungen im Alpen- bzw. Karpatenraum wurde eine Mindesthöhendifferenz zwischen Talboden und Sammelpunkt von ± 500 m beschlossen.
- Die Aufsammlung sollte in für die einzelnen Regionen typischen Ökosysteme erfolgen. Waldökosysteme werden dabei bevorzugt. Die Entfernung zum nächsten Baum oder Strauch ist so groß wie möglich zu halten (3 m Mindestabstand von der Bodenprojektion der äußersten Äste). Der Entnahmepunkt muß in jedem Fall außerhalb des regelmäßigen, direkten oder indirekten Abfluß- oder Tropfbereiches diverser Gehölze liegen.
- Die Abschirmung durch Zwergsträucher oder andere höhere Pflanzen (z. B. Hochstauden, Gräser) soll vermieden werden.
- Unmittelbare Entnahmeflächen sollen sich in ebener Lage befinden (z. B. nicht auf Steilflächen von Strünken oder Felsen) und nicht im Einflußbereich von oberirdisch abfließendem Wasser (z. B. periodisch trockenfallendes Gerinne) liegen.
- Die Flächengröße eines Sammelpunktes umfasst maximal 50 x 50 m.

Zusätzliche nationale Richtlinien zur Flächenauswahl

- In Österreich wurde ein Mindestabstand von Hochspannungsleitungen und -masten (300 m) eingehalten.
- Bevorzugt wurde die Aufsammlung an Lichtungen bzw. kleinen Schlagflächen innerhalb von Wäldern durchgeführt.
- Falls geeignete Waldgebiete nicht zur Verfügung standen, wurde auf offene Moorflächen, Trockenrasen, Zwergstrauchheiden oder Raine ausgewichen.
- In erster Linie wurden Bodenmoose gesammelt, in einzelnen Fällen auch Felsmoose. Die Aufsammlung von *Hypnum* erfolgte mit Ausnahme der Region 2 nur von den Schnittflächen größerer Baumstrünke (SCHMID-GROB et al., 1992).
- Die Sammelmenge betrug nach Möglichkeit ca. 2 l der jeweiligen Moosart, welche anschließend in Papiersäcken verpackt wurden. Die gesammelten Moosproben wurden am Standort von größeren Schmutz und Streupartikeln gesäubert, außerdem wurden die zu verstauenden Moosteilproben 'top on top' eingelegt um eine Kontamination der zu analysierenden Teile mit eventuell anhaftender Erde zu vermeiden.
- Die Proben von Standorten mit technischen Meßgeräten sowie weitere 44 Standorte wurden flächenbezogen besammelt.
- Rauchen war während der Aufsammlung strikt untersagt. Die gesammelten Moose sollten nach dem Verpacken nicht mehr geöffnet werden.

Die genannten Bestimmungen waren gegenüber früheren Projekten (u. a. auch der Österreich-Aufsammlung 1991) in einigen Punkten modifiziert worden. Derartige Veränderungen betrafen vor allem die Höhenlage von Probepunkten in größeren Talungen (z. B. Inntal; siehe auch ZECHMEISTER 1994, 1995a) oder die Entfernungen von Hochspannungsleitungen.

Die Probenahmepunkte (Karten 1a und 1b; Anhang 1)

In Österreich wurden an **220 Standorten** Proben entnommen. Die Gesamtzahl der entnommenen Proben (incl. diverser Vergleichsproben) betrug 232. Die Auswahl der Probepunkte erfolgte nach mehreren Gesichtspunkten.

Oberstes Auswahlkriterium war ein flächendeckendes Netz über das gesamte Bundesgebiet. Andererseits wurde versucht, die derart eruierten Probepunkte mit den Untersuchungsflächen anderer immissionsökologischer Forschungsgruppen zu verbinden.

Die wichtigsten Kooperationspartner waren dabei

- *Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien*: Aufsammlung an 140 ausgewählte Flächen der Waldbodenzustandsinventur; davon 17 'level II-Flächen', das sind Flächen mit besonders intensiver und fortgesetzter Überwachung.
- *Umweltbundesamt*: 20 Flächen Untersuchungsprogramm Weiss, 6 Vergleichsflächen mit WADOS (Gruppe Ökologie); 1 Fläche innerhalb des Integrated Monitoring Programmes.
- *Amt der Salzburger Landesregierung*: 2 Vergleichsflächen mit WADOS (Thaller)
- *Magistratsabteilung 22, Wien*: 1 Vergleichsfläche mit WADOS (Kreiner)
- *Technische Universität Wien*: Datenkoordinierung WADOS (Kalina)
- *Tiroler Landesforstdirektion Abt. III f3*: Beratung bei der Auswahl der Tiroler Probeflächen (Stöhr, Seitz)
- Weiters wurden ein Großteil (28) der im Zuge der Pilotstudie 1991 beprobten Standorte wieder besammelt. Nicht besammelt wurden die Standorte S: 1, 2, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 18, 19, 28, 42 (Benennung nach ZECHMEISTER, 1994). Diese liegen entweder in unmittelbarer Nähe zu einem der anderen Standorte aus dem Jahre 1991 oder in der weiteren Umgebung eines technischen Meßgerätes, wobei aus Vergleichsgründen einer Beprobung des letzteren Standortes der Vorzug gegeben wurde.

Da die Untersuchungsprogramme der genannten Institutionen auch schon bisher zum Teil auf identen Flächen ablaufen, ergibt sich eine Gesamtsumme von 178 Vergleichsstandorten mit anderen Forschungsgruppen. Die restlichen Probepunkte (42) wurden mit dem Hintergrund einer räumlichen Gleichverteilung frei vergeben.

Die Aufsammlung selbst erfolgte entweder direkt am vorgegebenen Zielpunkt (Kennzeichnung in der ÖK, bei FBVA-Punkten incl. detaillierter Anfahrtsbeschreibung) bzw. durch $\pm$ radiäre Entfernung von diesen Ausgangspunkten oder durch Aufsammlung in einer auf der Karte angegebenen Richtung. Es wurde versucht, die Entfernung von den vorgegebenen Ausgangspunkten möglichst gering zu halten, insbesondere an den Vergleichsstandorten mit technischen Meßgeräten (WADOS). In Einzelfällen war den Probewerbern die freie Entscheidung über den genauen Beprobungspunkt innerhalb eines Zielareales selbst überlassen.

In Übereinstimmung mit den wichtigsten Teilnehmerländern am internationalen Projekt wurde damit in Österreich eine Probedichte von ca. 2,5 Standorten pro 1000 km² erzielt.

Statistische Aufgliederung der Probepunkte

Bundesländer:

Burgenland (12), Niederösterreich (45), Oberösterreich (32), Steiermark (41), Kärnten (26), Salzburg (18), Tirol (36), Vorarlberg (10).

Die Zahl der Probepunkte entspricht weitgehend den Flächenanteilen der jeweiligen Bundesländer.

Regionen:

Wie schon in der Pilotstudie (ZECHMEISTER, 1994) hat sich eine Gliederung Österreichs in Raumtypen bewährt. Dabei wurde überwiegend der Gliederung von NOWAK (1990) gefolgt. Korrekturen dieses Systems betrafen nur die Eingliederung größerer Beckenbereiche in verwandte Raumtypen (Karte 1c).

- Region 1 (Kristallines Mittelgebirge): 23 Probepunkte
- Region 2 (Nordosten Österreichs): 21 Probepunkte
- Region 3 (Berg- und Vorland der Südostabdachung): 16 Probepunkte
- Region 4 (Nördliches Alpenvorland): 21 Probepunkte
- Region 5 (Flysch- und Kalkalpen): 50 Probepunkte
- Region 6 (Kristalline Zentralalpen): 74 Probepunkte
- Region 7 (Südalpen, incl. Klagenfurter Becken): 15 Probepunkte

Der höchst Sammelpunkt liegt auf 1840 m (ÖK 173, Sölden), der niedrigste auf 110 m (ÖK 109, Pamhagen) Seehöhe.

Geographisch erstrecken sich die Punkte zwischen 9°41'05" und 17°04'10" geographischer Länge und zwischen 46°27'30" und 48°56'40" geographischer Breite.

2.1.2 Moosarten

Für den europäischen Gesamtrahmen des Projekts wurde die Reihung in der Sammelpräferenz mit *Pleurozium schreberi* vor *Hylocomium splendens* angegeben. Als erste Ersatzart sollte den internationalen Vorschlägen entsprechend *Hypnum cupressiforme* dienen.

Die Reihenfolge der Hauptpräferenzarten konnte auch in Österreich eingehalten werden. Ausgehend von den Erfahrungen aus der Pilotstudie (ZECHMEISTER, 1994) sowie aus solchen, welche im Zuge der Aufsammlung im Pannonikum gemacht wurden, mußte *Abietinella abietina* als erste Ersatzart für die Region 2 dienen. In allen anderen Regionen wurde *Hypnum cupressiforme* als Ersatz verwendet.

Die Anzahl der gewonnenen Proben pro Art sowie ihr prozentueller Anteil an der Gesamtmenge aller Standorte ist in Tabelle 1 ersichtlich.

Tab. 1: Anzahl der beprobten Moosarten.

Moosart	Anzahl der Standorte	% der Gesamtstandorte
<i>Pleurozium schreberi</i>	121	55 %
<i>Hylocomium splendens</i>	54	24,5 %
<i>Hypnum cupressiforme</i>	27	12,3 %
<i>Abietinella abietina</i>	18	8,2 %

Zusätzlich wurden 10 Proben von *Hypnum cupressiforme* und 2 Proben von *Rhytidium rugosum* zu Vergleichszwecken entnommen. Die **Gesamtzahl der analysierten Proben** beträgt somit **232**.

Vergleichsproben:

Abietinella/Hypnum: 7 Proben

Abietinella/Rhytidium: 2 Proben

Je eine Probe: *Abietinella/Hylocomium*, *Hypnum/Hylocomium*, *Hypnum/Pleurozium*.

Karte 1b gibt Auskunft über die an den jeweiligen Sammelpunkten verwendeten Moosarten.

2.1.3 Zeitpunkt der Aufsammlung

Die Aufsammlung erfolgte zwischen 28. August und 1. November. Die Vergleichbarkeit der Daten mit früheren Aufsammlungen bzw. mit denen anderer am Untersuchungsprogramm teilnehmender Länder ist gewährleistet.

2.2 Aufarbeitung der Proben

Nach Trocknung eines Großteils der Proben im Trockenschrank bei 35 °C sowie Lufttrocknung vereinzelter Proben wurden diese von sichtbaren Erd- und Detrituspartikel befreit.

Anschließend wurden die einzelnen Moosstämmchen auf die letzten drei Jahretriebe eingekürzt. Diese Arbeit basierte vorwiegend auf den Erfahrungen der Vorarbeiten von ZECHMEISTER (1994, 1995b) und einer intensiven Einschulung der Mitarbeiter. In manchen Fällen waren die dreijährigen Triebe bereits teilweise oder vollständig dekompostiert und es wurden nur mehr zweijährige Triebe für die Analyse aufbereitet.

Die Mindestmenge der aufgearbeiteten Proben betrug 5 g Trockengewicht.

90 Proben von 54 Standorten wurden zudem flächenbezogen aufbereitet. Die Flächen der auf diese Weise aufgearbeiteten Proben schwanken zwischen 9 cm² und 100 cm².

Die vollständig aufbereiteten Proben wurden am 28. November 1994 dem Umweltbundesamt in Wien zur Analyse übergeben.

2.3 Analytik

Die Moosproben wurden im Labor des UBA bei 40 °C im Trockenschrank nachgetrocknet. Anschließend wurden sie unter flüssigem Stickstoff in einer Porzellanschale vermahlen.

2.3.1 Aufschluß

Für den Perchlorsäure-Aufschluß der Moosproben wurden jeweils 1 g Probe analytisch genau in einen Quarzkolben eingewogen und mit 5 ml konzentrierter Salpetersäure s.p. (65 %) versetzt und gut durchfeuchtet. Anschließend wurde 1 ml konzentrierte Perchlorsäure s.p. (70 %) zugesetzt und die Proben über Nacht stehen gelassen. Der Aufschluß erfolgte automatisch in Quarzaufschlußgefäßen mittels Kjeldatherm-Aufschlußblock. (Aufschlußprogramm: 30 min 60 °C, 40 min 200 °C, 10 min Abkühlen). Nach dem Aufschluß wurden die Proben in 100 ml Quarzmeßkolben übergeführt und mit Reinstwasser bis zur Marke aufgefüllt. Anschließend wurden die Lösungen über Faltenfilter filtriert.

2.3.2 Bestimmung

Die Bestimmung der Gehalte an Blei, Vanadium, Schwefel, Zink, Eisen, Kupfer, Titan, Chrom, Nickel, Cadmium, Cobalt und Molybdän erfolgte mittels ICP-AES-Gerät Optima 3000 XL, Fa. Perkin Elmer, in Anlehnung an ÖNORM M 6279. Die Arsen- und Quecksilberbestimmung erfolgte mittels Kaltdampf-/Hydridtechnik mittels Fließinjektion FIAS 200 in Verbindung mit Atomabsorptionsspektrometer 1100 B, Fa. Perkin Elmer in Anlehnung an DIN 38405, TI. 18 (Arsen) sowie DIN 38406, TI 12 (Quecksilber).

Da für Titan andere Aufschlußbedingungen notwendig wären, hat es vereinzelt Minderbefunde gegeben.

2.4 Statistik

In der beschreibenden Statistik wurden die gängigen Verfahren (Mittelwerte, Mediane, Standardabweichung, Standardfehler, Minimum, Maximum, Variationskoeffizient) sowie die Darstellung der Ergebnisse mittels 'Box & Whisker Plots' sowie 'Notched Box & Whisker Plots' gewählt.

In Abb. 1 ist ein Modell für die Darstellungsform der "Notched Box & Whisker Plots" dargestellt. Durch diese Diagramme wird die Lage, Streuung und Schiefe einer Meßwertreihe dargestellt. Während die "boxes" den Hälftespielraum eingrenzen, geben die "whiskers" Auskunft über die Variabilität. Extrem abweichende Werte sind als einzelne Sterne markiert. Der Abstand des ersten und dritten Quartils vom Median gibt Auskunft über die Verteilung (Schiefe) der Daten. Innerhalb der Schräge der Kastenseiten liegt überdies das 95 % Vertrauensband des Medians, welches sich auf die Grundgesamtheit aller Daten bezieht. Wenn sich die Schrägen zweier "boxes" nicht überlappen, liegt ein signifikanter Unterschied im Datenmaterial vor. In einigen Diagrammen dieser Studie sind teilweise die 25 Perzentilgrenzen geringer als das Vertrauensband, dadurch kommt es zur Bildung von "Umschlagzonen". Ursache dafür ist zumeist eine zu geringe Datenmenge; die Güte der Aussagekraft dieses Bereiches der Box ist beschränkt. Die Breite der "boxes" ist proportional zur Anzahl der Daten, welche durch die "box" repräsentiert werden.

Als Tests zur Überprüfung der inneren bzw. gegenseitigen Schwankungsbreite des Datenmaterials wurde zur Auswertung der Wachstumsdaten eine einfache Varianzanalyse (one-way analysis) sowie eine Mehrfach-Varianzanalyse (multifactor-analysis) durchgeführt. Als Grundlage diente der Tukey's range Test.

Zur Überprüfung von gegenseitigen Beziehungen im Datenmaterial wurden einerseits einfache lineare Regressionen, andererseits der jeweilige Maßkorrelationskoeffizient errechnet. Außerdem wurden Hauptkomponentenanalysen durchgeführt und Korrelationsmatrices ermittelt.

An Signifikanztests wurden je nach Anwendbarkeit der t-Test nach Student, die Signifikanzprüfung für den Maßkorrelationskoeffizienten sowie die Varianzanalyse zur Überprüfung des Regressionskoeffizienten durchgeführt.

Als Signifikanzniveau für alle Signifikanztests wurde $p = 0.05$ festgelegt.

Für die statistischen Berechnungen wurden an Stelle jener Werte, welche unter der Nachweisgrenze lagen, die halben Nachweisgrenzwerte als numerischer Parameter eingesetzt (z. B. $< 0,25 = 0,125$).

Die Durchführung der statistischen Berechnungen erfolgte mittels der Statistik-Programme 'Statgraphics, 5.2' und 'SPSS for Windows, 6.01' am Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien.

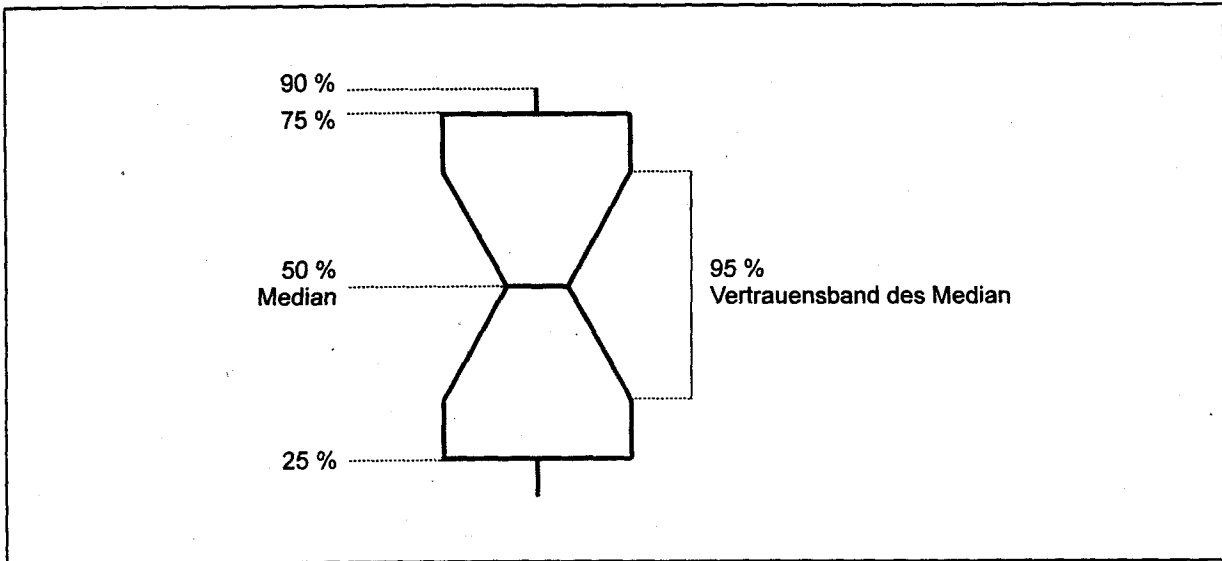


Abb. 1: Modell eines 'Notched Box & Whisker Plots'.

2.5 Erstellung der Punktkarten bzw. der interpolierten Karten

(von U. Falkner)

Die Darstellung der Analysenergebnisse sowie die flächenhafte Modellierung der Belastungswerte erfolgt mit dem Geographischen Informationssystem des Umweltbundesamtes. Es besteht aus dem Integrgraph-System MHE (Modular GIS Environment), den notwendigen Modulen zur raster- und vektorbasierten Verarbeitung räumlicher Daten sowie einer Informix-Datenbank. Der Datenbestand läßt sich mit allen anderen im Geographischen Informationssystem geführten Daten (z. B. topographische Daten, Landnutzung etc.) kombinieren und bearbeiten.

Als Darstellungsform wird einerseits die Punktkarte, andererseits die flächenhafte Darstellung gewählt.

In den Punktkarten werden Meßstellen abhängig von den jeweiligen Analysewerten einzelnen Klassen zugeordnet und entsprechend eingefärbt.

Für die flächenhafte Darstellung wird zuerst mittels Dreiecksvermaschung zwischen den einzelnen Probenahmestellen ein TIN-file (Triangulated Irregular Network) berechnet und anschließend ein regulärer Raster generiert. Als Interpolationsalgorithmus wird die 'Surface Trend' – Methode verwendet, wobei ein multiquadratischer, biharmonischer Algorithmus aus dem TIN-Modell einen regelmäßigen Raster (Auflösung $4 \times 4 \text{ km}^2$) erzeugt. Für die Darstellung werden dann die berechneten Rasterfiles mit Hilfe von 'Maskenfiles' auf das österreichische Staatsgebiet zugeschnitten und die interpolierten Werte einzelnen Klassen zugeordnet. Das Ergebnis sind Karten, die einen Überblick über die räumliche Konzentrationsverteilung geben, für Detailaussagen sind sie jedoch nur bedingt geeignet.

3 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Von den 232 geworbenen Proben wurden 231 zur nationalen Auswertung herangezogen.

Im Unterschied zu einigen anderen Ländern (CH, BRD) wurden für die statistische Bearbeitung des Datenmaterials Proben mit erhöhten Werten bei einzelnen Elementen nicht eliminiert, zumal wenn bei diesen Proben keine eindeutige Indikation für Sekundärverunreinigung z. B. mit Bodenteilchen vorlag. Da in der vergleichenden Statistik primär mit dem Median gearbeitet wurde, spielen diese einzelnen Ausreißer außerdem nur eine geringe Rolle.

Nur die Probe mit der Bezeichnung 2-60-1 HP wurde vollständig von einer Beurteilung ausgenommen. Aufgrund der stark erhöhten Konzentrationen bei einzelnen Elementen (Fe, Cr, V und As) und im besonderen des hohen Titangehaltes konnte auf eine überdurchschnittliche Kontamination der Probe mit Bodenteilchen geschlossen werden. Diese genannten Elemente wurden auch in anderen Fällen als Indikatoren für Bodenverschmutzung herangezogen, wobei besonders dem Titan eine bestimmende Rolle zukommt (BROWN & BROWN, 1990).

Da aber bei der Erstellung der interpolierten Karten einzelne, stark erhöhte Werte eine größere Region in nicht zu rechtfertigender Weise mitbeeinflussen, wurden für diese Darstellungsform jene Ausreißer, für welche keine fundierten Gründe, wie lokale Emittenten größeren Ausmaßes vorliegen, eliminiert.

Dies gilt in gleicher Weise für jene Daten, welche für den internationalen Bericht weitergeleitet wurden. Dem zufolge konnten folgende Werte nicht berücksichtigt werden: Cr in 1-31-1-P; Ni in 5-101-1-H und As in 6-150-1-P. Diese Werte sind in der Gesamttabelle im Anhang mit * gekennzeichnet. Die Daten des Sammelpunktes 4-64-1-HP weisen eine Reihe von Inkohärenzen auf, eine Bodenkontamination bzw. ein Traufeinfluß kann nicht ausgeschlossen werden. Aus diesem Grund wurde dieser Sammelpunkt von der interpolierten Kartendarstellung ausgenommen, nicht aber von der Punktkartendarstellung bzw. den statistischen Berechnungen.

Im Falle der Parallelproben, welche primär zur Korrelation unterschiedlicher Moosarten gesammelt wurden, beschränkt sich die flächenbezogene statistische Auswertung auf die in der jeweiligen Region meist vertretene Sammelart. So werden z. B. in der Region 2 nur die Daten von *Abietinella abietina* verwendet und nicht auch jene von den parallel geworbenen Proben von *Hypnum cupressiforme*.

Nur die Darstellungsweise der „notched box & whisker plots“ umfaßt die gesamte Datenmenge, einschließlich der Parallelproben. In dieser Darstellungsform kann die gesamte Datenmenge ohne Beeinträchtigung statistischer Folgeschritte am besten überblickt werden.

Im folgenden sind die Ergebnisse einerseits nach Themenschwerpunkten (z. B. Elementen, Bundesländern) gegliedert. Die Angaben zu natürlichen Vorkommen, Verwendung, Hauptemissionsquellen und die Auswirkungen auf die Umwelt sind nur kurz gehalten. Für eine eingehend Behandlung dieser Themen wird auf die weiterführende Literatur verwiesen. Falls nicht weiter angegeben beruhen die Angaben in den Kapiteln 'Allgemeines' auf folgender Literatur: CHRISTEN (1973); LEHNINGER (1977); ADRIANO (1986); PACYNA & OTTAR (1989); MERIAN (1991); MARKERT (1992); VERNET, (1991); VERRY & VERMET (1992) und STREIT (1994).

3.1 Ergebnisse gegliedert nach Elementen

3.1.1 Arsen (As)

3.1.1.1 Allgemeines

Arsen [Ordnungszahl (OZ) 33; Relative Atommasse (AM) 74,9] gilt als Halbmetall und wird demnach nicht zu den eigentlichen Schwermetallen gerechnet. In Bezug auf Vorkommen und Toxikologie ist besonders das Arsentrioxid (As_2O_3) bedeutsam, welches partikulär in der Luft vorkommt. Der Hauptaufnahmeweg für Arsenverbindungen sind beim Menschen die Atemwege. Arsen ist für Pflanzen nicht essentiell, bei Wirbeltieren dürfte ein Mangel negative Folgen auf Wachstum und Fortpflanzungsfähigkeit haben. Arsen gilt bei Säugetieren als karzinogen.

Arsen steht an 52. Stelle in der Häufigkeitsliste der Elemente der Erdkruste. Arsen kommt einerseits gediegen als Scherbenkobalt vor, das wichtigste Arsenerz ist Arsenkies (FeAsS). Stein- und vor allem Braunkohle enthalten Konzentrationen bis zu 1500 $\mu\text{g/g}$. Durchschnittlich finden sich im Boden 3 $\mu\text{g/g}$, wobei der Auflagehorizont die geringsten Konzentrationen zeigt (z. B. SALZBURGER BODENZUSTANDSINVENTUR, 1993).

Die weltweite As-Emission geschieht einerseits über natürliche vulkanische Aktivitäten, andererseits vor allem über Verbrennungsprozesse (Flugasche von Kohlekraftwerken), Erzverarbeitung, industrielle Verarbeitung von As-Verbindungen und durch die direkte Verwendung von Arsen in der Landwirtschaft. Letztere ist weltweit gesehen für ca. 50 % des Gesamtverbrauchs an As verantwortlich (ADRIANO, 1986). Arsen wird vor allem als Kupferarsenitacetat für unterschiedlichste Pestizide (Herbizide, Insektizide, Fungizide, Rodentizide etc.) eingesetzt. Weiters findet es auch als Holzschutz- oder Desinfektionsmittel weite Verwendung.

In Österreich wird Arsen primär durch Holzheizungen und Kohlefeuerungen freigesetzt. Diese beiden Verbrennungsprozesse machen 50 % bzw. 25 % der Gesamtemission aus. In geringem Umfang scheinen Verhüttungsprozesse sowie die metallurgische Industrie an der Freisetzung ebenfalls beteiligt. Die in Österreich emittierte Menge Arsen beträgt ca. 5 Tonnen pro Jahr (WINIWARTER & SCHNEIDER, 1995).

3.1.1.2 Österreich gesamt

Der Mittelwert aller As-Konzentrationen liegt bei 0,16 $\mu\text{g/g}$, mehr als die Hälfte aller Proben liegen unter der Nachweisgrenze ($< 0,13 \mu\text{g/g}$), der größte Wert bei 1,34 $\mu\text{g/g}$.

3.1.1.3 Regionale Verteilung

Wie in den Karten 2a und 2b ersichtlich weist besonders der Nordosten Österreichs relativ hohe As-Konzentrationen auf. Da dies primär die Region 2 betrifft, spiegelt sich dies auch in der Abb. 2 wider. Kein einziger Standort in dieser Region zeigt Konzentrationen unter der Nachweisgrenze. Die Ursachen für die erhöhten Werte im Nordosten sind vielschichtig. Im Ballungsraum Wien dürften Emissionen des Hausbrandes und von Wärmekraftwerken, in Kombination mit den Hauptwindrichtungen (WNW; SO) zum vorgefundenen Verteilungsmuster beitragen. Lokale Emissionsquellen wie die Zementindustrie (z. B. Standort 2-77-1-A) sind nicht außer Acht zu lassen. Eine weitere, vielleicht die bedeutendste Rolle dürfte der Ferntransport aus der Slowakei, Tschechien und Polen spielen. Die angrenzenden Slowakischen Probenahmepunkte gehören zu den höchstbelasteten Sammelpunkten Europas (MANKOVSKA, pers.Mitt.), als Hauptemissionsquelle gilt die in Bratislava ansässige Raffinerie. Der Ferntransport aus den polnischen Stahlrevieren um Krakau/Kattowitz, vor allem bei Nordostwind (Winter) dürfte, wie auch die tschechischen Daten zeigen, wesentlich sein. Leichte Sekundärverunreinigungen durch Bodenpartikel sind aufgrund der offenen, windexponierten

Landschaft nicht völlig auszuschließen, sie sind aber sicherlich im Vergleich mit den anderen Einflußfaktoren von nur sehr geringer Bedeutung (keine erhöhten Konzentrationen an Bodenzeigerelementen wie Ti). Auf diesem Wege könnten auch Arsen-Altlasten im Boden auf die Moose übertragen werden. Die NIEDERÖSTERREICHISCHE BODENZUSTANDSINVENTUR (1994) weist für As eine Reihe anthropogen höher belasteter Probepunkte in dieser Region aus, die sich zum Teil mit den Punkten höherer Konzentration dieser Studie decken.

In den übrigen Regionen Österreichs gibt es nur punktuell erhöhte Werte. Dies betrifft einerseits die Bereiche um Steyr und Amstetten, die ehemaligen Braunkohlereviere im Hausruckgebiet, einen Sammelpunkt im Randbereich der Stadt Salzburg. Im unteren Inntal gibt es eine Vielzahl an Einflußgrößen, wie hohe Siedlungs- und Verkehrsdichte sowie metallherstellende- und verarbeitende Industrien. Überdies gibt es im Gebiet um Schwaz und Brixlegg As-haltige Erzvorkommen (THALMANN et al., 1989).

Erhöhte Werte im zentralalpinen Bereich (z. B. Kreuzeckgruppe) sind geogenen Ursprungs (THALMANN et al., 1989). Ganz allgemein sind die Gehalte an As in Böden über Glimmerschiefern und Gneisen deutlich höher als über den meisten anderen Böden (RUPPERT, 1991).

Aufgrund der Problematik in der As-Analyse und einem allgemeinen Grundsatz der Moosmethode folgend, dürfen erhöhte Einzelwerte nicht überbewertet werden.

Die Verteilungsmuster der interpolierten As-Karten in der Studie 95 und der Pilotstudie (in RÜHLING, 1994a) sind relativ ähnlich.

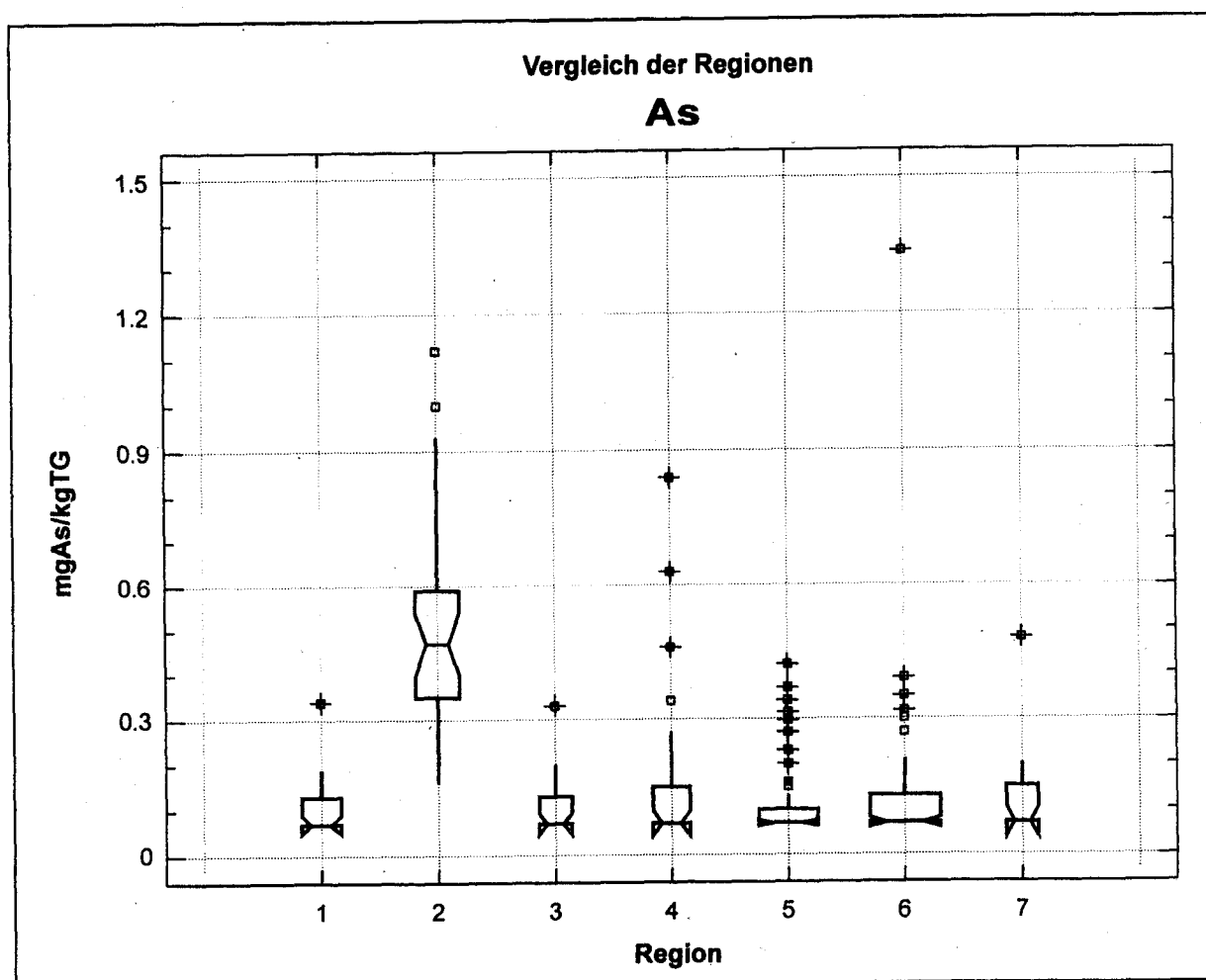


Abb. 2: „Notched box & whisker plots“ der Arsenkonzentrationen (mg/kg TG Moos) in den einzelnen Regionen.

3.1.2 Cadmium (Cd)

3.1.2.1 Allgemeines

Cadmium (OZ 48; AM 112,4) ist ein für fast alle Lebewesen toxisches, höchstwahrscheinlich nicht essentielles Schwermetall. Die Hauptaufnahmewege bei Menschen sind einerseits die Nahrung und andererseits die Inhalation (Staub, Rauchen usw.). Bei Säugetieren lagert sich Cd vor allem in Nieren und Leber ab.

Cadmium steht an 64. Stelle in der Häufigkeitsliste der Elemente der Erdkruste. Es kommt zumeist mit Zinkmineralien vergesellschaftet vor (z. B. Zinkblende, ZnS), aus welchen es auch gewonnen wird. In karbonatfreien Böden ist das Cadmium sehr viel mobiler, die Gehalte sind dementsprechend niedriger als in karbonatbeeinflussten Böden. MUTSCH (1992a) gibt für Oberböden (0-10 cm) an Standorten des WBS einen Median von 1,07 ppm in karbonatbeeinflussten und einen Median von 0,19 ppm für karbonatfreie Böden an. Es ist ein deutlicher Tiefengradient (Abnahme mit der Bodentiefe) feststellbar. Cadmium ist das Element mit dem zweithöchsten anthropogenen Anreicherungsfaktor (5,4) (nach VERRY & VERMETTE, 1992).

Hauptemittenten sind weltweit Buntmetallindustrie (Korrosionsschutz), Verbrennung fossiler Brennstoffe, Müllverbrennung, Schwerindustrie und die Landwirtschaft (aus den Phosphaten der Düngemittel). Verwendung findet Cadmium vor allem in der Autoindustrie (z. B. Rostschutz, Legierungen), der Batterieherstellung (Ni-Cd), bei der Plastikerzeugung (Polyvinyl), in der Photoindustrie und in der Landwirtschaft (Fungizide). Durch Verbrennungsprozesse freigesetztes Cadmium lagert sich an Aerosolpartikel ($< 2 \mu\text{m}$), welche eine relativ lange Verweildauer in der Atmosphäre haben (bis zu 10 Tagen) und in dieser Zeit über weite Strecken verfrachtet werden können (z. B. BARRIE & SCHEMENAUER, 1989).

In Österreich sind laut WINIWARTER & SCHNEIDER (1995) Hausbrand (35 %) und KFZ-Motoren (ca. 40 %) die Hauptemittenten. Bei der Verbrennung unverbleiten Benzins wird mehr Cadmium (27 %) freigesetzt als bei verbleitem Treibstoff (14 %). Als dritte Quelle treten Kraftwerke und Fernheizwerke in Erscheinung. In Österreich werden jährlich etwa 5 Tonnen Cadmium emittiert (WINIWARTER & SCHNEIDER 1995). ORTHOFER (1996) revidiert diese Abschätzung vor allem in Bezug auf die Emissionen durch den Verkehr und schätzt diese mit ca. 3 % ein. Der Hausbrand wird von ihm dagegen noch höher eingestuft (52 %). Orthofer gibt die österreichischen Jahresemissionen mit 2,7 Tonnen an.

3.1.2.2 Österreich gesamt

Der österreichische Mittelwert aller Cd-Konzentrationen beträgt $0,25 \mu\text{g/g}$, der Median $0,22 \mu\text{g}$, der niedrigste Wert liegt unter der Nachweisgrenze ($< 0,1 \mu\text{g}$), der höchste beträgt $0,71 \mu\text{g}$.

3.1.2.3 Regionale Verteilung

Die Cd-Verteilung scheint einerseits stark abhängig von lokalen Emittenten (s.o.), andererseits wird sie durch die Niederschlagsmenge beeinflusst. Wie bereits ZECHMEISTER (1994, 1995a) an Höhenprofilen gezeigt hat, besteht bei Cd-Depositionen ein hoher Zusammenhang zwischen Niederschlagsmenge und Schwermetallkonzentration in Moosen. Dies wird durch diese Studie auch im Flächenbereich bestätigt (Karte 3a, 3b).

Generell höhere Konzentrationen finden sich in der Region 5 (Flysch- und Kalkalpen) und in der Region 4 (Nördliches Alpenvorland). Diese beiden Zonen unterscheiden sich signifikant von Region 6, aber nur schwach von den anderen Regionen (Abb. 3). Die geringen Unterschiede, wie sie in Abb. 3 dargestellt werden, sind vor allem darin begründet, daß die meisten Regionen neben ausgesprochenen 'Problemzonen' auch Abschnitte geringer Depositionsraten aufweisen. Gebiete mit geogen bedingten erhöhten Konzentrationen im Oberboden (z. B. Zinkvererzungen in den Nördlichen Tiroler Kalkalpen) sind hingegen bei den Moosproben nicht auffällig, ein Beweis dafür, daß keine sekundäre Verunreinigung mit Bodenteilchen vorliegt.

Die vorgefundenen Konzentrationsverteilungen dürften im Inntal sowie im ober-niederösterreichischen Grenzgebiet neben den Niederschlägen vor allem auf lokale Emittenten (Verkehr, metallverarbeitende Industrien) zurückzuführen sein. Möglicherweise spielen in letzterem Gebiet auch verfrachtete Emissionen aus dem Ballungsraum Linz eine Rolle.

Alle übrigen in den Karten ausgewiesenen Zonen mit erhöhten Werten ($> 0,4 \mu\text{g/g}$) liegen in Bereichen mit überdurchschnittlich hohen Niederschlägen (STEINHAUSER, 1972). Aufgrund der bereits genannten Gründe unterliegt Cd in besonderem Ausmaß dem Ferntransport und der Deposition über Niederschläge, wodurch sich eine enge Korrelation mit letzteren ergibt. Nachdem es in allen diesen Gebieten (z. B. Salzkammergut, Mariazeller Gebiet) keine bekannten, nennenswerten lokalen Emittenten gibt, kann die Niederschlagshypothese wohl nicht verworfen werden. Nur auf lokalen Hausbrandes allein können derart erhöhte Werte wohl kaum zurückzuführen sein. Die Konzentrationskarte für Cd zeigt, wenn man von bekannten lokalen Emittenten absieht, hohe Ähnlichkeit mit den Karten von KOVAR & PUXBAUM (1992) für die nassen Depositionen von NH_4 , NO_3 und SO_4 im Ostalpenraum. Dies spricht zusätzlich für die Immissionshypothese über Ferntransport und nasser Deposition.

Im Rheintal und Walgau (Vorarlberg) dürften sowohl die lokalen Emittenten (hohe Verkehrs- und Siedlungsdichte) als auch erhöhte Niederschläge für das Verteilungsmuster verantwortlich zeichnen, ähnliches gilt für das südliche Kärnten.

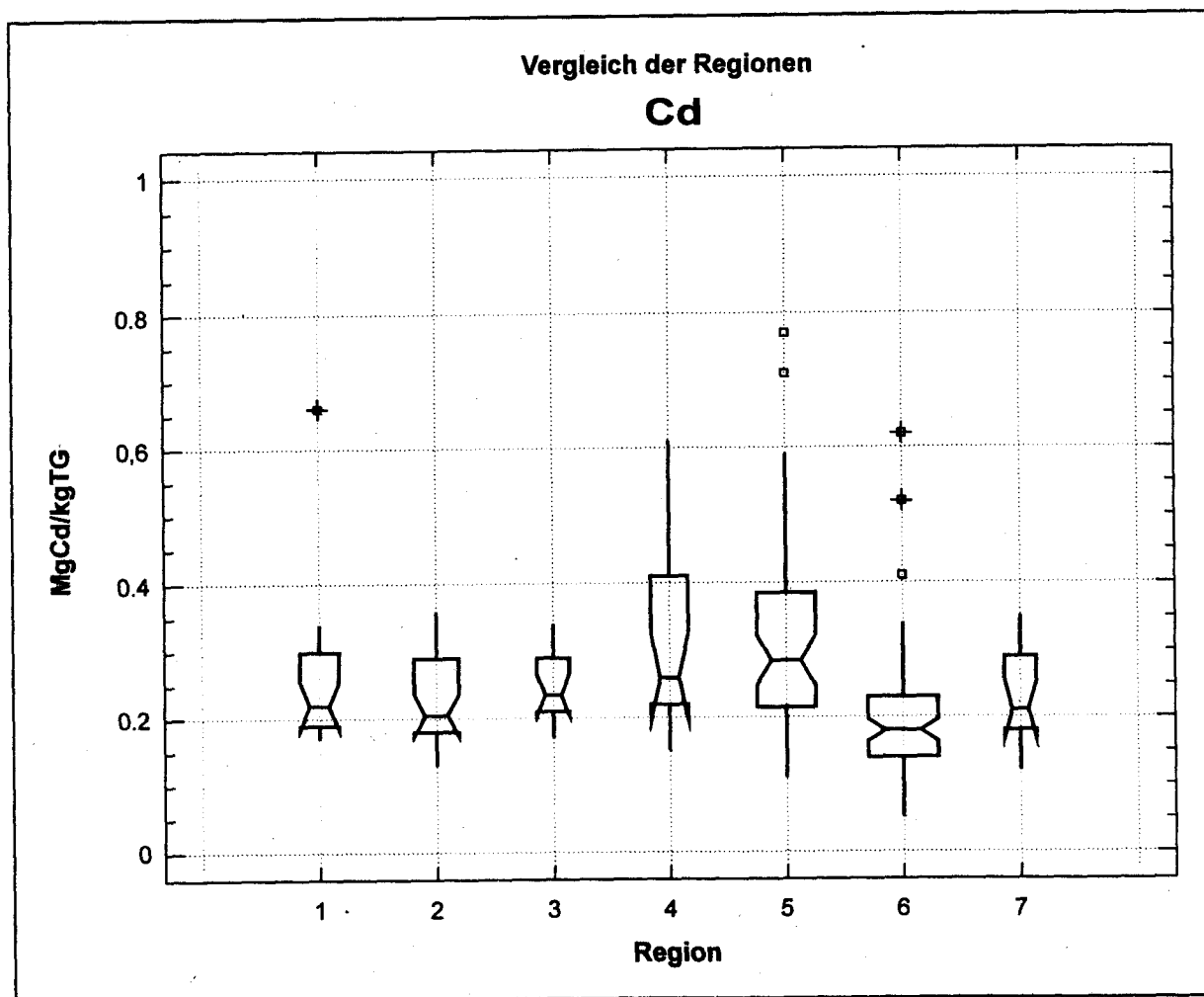


Abb. 3: „Notched box & whisker plots“ der Cadmiumkonzentrationen (mg/kg TG Moos) in den einzelnen Regionen.

Region 4 ist zudem über weite Teile von intensiver Landwirtschaft geprägt. Das über Phosphatdüngemittel eingebrachte Cadmium wird zwar primär im Boden gebunden, eine Remobilisierung kann aber nicht ausgeschlossen werden.

Auffällig ist die sehr große Ähnlichkeit der interpolierten Karte und der Punktkarte dieser Studie mit der Waldbodenkarte von MUTSCH (1992a) für Cadmium. Die Verteilungs- und Konzentrationsmuster der beiden Karten sind fast identisch. Mutsch weist exakt die selben Problemzonen aus wie diese Studie. Nachdem Cd ein primär anthropogen freigesetztes Schwermetall ist, und kein Zusammenhang zwischen Ausgangsgestein, Bodenverunreinigung und Schwermetallkonzentration im Moos besteht, bestätigt dies die oben genannten Hypothesen über die Herkunft des Cd. Dieser Umstand würde auch die hochsignifikante Korrelation ($p = 0,001$) der Humusdaten mit den Moosdaten für Cd erklären (Kapitel 3.10). Auch MUTSCH (1992a) neigt zur Hypothese der immissionsbedingten Cd-Akkumulation.

Durch keine Darstellungsform berücksichtigt ist die Höhenabhängigkeit der Cadmiumdeposition. Dieses in älteren Publikationen (ZECHMEISTER, 1994, 1995a) ausführlich diskutierte Problem kommt durch die interpolierte Kartendarstellung nicht zu Tage. Für die flächenbezogene Analyse der Cd-Depositionen sollten demnach primär nur die Punktkarte (Karte 3b) herangezogen werden.

3.1.3 Cobalt (Co)

3.1.3.1 Allgemeines

Cobalt (OZ 27, AM 58.9) ist ein, zumindestens für tierische Lebewesen, essentielles Schwermetall (u. a. als Teil des Vitamin B₁₂-Komplexes). In hohen Konzentrationen wird Cobalt karzinogene Wirkung nachgesagt. Die Hauptresorption erfolgt beim Menschen im Dünndarm. Da es für die N₂-Fixierung symbiontischer Bakterien notwendig ist, kann es durchaus auch für manche Höhere Pflanzen als notwendig angesprochen werden.

Die Erdkruste zeigt einen durchschnittlichen Cobaltgehalt von 20 ppm. Cobalt zeigt hohe Bindung an nickel- und kupferhaltige Mineralien. Industriell wird Cobalt primär aus Kupfererzen gewonnen. Böden zeigen eine schwache, aber kontinuierliche Zunahme mit der Tiefe. Eine stärkere Differenzierung der Kobaltgehalte nach Bodentypen ist nicht gegeben. Böden über Basalten und Ultrabasalten weisen besonders hohe Konzentrationen an Cobalt auf (mehr als das hundertfache von solchen über Kalkgestein und mehr als das dreißigfache über Graniten).

Cobalt findet vor allem Verwendung in der Edelmetall- und Stahlerzeugung (für harte Legierungen). Weiters wird es zur Pigmentherstellung benötigt (besonders für blaue und grüne Glasuren). Eine zusätzliche Ursache für Cobalt-Staubniederschläge könnten Flugaschen von Kohlekraftwerken sein (STREIT, 1994).

3.1.3.2 Österreich gesamt

Der Mittelwert aller Cobaltkonzentrationen liegt bei 0,28 µg/g, mehr als die Hälfte aller Proben liegen unter der Nachweisgrenze (< 0,25 µg/g), der Höchstwert liegt bei 1,18 µg/g.

3.1.3.3 Regionale Verteilung

Generell sind die Co-Werte gering. Etwas erhöht sind sie in folgenden Räumen: einerseits dem Nordosten Österreichs, im westlichen NÖ Alpenvorland, weiters im Grenzgebiet Kärnten/Osttirol sowie im äußersten Westen Österreichs (Karten 4a und b). Die 'hot-spots' der Standorte 2-42-1-A und 4-53-1-H lassen sich vielleicht durch leichte Bodenverunreinigung erklären; nicht so die übrigen Standorte mit Konzentrationen über 0,7 µg/g.

Die erhöhten Werte im SW von Vorarlberg (6-169-1-H, 6-169-2-P, 5-111-2-H) sind über mehrere Standorte konstant und korrelieren dort stark einerseits mit erhöhten Pb, V, Cu und Zn Konzentrationen, andererseits mit As, Cr und Ni. Für die letzten drei Metalle einschließlich Co dürften geogene Ursachen vorliegen (Ultrabasite und Ophiotikörper der Rahmenzone des Engadiner Fensters; THALMANN et al., 1989).

Standort 4-29-1-HP (Innviertel) liegt in einem landwirtschaftlich intensiv genutztem Gebiet (wie auch Region 2). An diesem Standort sind auch die Cu- und Cd-Werte etwas erhöht. Alle drei Elemente sind in Düngemittel und Pestiziden gehäuft enthalten.

Das westliche NÖ Alpenvorland könnte im Einflußbereich der Linzer Stahlindustrie stehen.

Die etwas erhöhten Co-Werte in Westkärnten und Osttirol korrelieren in diesem Gebiet mit den As- und Mo-Konzentrationen und haben vermutlich geogene Ursachen (THALMANN et al., 1989).

Die zum Vergleich vorliegenden Waldbodendaten an den Standorten mit mehr als $0,7 \mu\text{g/g}$ Co im Moos, zeigen durchschnittliche Co-Gehalte und erlauben somit keinen Hinweis auf einen diesbezüglichen Zusammenhang.

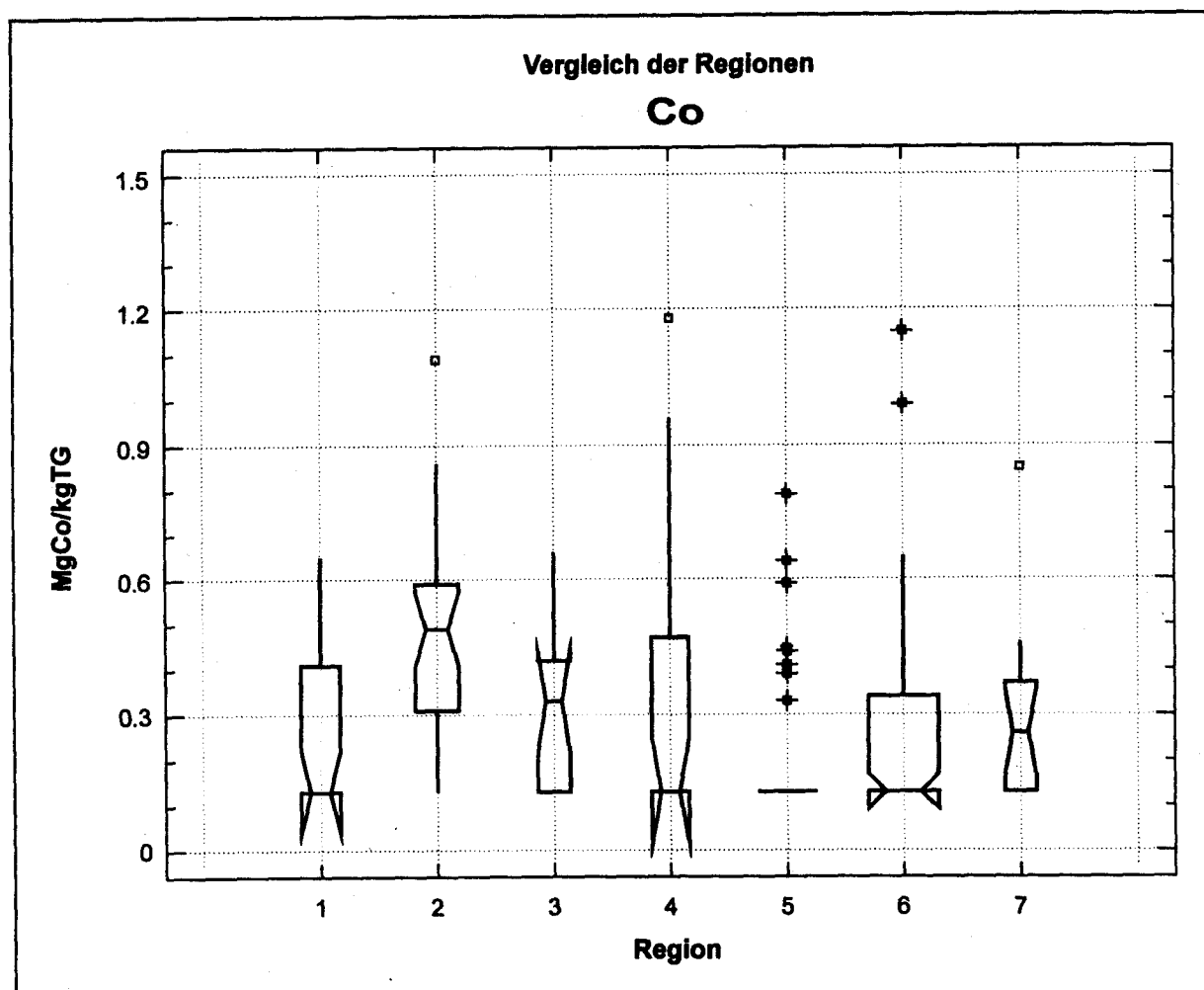


Abb.4: „Notched box & whisker plots“ der Cobaltkonzentrationen (mg/kg TG Moos) in den einzelnen Regionen.

3.1.4 Chrom (Cr)

3.1.4.1 Allgemeines

Chrom (OZ 24; AM 51,9) ist zwar nicht für Pflanzen, aber für Tiere essentiell. Es spielt bei diesen im Kohlehydratstoffwechsel eine wichtige Rolle. In Abhängigkeit von seiner Oxidationsstufe steht die Toxizität dieses Metalls, wobei Cr(VI) am weitaus stärksten toxisch wirkt [> 1000 fache Toxizität von Cr(III)].

Chrom ist ein weitverbreitetes Element und steht an 21. Stelle in der Häufigkeitsliste der Elemente der Erdkruste (durchschnittlich $100 \mu\text{g/g}$). Nicht zuletzt deshalb wird es in dieser Studie als eines der drei Hauptindikatorelemente (neben Ti und Fe) für Bodenverunreinigung von Moosproben gewählt. In der Natur kommt es überwiegend als Chromit (FeCr_2O_4) und Rotbleierz (PbCrO_4) vor. In Böden steht der Chromgehalt in engem Verhältnis zum Untergrund, die Mobilität von Chrom steigt mit zunehmendem pH-Wert (ADRIANO, 1986). MUTSCH (1992a) findet in den Waldböden keinen gravierenden Unterschied zwischen karbonatbeeinflussten und karbonatfreien Böden. Mit zunehmender Bodentiefe steigt der Cr-Gehalt kontinuierlich.

Chrom findet vor allem in der Metallindustrie als Legierungsbestandteil oder Korrosionsschutz Verwendung. Die Metallindustrie ist auch weltweit der größte anthropogene Chromemittent. Weitere Anwendungsgebiete sind die Leder- und Textilindustrie (z. B. Gerbstoffe), die Pigmentherstellung, die Papier- und Druckindustrie, die Petrochemie und nicht zuletzt die Düngemittelindustrie. Größere Mengen Chrom werden auch durch Kohleverbrennung und Winderosion von Bodenmaterial freigesetzt.

Hauptemittenten in Österreich sind die Eisen- und Stahlindustrie (ca. 25 %), gefolgt von Kohlefeuerungen (16 %) sowie zu etwa gleichen Teilen die Zement- und Glasindustrie (10 %). Emissionen durch unverbleites Benzin (11 %) und Kraftwerke (12 %) sind ebenfalls erwähnenswert. Die jährliche Chromemission in Österreich beträgt ca. 6 Tonnen (alle Angaben WINIWARTER & SCHNEIDER, 1995).

3.1.4.2 Österreich gesamt

Der Mittelwert für Cr liegt bei $1,11 \mu\text{g/g}$, der Median bei $0,7 \mu\text{g/g}$, der kleinste gemessene Wert bei $0,2 \mu\text{g/g}$ und der Höchstwert bei $10 \mu\text{g/g}$.

3.1.4.3 Regionale Verteilung

Wie aus Abb. 5 ersichtlich, unterscheidet sich vor allem die Region 2 von allen anderen Regionen deutlich. In diesem Gebiet, welches als Wein- und Ackerbaugebiet durch relativ geringe natürliche Vegetationsbedeckung und periodisch großflächig brachliegende (vegetationsfreie) Flächen gekennzeichnet ist, spielt der Eintrag über Bodenaufstaub eine größere Rolle. Auf diesem Weg könnte auch über Düngemittel eingebrachtes Cr remobilisiert werden. Wie aber die Daten aus den ostwärts angrenzenden Ländern zeigen, ist dieses Gebiet vermutlich auch durch den Ferntransport aus der Slowakei sowie der tschechischen (Ostrava) und polnischen Schwerindustrie (Krakau-Oberschlesien) geprägt.

Ein echter 'hot-spot' ist das Gebiet des oberösterreichischen Zentralraums (Karte 5a und 5b). Die in Linz angesiedelte Eisen- und Stahlindustrie ist in diesem Raum potentieller Hauptemittent und Verursacher der zum Teil stark erhöhten Cr-Werte. Der Höchstwert für Cr ($10 \mu\text{g/g}$) läge ebenfalls in diesem Raum, wurde aber aus oben bzw. in Kapitel 3.10 genannten Gründen (vielleicht zu Unrecht?) eliminiert.

Von den niedrigen Werten der umgebenden Regionen heben sich die Industriestandorte Donawitz/Leoben (6-133-1-P) und Treibach (6-186-1-P) mit etwas erhöhten Cr-Werten deutlich ab.

Die größeren Konzentrationen im Silvretta-Gebiet könnten geogen bedingt sein, einerseits durch die geringe Vegetationsbedeckung in den die Sammelpunkte umgebenden alpinen Landschaften, andererseits durch höhere Cr-, Ni- und Co-Gehalte in den Ultrabasiten und Ophiolitkörpern des Engadiner Fensters (THALMANN et al., 1989).

Mit Ausnahme des eliminierten Sammelpunktes 1-32-1-P und des Punktes 4-52-1-HP weisen die zum Vergleich zur Verfügung stehenden Waldbodenproben an Stellen mit erhöhten Cr-Werten in den Moosen keine erhöhten Cr-Werte im Boden auf. Eine rein geogen, durch Bodenverunreinigung bedingte Ausweisung der 'hot-spots' kann demnach ausgeschlossen werden.

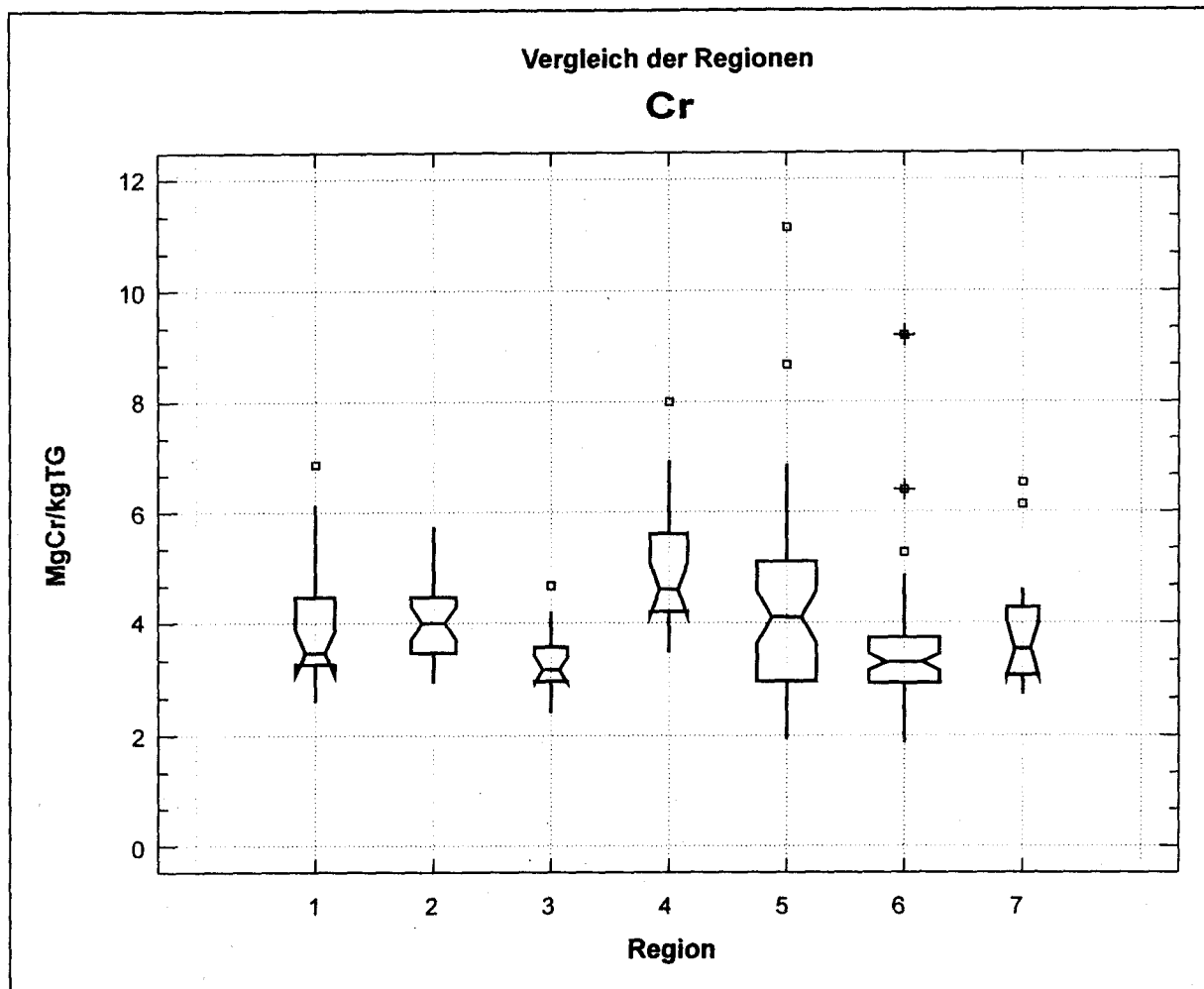


Abb. 5: „Notched box & whisker plots“ der Chromkonzentrationen (mg/kg TG Moos) in den einzelnen Regionen.

3.1.5 Kupfer (Cu)

3.1.5.1 Allgemeines

Kupfer (OZ 29; AM 36,6) ist ein sowohl für Pflanzen als auch Tiere essentielles Element. Es kommt u. a. als prosthetische Gruppe diverser Enzyme vor, und spielt im Kohlenstoff- und Stickstoffmetabolismus eine wichtige Rolle. In Pflanzen hat es eine relativ geringe Toleranzbreite. Unter 4 ppm treten sich Mangelerkrankungen auf, über 20 ppm wirkt Cu bereits in den meisten Fällen toxisch.

Kupfer gehört neben Gold und Silber zu den am längsten bekannten Metallen, nicht zuletzt deshalb, weil es in der Natur auch elementar vorkommt. Kupfer rangiert an 26. Stelle in der Elementhäufigkeit der Erdkruste, und tritt in Lagerstätten auf. Die wichtigsten Kupfererze sind vor allem Sulfide [wie Kupferkies (CuFeS_2) und Kupferglanz (CuS)] und Oxide wie Cuprit (Cu_2O). In Waldböden liegen durchschnittliche Kupfergehalte von 8-20 ppm vor. Der Transferfaktor Boden – Pflanze ist für ein Nährelement relativ gering, daher sind in Wäldern auch die natürlichen Kupfermengen im Auflagehorizont zumeist gering (MUTSCH, 1992a). In landwirtschaftlich intensiv genutzten Böden können bis zu 50 % des Kupferanteils aus der Bewirtschaftung stammen (SALZBURGER BODENZUSTANDSINVENTUR, 1993).

Kupfer wird vor allem bei der Kupfererzeugung und von anderen Metallindustrien freigesetzt. Ein Hauptanwender (50 %) ist heute die Elektroindustrie (Kabelherstellung). Aber auch als Legierungsbestandteil (z. B. Rohre) sowie in Düngemitteln und Pestiziden wird Kupfer eingesetzt. Letztere finden vor allem im Weinbau und in der Hopfenzucht breite Verwendung.

WINIWARTER & SCHNEIDER (1995) sehen auch Kraftstoffe als die wesentlichen Emittenten (zusammen 70 %), wobei vor allem Diesel eine wichtige Rolle spielt. Von untergeordneter Rolle sind für die Freisetzung in Österreich Verbrennungsprozesse (< 15 %) und Staubbemissionen aus der Eisenindustrie. Eine nicht zu unterschätzende Rolle dürften die historischen und rezenten Kupferbetriebe spielen (z. B. Brixlegg, siehe unten). Der österreichische Ausstoß an Kupfer beträgt jährlich ca. 22 Tonnen (WINIWARTER & SCHNEIDER, 1995), nach ORTHOFER (1996) aber nur noch 9,1 Tonnen.

3.1.5.2 Österreich gesamt

Der Mittelwert für die Cu-Konzentrationen in Moosen beträgt 5,9 $\mu\text{g/g}$, der Median 5,4 $\mu\text{g/g}$, der niedrigste gemessene Wert ist 2,8 $\mu\text{g/g}$ und der Höchstwert ist 16,7 $\mu\text{g/g}$.

3.1.5.3 Regionale Verteilung

Die Streuung der Cu-Werte ist relativ hoch und ohne regionale Schwerpunkte, was auf das dominieren lokaler Emittenten schließen läßt (Karte 6a und 6b).

Auffällig ist der 'hot-spot' Inntal. Alle Sammelpunkt in diesem Bereich weisen Konzentrationen über 8 $\mu\text{g/g}$ auf, das sind Werte, die mindestens 60 % über dem Median aller Österreichwerte liegen. In diesem, seit Jahrhunderten für den Kupferabbau bedeutenden Raum liegt die Sekundär-Kupferhütte Brixlegg. Messungen des Umweltbundesamtes aus dem Jahre 1987 ergaben Kupferemissionen von 242 kg/Jahr. Wie Messungen der Tiroler Landesregierung zeigen, sind trotz vom Gesetzgeber vorgeschriebener und vom Betreiber durchgeführter emissions-senkender Maßnahmen die Kupferemissionen – bei sinkender Tendenz – noch immer beträchtlich (UMWELTBUNDESAMT, 1992). Aufgrund der niederen Werte bei bodenindizierenden Elementen ist eine durch Verwehungen des Bodestaubes bedingt erhöhte Cu-Konzentration in den Moosen weitgehend auszuschließen. Die gemessenen Konzentrationen dürften demnach ihre Ursache in den Werksemissionen der Jahre 1993-1995 haben. Die dem Standort Brixlegg nächstgelegenen Punkte zeigen die höchsten Cu-Werte (300 % über dem Gesamtmedian). Auch die in diesem Raum zu vergleichenden Wald- und Ackerböden weisen in der

Humusaufgabe jeweils die höchsten Konzentrationen auf (MUTSCH, 1992a; BERICHT ÜBER DEN ZUSTAND DER TIROLER BÖDEN, 1989). Eine weitere Ursache für die im Inntal vorgefundene Situation könnte, den Unterlagen WINIWARTER & SCHNEIDER (1995) folgend, das erhöhte Verkehrsaufkommen im Inntal bilden. Zusätzlich dürfen die Inversionswetterlagen, wie sie im Inntal immer wieder auftreten, die Immissionssituation verschärfen. Durch den Umstand, daß während derartiger Wetterlagen die Emissionen nicht entweichen können, kommt es zu bedeutenden lokalen Akkumulierungen von Schadstoffen bzw. zu deren Ausbreitung unterhalb der Inversionsgrenze entlang des gesamten Talraumes.

Verkehrsbedingt könnten die erhöhten Werte in Vorarlberg bzw. der Südsteiermark sein.

Eine landwirtschaftliche Indikation kann für die höheren Konzentrationen im nördlichen Waldviertel nicht ausgeschlossen werden (Hopfenanbau), hier sind auch die Kupfergehalte in den Humusproben deutlich über denen der tieferen Bodenschichten. Allerdings liegt hier auch eine geologische Störungszone mit erhöhten Cu-Gehalten (THALMANN et al., 1989).

Die 'hot-spots' im Inn- und Hausruckviertel (westl. Oberöstr.) zeigen ausschließlich bei Cu erhöhte Werte. Die Ursachen bleiben ungeklärt, die Dichte der Punkte mit höheren Konzentrationen ist aber auffallend und höchst wahrscheinlich kein Artefakt. Im Spitzenwertpunkt 4-45-1-P sind die Humuswerte ebenfalls leicht erhöht, was gleichfalls anthropogenen Eintrag vermuten läßt.

Mit wenigen Ausnahmen sind die Karten der Waldbodenzustandsinventur für Cu und die interpolierte Karte für die Cu-Konzentrationen in Moosen nicht zur Deckung zu bringen.

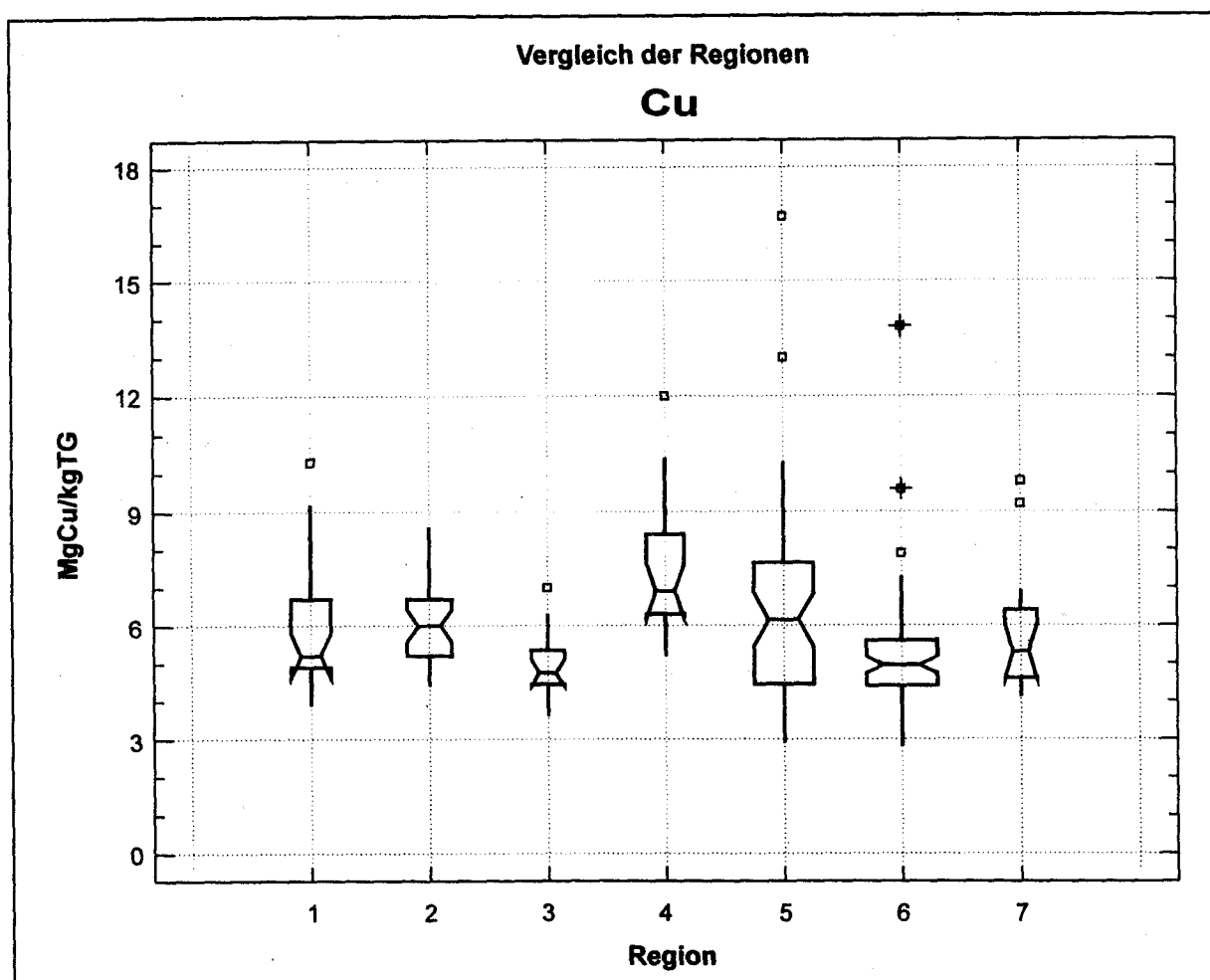


Abb. 6: „Notched box & whisker plots“ der Kupferkonzentrationen (mg/kg TG Moos) in den einzelnen Regionen.

3.1.6 Eisen (Fe)

3.1.6.1 Allgemeines

Eisen (OZ 26; AM 55,9) ist ein essentielles Element für alle Lebewesen. Eisen ist ein funktioneller Bestandteil zahlreicher lebenswichtiger Bausteine (Cytochrome etc.). Normalerweise enthalten Pflanzen 20 bis 300 mg Fe/g Trockenmasse. Eisen ist kaum toxisch, nur bestimmte Eisenverbindungen wie FeCl_2 oder Eisenchelate können gesundheitsschädigend sein (STREIT, 1994).

Eisen ist eines der häufigsten Elemente der Erdkruste (Nr. 4 der Häufigkeitsliste). Die eisenreichsten Erze (> 20 % Fe) sind Rot-, Braun- und Magneteisenstein und Pyrit (FeS_2). Kohle kann bis zu 10.000 µg Eisen pro kg enthalten. Aufgrund des relativ hohen Eisengehaltes in Böden (durchschnittlich 40.000 µg/g) kann Eisen auch als guter Indikator für Bodenverunreinigung herangezogen werden.

Eisen wird in erster Linie als Roheisen und in den verschiedensten Legierungen eingesetzt. In selteneren Fällen findet es als Pigment bzw. als Fällmittel in Kläranlagen Verwendung. Anthropogene Hauptemissionen stammen aus der Eisen- und Stahlindustrie sowie aus der Verbrennung von Kohle (Heizungen, Kraftwerke).

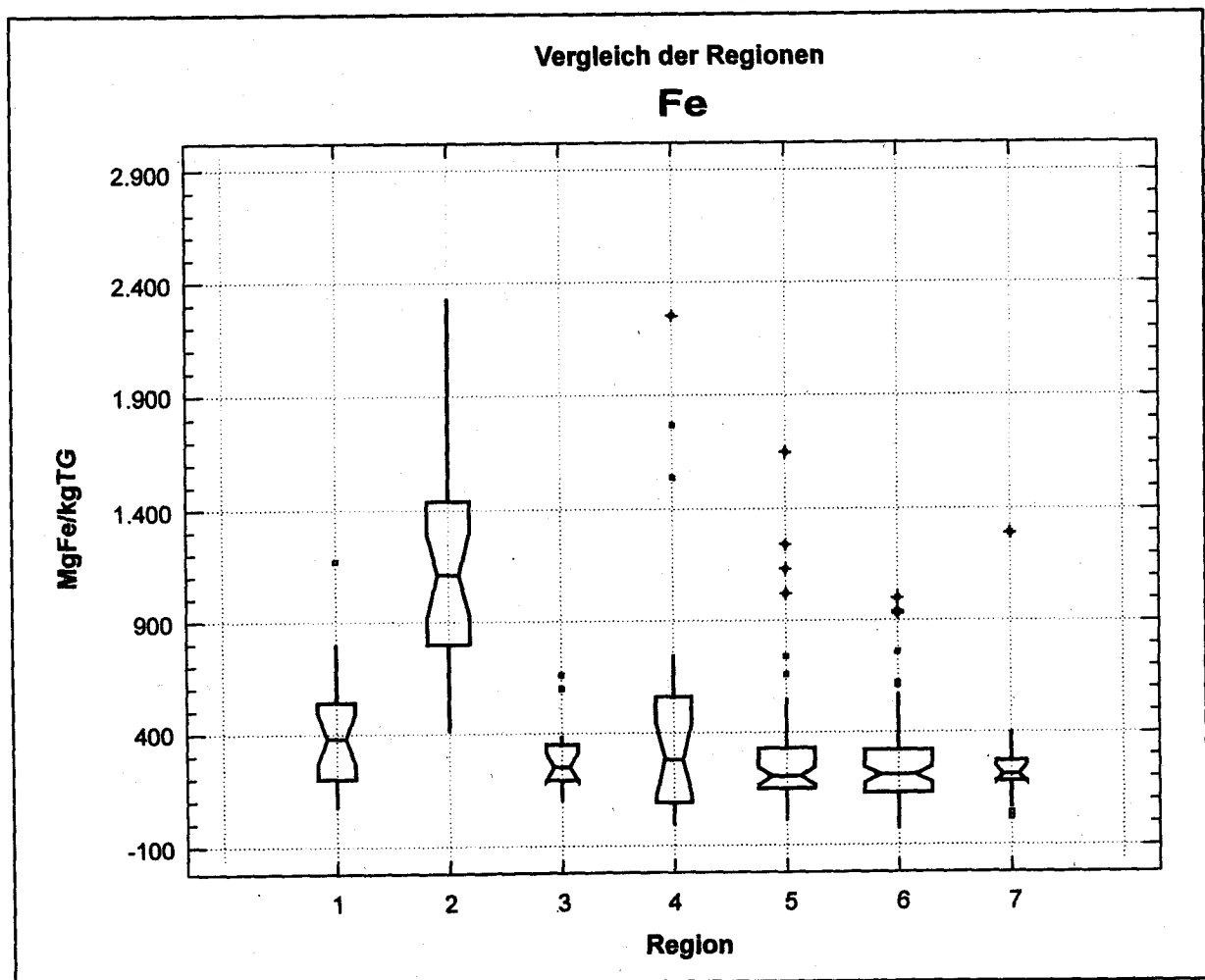


Abb. 7: „Notched box & whisker plots“ der Eisenkonzentrationen (mg/kg TG Moos) in den einzelnen Regionen.

3.1.6.2 Österreich gesamt

Der durchschnittliche Eisengehalt aller Moosproben liegt bei 493 µg/g, der Median bei 340 µg/g, der niedrigste gemessene Wert beträgt 70 µg/g und der Höchstwert 2430 µg/g.

3.1.6.3 Regionale Verteilung

Auffallend erhöht sind die Fe-Konzentrationen in der Region 2, dem Nordosten Österreichs (Karte 7a und 7b). Die Gründe dafür sind vermutlich vielschichtig. In diesem Gebiet, welches als Wein- und Ackerbaugebiet durch relativ geringe natürliche Vegetationsbedeckung und periodisch großflächig brachliegende (vegetationsfreie) Flächen gekennzeichnet ist, spielt der Eintrag über Bodengrausch eine größere Rolle. Es gelten somit analoge Vermutungen wie für Cr (Kapitel 3.1.4.3) in dieser Region. Der wichtigste und beste Bodenindikator Ti ist aber nur an einem Standort (2-42-1-A) deutlich erhöht, was wiederum gegen die Bodenhypothese spricht. Ein bedeutender Einflußfaktor dürfte der Ferntransport aus dem Osten und Norden sein. Vor allem die Slowakischen Probepunkte zeigen stark erhöhte Fe-Werte, aber auch die Schwerindustrieregionen um Ostrava (Tschechien) und Kattovice (Polen) müssen als Emittenten in Betracht gezogen werden. Weiters dürfte der Großraum Wien als Emittent mit zu berücksichtigen sein. Eine Trennung der einzelnen Faktoren ist schwierig.

Lokale Emittenten könnten im Raum Kufstein und im Lesachtal für erhöhte Konzentrationen verantwortlich sein.

Bodenbedingt sind mit hoher Wahrscheinlichkeit die Konzentrationen der Proben 1-18-1-P (Raum Gmünd) und 4-52-1-HP (Machland), da hier auch erhöhte Ti-Werte vorliegen.

Auffallend ist auch die hohe Ähnlichkeit der Konzentrationsverteilungen von Fe mit der von As.

3.1.7 Hg (Quecksilber)

3.1.7.1 Allgemeines

Quecksilber (OZ 80; AM 200,6) ist ein weder für Tiere noch für Pflanzen ein essentielles Metall, mit einer für Tier und Mensch allerdings relativ hohen Toxizität. Diese beruht auf der Reaktion von Quecksilber mit essentiellen SH-Gruppen von Proteinen und Nukleinsäuren. Die für Organismen bedenklichsten Quecksilberverbindungen sind neben elementarem Quecksilber, Hg-Salze und organische Hg-Verbindungen. Quecksilber wird primär über die Atemwege aufgenommen, die Resorption über den Darm ist äußerst gering (Ausnahme organische Hg-Verbindungen).

Quecksilber steht an 64. Stelle in der Häufigkeitsliste der Elemente der Erdkruste. Es ist das einzige Metall, welches bei Atmosphärendruck erst unter -39 °C fest wird. Die häufigste natürliche, bergbaumäßig genutzte, Hg-Verbindung ist Zinnober (HgS). In sauren Böden ist das Quecksilber hochmobil, weniger in stark basischen. Durch Mikroorganismen kann es einerseits zu einer Umwandlung von organischen Hg-Verbindungen zu anorganischen Verbindungen kommen, aber auch zu einer Reduktion zu volatilem Hg und dadurch zu einer Freisetzung von Hg in größerem Ausmaß.

Verwendung findet Quecksilber in der Elektroindustrie (Schalter, Batterien), bei der Chlor-Alkali Elektrolyse oder als Amalgam (Zahnmedizin). Bedenklich ist und war die Verwendung von Quecksilber als Fungizid und als Saatbeizmittel, wodurch regional große Mengen an Hg in Böden und Grundwasser gelangten. Quecksilber wird aber auch bei der Erzaufbereitung, der Zementherstellung und in Verbrennungsanlagen freigesetzt. Die Quecksilberfreisetzung ist nicht zuletzt aufgrund des Verbotes der Saatgutbeizung mit Hg, als auch aufgrund steigender Recyclierung rückläufig.

Hauptemittenten in Österreich sind die Zementindustrie (32 %), die Verbrennung fossiler Brennstoffe (gesamt 42 %) sowie Müllverbrennungsanlagen (ca. 14 %). In Österreich wird die Gesamtemission an Quecksilber mit 4 Tonnen angegeben (alle Angaben für Österreich WINI-WARTER & SCHNEIDER, 1995), ORTHOFER (1996) schätzt die Hg-Emissionen auf 2,2 Tonnen pro Jahr.

3.1.7.2 Österreich gesamt

Die durchschnittliche Hg-Konzentration in allen gesammelten Moosproben beträgt $0,06 \mu\text{g/g}$, derselbe Wert gilt für den Median aller Proben. Der niedrigste gemessene Wert lag unter der Nachweisgrenze ($< 0,01 \mu\text{g/g}$), der Höchstwert bei $0,15 \mu\text{g/g}$.

3.1.7.3 Regionale Verteilung

Die Verteilung der Hg-Konzentrationen ist relativ homogen und liegt größtenteils im Bereich zwischen $0,03 \mu\text{g/g}$ und $0,09 \mu\text{g/g}$. Werte über $0,09 \mu\text{g/g}$ sind lokal gehäuft im westlichen niederösterreichischen Alpenvorland, im Inntal und im südwestlichen Vorarlberg (Karte 8a,b). Vor allem im Inntal dürften lokale Emittenten (Brixlegg) für diese Werte verantwortlich sein.

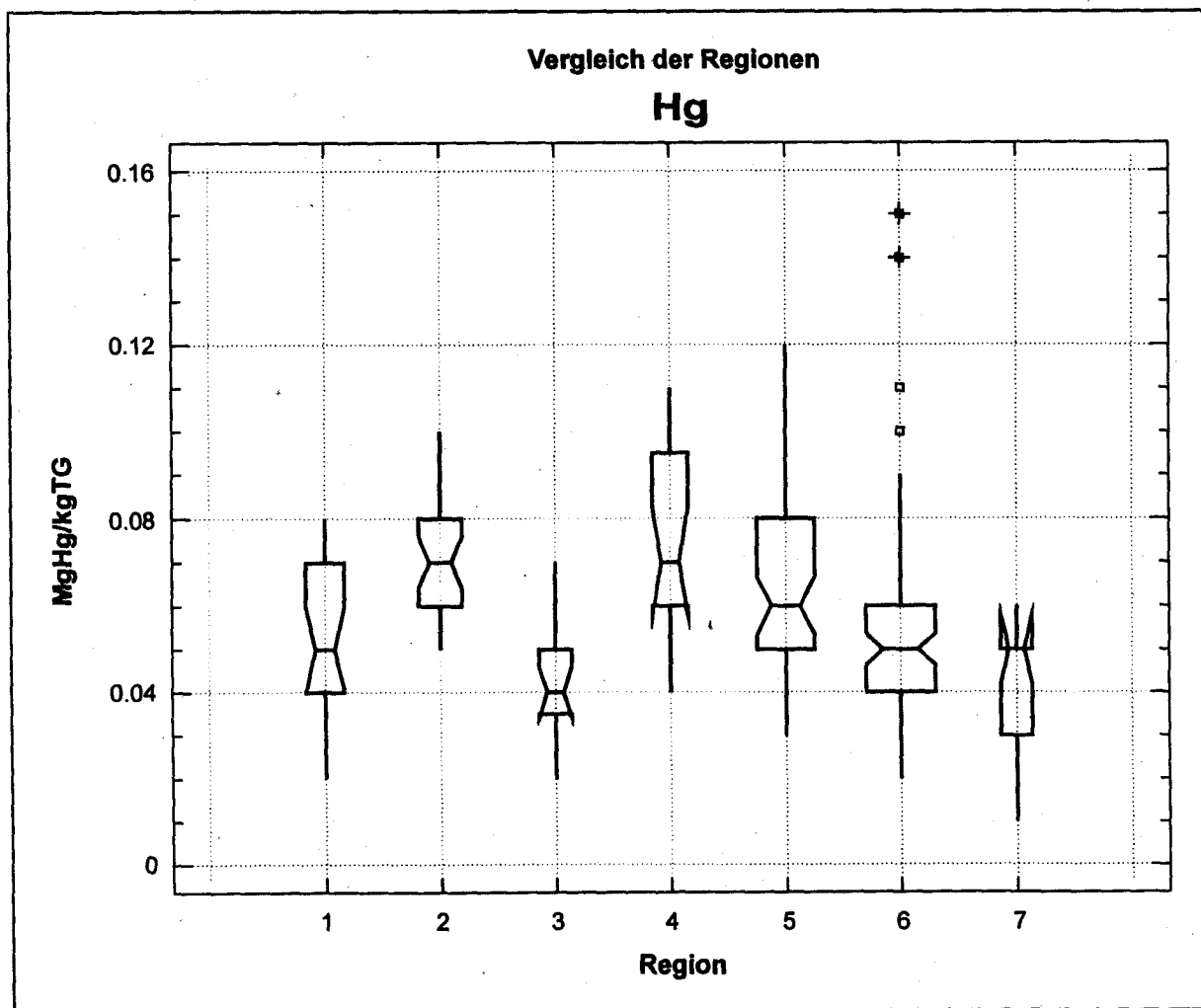


Abb. 8: „Notched box & whisker plots“ der Quecksilberkonzentrationen (mg/kg TG Moos) in den einzelnen Regionen.

Zwei weitere Sammelpunkte mit Konzentrationen über $0,12 \mu\text{g/g}$ könnten durchaus ebenso lokale Ursachen haben, da es sich bei beiden Punkten um die Industriestandorte Berndorf/Pernitz und Leoben/Donawitz handelt. In Donawitz wird Erz vom steirischen Erzberg verarbeitet, welches relativ reich an Hg ist, außerdem gibt es im Werk Donawitz keine entsprechenden Filteranlagen. Bodenerosionen vom Erzberg selbst spielen offensichtlich keine Rolle.

Im Rheintal bzw. Walgau (Vbg.) müssen Depositionen aus dem Ferntransport in Betracht gezogen werden (erhöhte durchschnittliche Niederschläge). Das westliche niederösterreichische Alpenvorland liegt wahrscheinlich im Einflußbereich der Schwerindustrie in Linz, welches Hg-reiches Erz aus Donawitz verwendet. In beiden Gebieten liegen jedoch auch potentielle lokale Verursacher (Bludenz, Rankweil, bzw. Waidhofen/Ybbs).

Aufgrund der hohen Mobilität von Hg sind exakte Analysen der Hg-Konzentrationen und der räumlichen Verteilungen sowohl von technischer Seite (Trocknung, Aufschluß) als auch von der Interpretation her problematisch. Die meisten Teilnehmerländer an der internationalen Studie (mit Aufsammlungstermin 1995) nehmen daher von einer Beurteilung Abstand.

3.1.8 Molybdän (Mo)

3.1.8.1 Allgemeines

Molybdän (OZ 42; AM 95,9) ist als Bestandteil der Aldehydoxidase ein essentielles Element für fast alle Organismenarten. Es ist vor allem für den Phosphat-Metabolismus und die Stickstofffixierung von Bedeutung. Toxisch ist es nur in höheren Konzentrationen für Tier und Mensch. Die Gefahr einer Molybdänvergiftung ist vor allem für Wiederkäuer besonders groß.

Molybdän steht an 53. Stelle in der Häufigkeitsliste der Elemente der Erdkruste. In sauren Gesteinen sind die Konzentrationen höher als in basischen, in Kohle und Erdöl können die Konzentrationen bisweilen stark ansteigen. Böden haben einen durchschnittlichen Anteil von 1-2 ppm Mo. Die industriell am meisten genutzten Mo-Mineralien sind Molybdenit (MoS_2) und Ferrimolybdit [$\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$]. Molybdän wird meist als Nebenprodukt bei der Kupferverhüttung gewonnen.

Die Hauptverwendung von Molybdän liegt in der Erzeugung von Stahl (u. a. für spezielle Legierungen), als Korrosionsschutz, für Katalysatoren und in der Pigmentherstellung. Molybdän gelangt vor allem durch die Erzverhüttung, durch die Metallherstellung, über phosphathaltige Dünge- und Waschmittel sowie über Verbrennungsprozesse in die Natur.

Über die österreichischen Emissionen liegen keine Daten vor.

3.1.8.2 Österreich gesamt

Der Mittelwert aller in Österreich gefundenen Moosproben liegt bei $0,46 \mu\text{g/g}$, der Median aller Werte bei $0,32 \mu\text{g/g}$. Der niedrigste gemessene Wert liegt unter der Nachweisgrenze ($< 0,25 \mu\text{g/g}$), der Höchstwert bei $7,66 \mu\text{g/g}$.

3.1.8.3 Regionale Verteilung

Wie aus allen diesbezüglichen Abbildungen (Karte 9 a.b, Abb. 9) und der beschreibenden Statistik ersichtlich, heben sich die Mo-Konzentrationen im Süden Österreichs ganz auffallend von denen der übrigen Regionen ab. In Kärnten sowie der Region 3 gibt es keinen einzigen Standort unter $0,25 \mu\text{g/g}$ und sogar nur 2 Standorte mit Konzentrationen unter $0,5 \mu\text{g/g}$ (Median aller Österreichproben = $0,32 \mu\text{g/g}$!). Auch die absoluten Höchstwerte sind in den genannten Gebieten zu finden. Dies ist insofern bemerkenswert, als die erhöhten Werte im Bundesland Kärnten unabhängig von klimatischen Randbedingungen auftreten. Für einen Teil der Standorte mit erhöhten Konzentrationen gibt es bislang keine Erklärung.

Zonen mit geogen bedingten, erhöhten Mo-Gehalten sind in Österreich die Gasteiner Goldvererzungen, Bereiche der Schladminger Tauern sowie Teile der Grauwackenzone. In diesen Arealen sind die Mooskonzentrationen nicht erhöht. Im Bereich der Schobergruppe, der Defreggen- und Kreuzeckgruppe liegen hingegen geogen erhöhte Werte vor, welche sich auch in den erhöhten Konzentrationen in den Moosen widerspiegeln (THALMANN et al., 1989). Da aus den Lienzer Dolomiten (THALMANN et al., 1989) und aus dem slovenischen Teil der Karawanken Flußsedimente und Bodenproben mit hohem Mo-Gehalt bekannt sind, ist eine flächenhafte Verwehung von Karbonatstaub als Ursache für die hohen Mo-Konzentrationen in den Moosen dieser Region denkbar.

Der absolute Höchstwert aller österreichischen Proben ($7,66 \mu\text{g/g}$) stammt vom Standort 6-181-1-P. Die dort gefundene Mo-Konzentration beträgt das 24-fache des österreichischen Medians! Der Sammelpunkt liegt 100 Höhenmeter über und 2,5 km nordwestlich der Chemischen Werke Treibach, einem schwermetallverarbeitenden Industriebetrieb. Da keinerlei Anzeichen für Bodenverunreinigung der Moosprobe vorliegen, müssen den vorgefundenen Konzentrationen Depositionen der Jahre 1993-1995 zugrunde liegen. Stark erhöht sind an diesem Standort weiters die Werte von Ni und V (siehe dort). Wie auch durch die Literatur bestätigt (UMWELTBUNDESAMT, 1992) sind die Schwermetallemissionen aus diesem Betrieb (besonders die von Mo, Ni und V), trotz zum Teil rückläufiger Tendenzen noch immer sehr hoch.

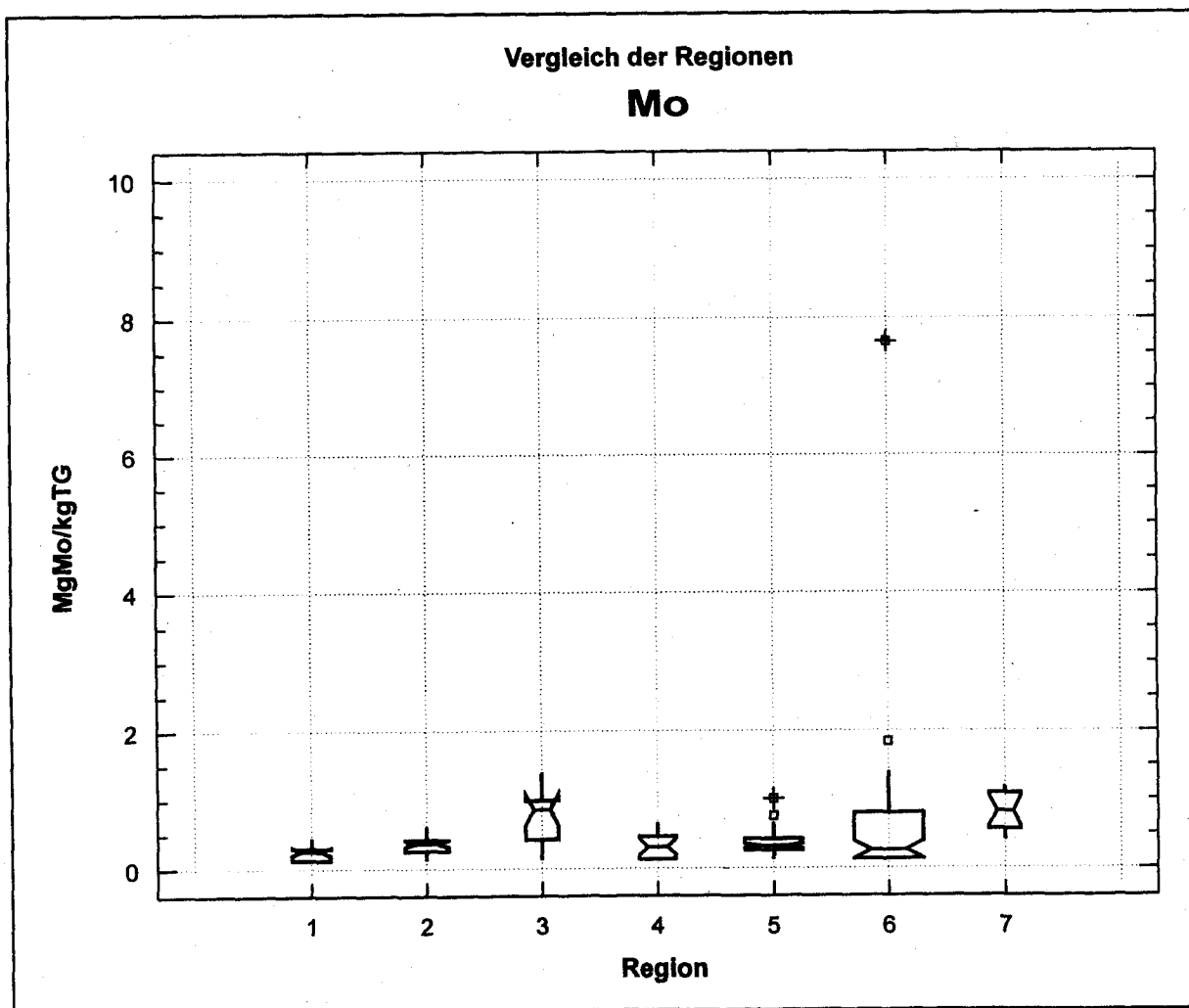


Abb. 9: „Notched box & whisker plots“ der Molybdänkonzentrationen (mg/kg TG Moos) in den einzelnen Regionen.

Der zweite, gegenüber Treibach aber deutlich geringfügigere 'hot-spot' (1,84 µg/g), liegt bei St. Radegund/Graz. An diesem Standort ist von allen Schwermetallen nur die Mo-Konzentration erhöht.

Der einzige Standort mit Konzentrationen über 1 µg/g außerhalb der Region 3 bzw. 7 ist der Sammelpunkt 5-85-1-P (Vils/Lechtal). Die Mo-Problematik in der Umgebung von Reutte ist bekannt und hat mit hoher Wahrscheinlichkeit ihre Ursache in Emissionen des Planseewerkes. Weitere diesbezügliche Untersuchungen werden derzeit von der Tiroler Landesregierung in Zusammenarbeit mit dem UBA durchgeführt.

3.1.9 Nickel (Ni)

3.1.9.1 Allgemeines

Nickel (OZ 28; AM 58,7) ist für tierische Lebewesen essentiell, nicht aber für viele Pflanzen. Nickel steht im Zusammenhang mit der Eisenresorption. Nickelstaub und einige Nickelverbindungen wie Nickelacetat $[\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2]$ oder Nickelsubsulfid (Ni_3S_2) zeigen karzinogene Wirkung. Einige Nickelverbindungen sind auch bekannte Allergene.

Nickel steht an der 23. Stelle der Häufigkeitsliste der Elemente der Erdkruste. Nickel ist ein bestimmender Bestandteil von über hundert Mineralien, das wohl wichtigste Nickelerz ist Pentlandit ($[\text{NiFe}]_9\text{S}_8$). Durchschnittliche Ni-gehalte der Waldböden Österreichs liegen im Humus bei 13 ppm, in Tiefen um 50 cm etwas über 30 ppm. Aufgrund der in sauren Böden erhöhten Mobilität des Ni weisen karbonatbeeinflusste Böden etwas höhere Ni-Gehalte auf (MUTSCH, 1992a). Besonders hohe Ni-Werte gibt es über Serpentin (um 2.000 ppm).

Nickel wird vor allem in vielen korrosions- und hitzebeständigen Legierungen verwendet (z. B. Münzen, Turbinen), außerdem in der Galvanik und der Elektroindustrie (Batterien, Tonbänder). Die wichtigsten anthropogenen Quellen sind einerseits Bergbau, Verhüttung und Metallverarbeitung, andererseits die Verbrennung fossiler Brennstoffe (Öle, Diesel, Kohle). Nicht zu unterschätzen sind auch die Emissionen von Müllverbrennungsanlagen.

Die wichtigsten Emissionsquellen in Österreich sind (nach WINIWARTER & SCHNEIDER, 1995) Kraftwerke (34 %), Diesel aus KFZ- Motoren (30 %) sowie die industrielle Verbrennung von Öl (16 %). Die Gesamtemission in Österreich beträgt etwa 30 Tonnen Nickel pro Jahr.

3.1.9.2 Österreich gesamt

Der Mittelwert aller in Österreich gemessenen Nickelkonzentrationen in Moosen beträgt 1,6 µg/g, der Median 1,3 µg/g, der kleinste gemessene Wert liegt bei 0,4 µg/g, der höchste bei 11,4 µg/g.

3.1.9.3 Regionale Verteilung

Betrachtet man die Großräume, unterscheidet sich die Region 2 signifikant von allen anderen Gebieten (Karte 10a, b; Abb. 10). Dies ist u. a. auf die hohen Emissionen, primär aus Verbrennungsprozessen aller Art (Wärme- und KWK-Anlagen, industrielle Verbrennung, Verkehr), des Großraumes Wien zurückzuführen. Auch der Ferntransport aus dem Nordosten (siehe As oder Fe) spielt in diesem Gebiet eine wesentliche Rolle. An den angrenzenden Slowakischen Probepunkten sind die Konzentrationen zum Teil fast zehn mal so hoch wie die österreichischen Werte.

Der Bereich des westlichen niederösterreichischen Alpenvorlandes beherbergt eine alte metallverarbeitende Industrie, welche als lokaler Emitent gelten kann. Die Verfrachtung von Emissionen aus der Linzer Schwerindustrie muß ebenfalls in Betracht gezogen werden.

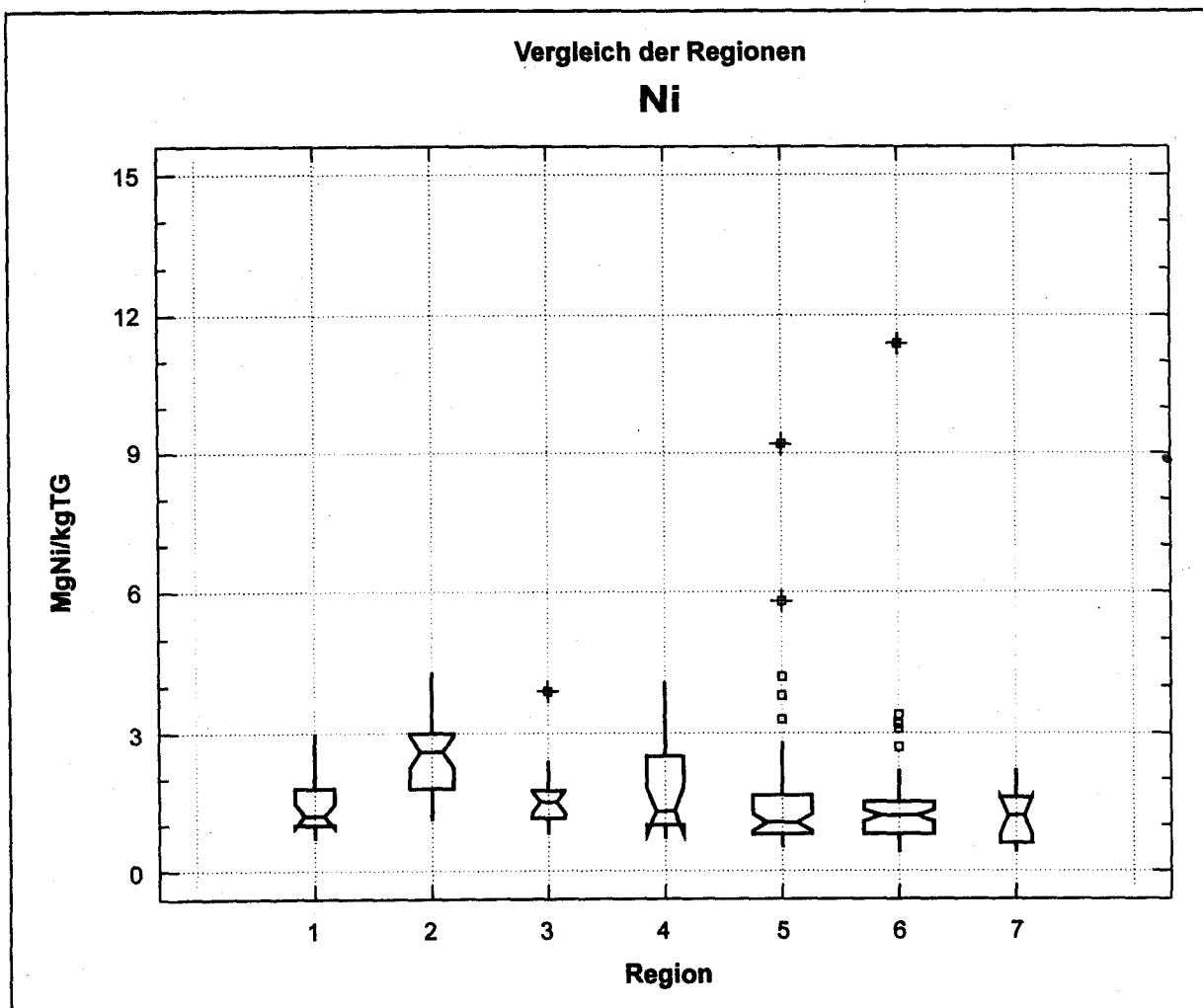


Abb. 10: „Notched box & whisker plots“ der Nickelkonzentrationen (mg/kg TG Moos) in den einzelnen Regionen.

Weitere 'hot-spots' bilden die auch bei anderen Metallen als 'Problemzonen' auftretenden Sammelpunkte 5-89-1 H (unteres Inntal), 4-64-1-Hp (Salzburg-Plainfeld) und 6-186-1-P (Treibach-Althofen). In Treibach wurde der höchste, zur Klassifikation herangezogene Ni-Wert gemessen (11,4 µg/g). Als Verursacher dieser deutlich erhöhten Nickelkonzentrationen (wie auch bei Mo und V – siehe dort) müssen die Treibacher Chemischen Werke in Betracht gezogen werden. Die noch vor einigen Jahren extrem hohen Ni-Emissionen (7,6 t/Jahr 1987) sind laut Werksleitung inzwischen auf 70.000 kg/Jahr reduziert worden (WINIWARTER & SCHNEIDER, 1992). Die Ergebnisse der Moosproben sind auf Depositionsraten der Jahre 1992-1995 zurückzuführen. Daß die gemessenen Konzentrationen nicht auf Altlasten zurückzuführen sein können wurde bereits in Kapitel 3.1.8.3 diskutiert.

Der Punkt 6-161-1-P, mit etwas erhöhten Ni-Werten, liegt im Bereich der Industrieregion Knittelfeld/Zeltweg.

Für die parallel beprobten WBS-Standorte 6-186-1-P (Treibach), 6-161-1-P (Knittelfeld) und 4-52-1-Hp (Machland) liegen leider keine Ni-Werte für Humus vor. Im Falle des Machlandes weist aber der Horizont 0-10 cm höhere Gehalte auf als die tieferen Bodenschichten, was auf anthropogene Einträge schließen läßt, allerdings sind in dieser Probe auch die Titankonzentrationen im Moos erhöht (Bodenkontamination). Relativ hohe Grundgehalte an Nickel weisen die Böden des Standortes 5-89-1-H (unteres Inntal) auf, sehr geringe hingegen die des Standortes 4-64-1-Hp (Salzburg-Plainfeld), 4-51-1-HP (Steyr) und 5-71-1-HP (Waidhofen/

Ybbs). Im Falle des Standortes unteres Inntal könnte darnach leichte Bodenkontamination vorliegen, was auch die erhöhten Fe-Gehalte dieses Standortes nahelegen, nicht allerdings der Bodenhauptindikator Ti, dessen Konzentration äußerst gering ist. Am Standort 4-64-1-HP könnte Traufeinfluß bzw. Bodenkontamination vorliegen.

3.1.10 Blei (Pb)

3.1.10.1 Allgemeines

Blei (OZ 82; AM 207,2) ist für keinen Organismus essentiell, aber sowohl für Pflanzen als auch Tiere toxisch. Seine toxische Wirkung begründet sich einerseits aus der Reaktion der Blei-Ionen mit den freien SH-Gruppen von Proteinen (nicht kompetitiven Hemmung), andererseits aus der Inhibition diverser Enzyme aufgrund der chemischen Ähnlichkeit von Blei mit anderen Metall-Ionen (z. B. Calcium). Dementsprechend wird es primär im Knochensystem abgelagert. Hohe Bleikonzentrationen findet man, wie bei anderen Schwermetallen auch, in Leber und Niere. Akute Bleivergiftungen sind selten, es überwiegen chronische Schäden (Blutbildung, Nervensystem). Eine Karzinogenität von Blei ist nicht nachgewiesen. Phytotoxische Erscheinungen treten nur bei sehr hohen Konzentrationen auf.

Blei ist von den stärker toxischen Schwermetallen das in der Erdkruste am häufigsten vertretene Element (Nr. 36 in der Häufigkeitsliste der Erdkrustenelemente). Obwohl es mehr als 200 bleihaltige Mineralien gibt, sind nur wenige wirtschaftlich nutzbar. Den höchsten Bleigehalt (87 %) hat Bleiglanz (PbS). Blei kommt oft mit anderen Mineralien in gemeinsamen Lagerstätten vor (vor allem mit Zn, Cu, Fe). Die Humusaufgaben der Waldböden Österreichs weisen durchschnittlich 100 ppm (karbonatbeeinflusst) bzw. 80 ppm (karbonatfrei) auf. In 30-50 cm Tiefe sinkt der Bleigehalt auf 52 ppm bzw. 22 ppm ab (MUTSCH, 1992a). Die stark erhöhten Werte im Humus deuten auf den hohen anthropogenen Eintrag hin, aber auch die tieferen Schichten scheinen dementsprechend beeinflusst. Der natürliche Bleigehalt von Böden ist aufgrund des jahrhunderte alten anthropogenen Einflusses und der Fernverfrachtung von Blei über weite Strecken hinweg kaum zu eruieren. In landwirtschaftlich intensiv genutzten Böden sind die Bleigehalte signifikant höher als in extensiv genutzten Grünlandböden oder in Wäldern (SALZBURGER BODENZUSTANDSINVENTUR, 1993).

Weltweit stammt der Hauptteil aller Bleimissionen aus der Verbrennung von verbleitem Benzin (ca. 90 %). Die organischen Bleiverbindungen Bleitetraethyl und Bleitetramethyl werden dem Kraftstoff als Antiklopffmittel für Benzinmotoren beigesetzt. Die Freisetzung erfolgt primär partikulär als Bleichlorid, -bromid oder -oxid, aber auch als organische Verbindung (5-10 %), welche aufgrund ihrer lipophilen Eigenschaften hoch toxisch sind. Seit Einführung des unverbleiten Benzins sind die Bleimissionen zumindest in den Ländern, in denen dieses auch in entsprechendem Ausmaß verwendet wird, stark rückläufig. Die durch Verbrennungsprozesse freigesetzten Aerosole (Teilchengrößen < 1 µm) haben eine lange Verweildauer in der Atmosphäre und unterliegen besonders weiten Verfrachtungen.

Weite Verwendung findet Blei auch in der Batterieherstellung, in geringerem Umfang als Legierungsbestandteil, für Rohre und Kabelummantelungen oder elementar (Bleischrote für die Jagd oder zum Tontaubenschießen). Neben der Freisetzung bei der Bearbeitung oder Herstellung bleihaltiger Materialien, wird Blei auch noch bei der Verhüttung von Kupfer- und Zinkerzen und bei der Stahlproduktion freigesetzt. Die dabei emittierten Partikel (< 2,5 µm) lagern sich überwiegend in unmittelbarer Umgebung der Emittenten ab.

Blei wird seit historischen Zeiten verwendet und ist jenes Schwermetall mit dem höchsten anthropogenen Anreicherungsfaktor. Die menschliche Freisetzung ist 28 mal höher als die natürliche und selbst nach Abzug des verbleiten Benzins bleibt noch ein Anreicherungsfaktor von 7 (VERRY & VERMETTE, 1992).

In Österreich sind laut WINIWARTER & SCHNEIDER (1995) 53 % aller Bleiemissionen dem verbleiten Benzin, 4 % dem unverbleiten Benzin und 5 % dem Diesel zuzuschreiben. 20 % entstammen aus der Verbrennung von Holz, der Rest lokalen Emittenten (z. B. BBU Arnoldstein 6 %). Die jährliche Gesamtemission in Österreich beträgt etwa 215 Tonnen pro Jahr. Eine jüngere Abschätzung von ORTHOFER (1996) für das Jahr 1994 gibt nur mehr 24 Tonnen pro Jahr an. Nach diesen Kalkulationen stammt der Hauptanteil der Bleiemissionen aus industriellen Prozessen (57 %), der Verkehr wird nur mehr mit 3 % Emissionsanteil angegeben.

3.1.10.2 Österreich gesamt

Der Mittelwert aller in Österreich gemessener Bleikonzentrationen in Moosproben liegt bei 9,8 µg/g, der Median bei 8,9 µg/g, das gemessene Minimum bei 2,1 µg/g und das Maximum bei 28,6 µg/g.

3.1.10.3 Regionale Verteilung

Die Verteilung der Bleikonzentrationen in den einzelnen Regionen ist durchaus gleichmäßig (Abb. 11), in jeder Region treten aber Zonen stark erhöhter Konzentrationen auf (Karte 11a, b). Einzig die Region 5 (Nördliche Kalkalpen) liegt ca 20 % über dem Durchschnitt, dies ist aber kein signifikanter Unterschied zu irgendeiner anderen Region. Die erhöhten Werte in diesem Bereich sind in hohem Ausmaß auf Depositionen aus dem Ferntransport zurückzuführen (siehe unten).

Im Folgenden werden Gebiete bzw. Sammelpunkte mit Konzentrationen über 12 µg/g besprochen:

Eine auffällige Zone mit erhöhten Bleikonzentrationen ist das untere Inntal. Hier ist einerseits ein lokaler Emittent (in Brixlegg) zu nennen und andererseits sind es diffuse Quellen. Letztere sind die hohe Verkehrsdichte (verbleites Benzin aus dem Transitverkehr), gehäuftes Vorkommen lokaler Industrien und vermehrte Inversionswetterlagen. In Brixlegg werden laut Werksangaben der Kupferhütte 362 kg Pb pro Jahr emittiert. Die tatsächlichen Emissionen könnten allerdings bedeutend höher sein (WINIWARTER & SCHNEIDER, 1995). Im Raum Vomp/Schwaz sowie nördlich von Innsbruck treten zusätzlich Vererzungen mit Bleiglanz im Untergrund auf, ebenso im Bereich Zillertal/Wildschönau (BERICHT ÜBER DEN ZUSTAND DER TIROLER BÖDEN, 1989).

Die Faktoren Verkehrsdichte, Industrien und vor allem auch Ferntransport dürften Hauptverursacher relativ hoher Konzentrationen im Rheintal bzw. Walgau sein.

In Südkärnten sind die höheren Konzentrationen lokalen Faktoren wie Verkehr (verbleites Benzin aus den Balkanstaaten) und alten Industrie- und Abbaubetrieben (BBU Arnoldstein, Bleiberg, Batteriebetrieb Feistritz) zuzuschreiben. Im Ostteil der Karawanken finden sich zahlreiche kleine Pb-Zn-Vererzungen (z. B. Windisch-Bleiberg), die ebenfalls Ursache der erhöhten Pb-Gehalte in den Moosproben der Region sein könnten.

Am 'hot-spots' 3-190-2-P (Leibnitz) sind mit hoher Wahrscheinlichkeit lokale Emissionen ausschlaggebend, hier sind auch die Mo- und Cu-Werte erhöht. Möglicherweise sind die Emissionen des KFZ-Verkehrs (Transit) dominierend (verbleites Benzin aus Slowenien, Cu aus Dieseltreibstoffen).

Am Punkt 6-136-1-P (Hartberg) sind zusätzlich zu Blei die V- und Ni-Werte etwas erhöht, was ebenfalls lokale Emissionen vermuten läßt, wenngleich es keine größeren Industriebetriebe im Gebiet gibt. Laut Geochemischem Atlas (THALMANN et al., 1989) könnten auch geogene Ursachen vorliegen (ungeklärt), selbiges gilt für den Raum Mürzsteg (5-102-1-H).

Die steirischen Industriezonen wie Leoben/Niklasdorf (6-133-1-P) oder Voitsberg/Bärnbach (6-163-1-P) zeigen mäßig erhöhte Konzentrationen.

Die lokale metallbearbeitende Industrie im westlichen niederösterreichischen Alpenvorland könnte (Waidhofen/Amstetten/Steyr) dort Verursacher der Konzentrationen über $16 \mu\text{g/g}$ sein, möglicherweise dominieren aber Depositionen aus dem Ferntransport (u. a. aus dem Großraum Linz).

Die 'hot-spots' (2-61-1-A, 2-77-1-A, 6-76-1-P) im äußersten Osten sind wahrscheinlich einerseits auf erhöhte Verkehrsdichte und andererseits auf Ferntransport (z. B. aus Bratislava) zurückzuführen. Dies gründet nicht zuletzt auf den geringeren Anteil an bleifreiem Benzin in den Oststaaten, vor allem in der Slowakei. Ein zusätzliche Rolle dürften erhöhte Verbrennungsprozesse aus dem Großraum Wien und deren Verfrachtung (Hauptwindrichtung NW) spielen.

Weite Teile der Region 5 sind zweifelsfrei durch Immissionen aus dem Ferntransport betroffen. Wie schon erwähnt, unterliegen die durch Verbrennungsprozesse freigesetzten Bleipartikel weiten Verfachtungen und einer primären Deposition über Niederschläge. Da die meisten Gebiete innerhalb der Region 5 weit überdurchschnittliche Regenmengen aufweisen, sind hier auch zumeist erhöhte Konzentrationen zu finden. Die erhöhten Konzentrationen im Salzkammergut (z. B. 5.96-1-H; $>2.000 \text{ mm}$ Jahresniederschlag) sind deshalb wohl fast ausschließlich auf diesen Umstand zurückzuführen. Die meisten betroffenen Sammelpunkte dieser Region liegen in Gebieten mit durchschnittlich $>1.750 \text{ mm}$ Niederschlag/Jahr (STEINHAUSER, 1972). Die Konzentrationsskarte für Pb (wie auch für Cd) zeigt in vergleichbaren Bereichen hohe Ähnlichkeit mit den Karten von KOVAR & PUXBAUM (1992) für die nassen Depositionen von NH_4 , NO_3 und SO_4 im Ostalpenraum. Dies spricht zusätzlich für die Immissionshypothese über Ferntransport und nasser Deposition.

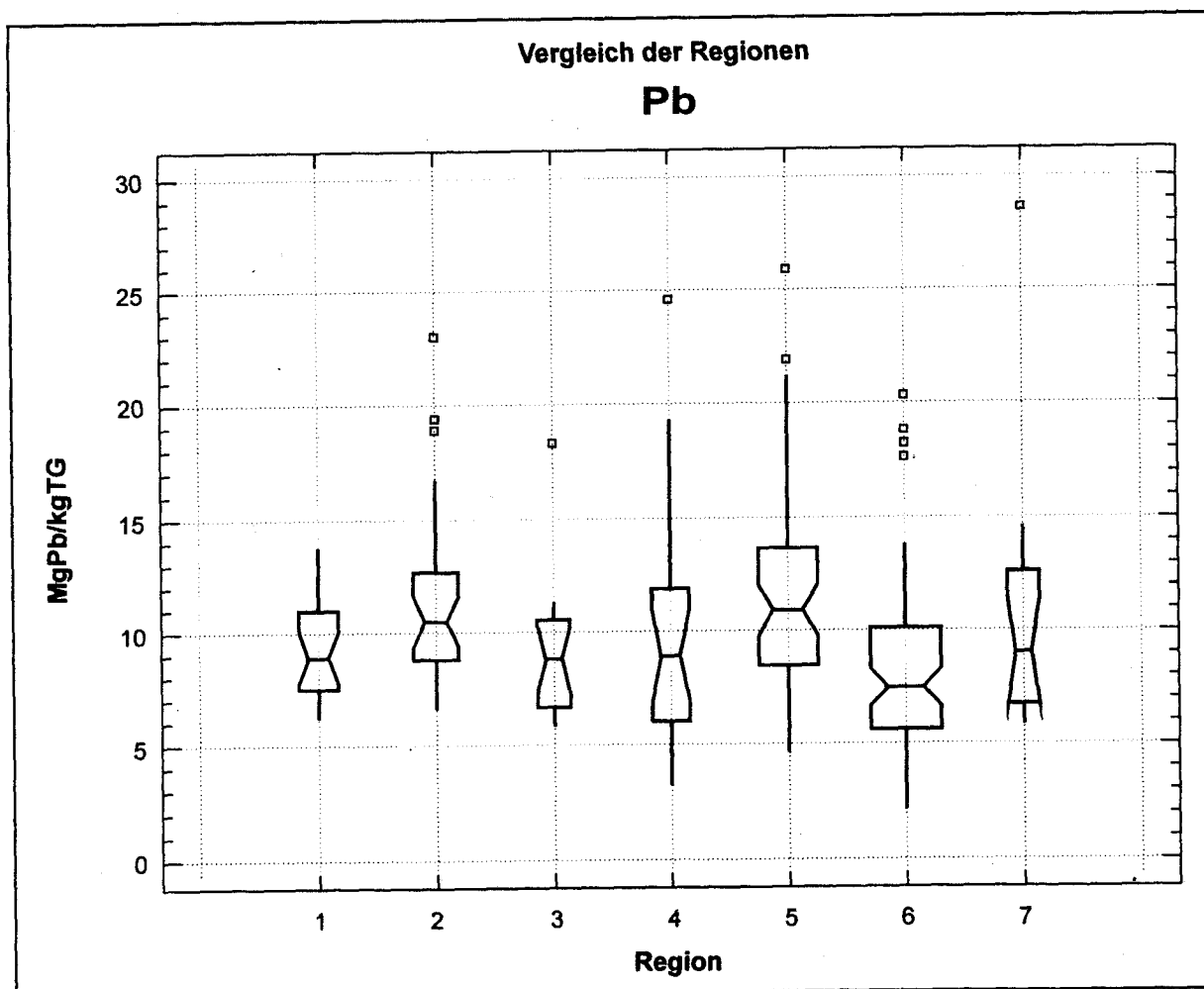


Abb. 11: „Notched box & whisker plots“ der Bleikonzentrationen (mg/kg TG Moos) in den einzelnen Regionen.

Auffällig ist (wie auch bei Cd) die überaus hohe Übereinstimmung der Punktkarte für Bleikonzentrationen in Moosen mit jener aus der Waldbodenzustandsinventur (MUTSCH, 1992a). In den meisten Punkten mit erhöhten Konzentrationen im Moos findet man auch erhöhte Bleikonzentrationen im Humus, unabhängig ob dies ganze Regionen (z. B. Salzkammergut, Inntal, südliches Kärnten) oder einzelne auffällige Punkte (z. B. 5-112-1-H, 6-76-1-P, 4-53-1-HP) betrifft. Nachdem Blei im Humus eine bedeutend längere Verweildauer hat, als die durch die Moosmethode erfaßte Zeit, bedeutet dies, daß sich zwar möglicherweise an der Quantität der Einträge in den letzten Jahren einiges verändert hat, aber nur in den seltensten Fällen am Verteilungsmuster, welches in unmittelbarem Zusammenhang mit den Emittenten steht. Daß die gefundenen Korrelationen in einer Bodenkontamination begründet sein könnten, kann für die meisten Punkte ausgeschlossen werden (Kapitel 3.10).

Durch keine Darstellungsform ist die Höhenabhängigkeit der Bleideposition berücksichtigt. Dieses in früheren Publikationen (ZECHMEISTER, 1994, 1995a) ausführlich diskutierte Problem kommt durch die interpolierte Kartendarstellung nicht zu Tage. Bei Blei (wie auch bei Cadmium) ist daher diese Darstellungsform (Karte 11a) nur mit größeren Einschränkungen zu interpretieren. Für die flächenbezogene Analyse der Pb-Depositionen sollten demnach primär nur die Punktkarten (Karte 11b) herangezogen werden.

3.1.11 Titan (Ti)

3.1.11.1 Allgemeines

Titan (OZ 22; AM 47,9) ist weder für Tiere noch Pflanzen essentiell, könnte aber bei der Luftstickstofffixierung durch Bakterien eine gewisse Rolle spielen. Titan gilt in weiten Konzentrationsbereichen als nicht toxisch und nicht akkumulativ. Titandioxid-Pigmente gelten aufgrund ihrer Größe (20µm) als gesundheitsgefährdender Staub.

Titan steht an 9. Stelle in der Häufigkeitsliste der Elemente der Erdkruste. Seine durchschnittliche Konzentration in Böden ist 3.500 ppm. Aufgrund des hohen Titangehaltes im Boden und der verhältnismäßig geringen anthropogenen Freisetzung gilt Titan als bester Indikator für die Bodenverunreinigung von Proben (z. B. BROWN & BROWN, 1990). Anthropogen genutzte Titanminerale sind die Titandioxide (TiO₂) Rutil und Ilmenit, Eisenerze enthalten ebenfalls oft größere Mengen an Titan.

Titan wird vor allem für die Pigmentherstellung (Ölfarben, Keramik, Lebensmittel etc.) benötigt. Anthropogene Freisetzungen von Titan beruhen primär auf der Erzverarbeitung sowie der Kohle- und Müllverbrennung und der Stahlindustrie.

Titan-Konzentrationen in Moosen

Wie die Doppelproben der Analyse zeigten, traten bei der Analyse der Ti-Konzentrationen bisweilen beträchtliche Schwankungen auf. Für eine quantitativ korrekte Analyse hätte ein außerhalb des Routineprozesses stehender Aufschluß durchgeführt werden müssen. Daher ist bei einzelnen Proben mit Minderbefunden zu rechnen, d. h. daß hohe Werte als solche durchaus ihre Richtigkeit haben, daß geringe Konzentrationen aber nicht der Realität entsprechen müssen. Die gemessenen Werte sind nur als Richtwerte zur Identifizierung von potentieller Bodenkontamination aufzufassen. Aus diesem Grund werden die Titanergebnisse auch nicht tabellarisch aufgelistet oder statistisch weiter ausgewertet.

Bodenkontamination lag in hohem Ausmaß bei der Probe 2-60-1-A vor. Diese Probe wurde dementsprechend von einer weiteren statistischen Analyse ausgeschlossen.

Die höchsten Ti-Werte (im einzelnen und allgemeinen) wurden in der Region 2 gefunden, welche sich durch offene, nur periodisch vegetationsbedeckte Landschaft (intensiver Wein- und Ackerbau) auszeichnet. Zusätzlich neigen die in Region 2 verwendeten Moosarten aufgrund der Wuchsform zu einer stärkeren Kontamination mit Bodenteilchen. Dies betrifft vor allem *Hypnum cupressiforme*, welches darum auch nur in unausweichlichen Ausnahmefällen verwendet wurde (Kapitel 4).

Höhere Werte als in allen anderen Regionen (mit Ausnahme Region 2) gibt es auch in Region 1, hier möglicherweise aufgrund der bedeutend höheren Ti-Gehalte in Graniten (durchschnittlich 3.000 ppm) als in anderen Gesteinen (z. B. Kalk – 400 ppm), wodurch bereits ein deutlich geringerer Bodenanteil dieselben Ti-Konzentrationen ergibt.

3.1.12 Vanadium (V)

3.1.12.1 Allgemeines

Vanadium (OZ 23, AM 50,9) ist nur für bestimmte Organismen essentiell. In größeren Konzentrationen kommt es z. B. in den Vanadozyten im Blut von Seescheiden (Ascidien) vor. Es wird auch für die N_2 -Fixierung durch Bakterien benötigt und ist essentiell für Hühner und Ratten, möglicherweise auch für den Menschen. Die genaue Funktion von V ist in diesem Fall unklar, vermutlich spielt es aber im Energiehaushalt eine Rolle. In größeren Konzentrationen ist Vanadium aber hoch toxisch für Tiere, ist akkumulativ und karzinogen. Der natürliche Gehalt in Pflanzen liegt zwischen 0,5 und 4 ppm.

Vanadium steht an 20. Stelle in der Häufigkeitsliste der Elemente der Erdkruste. Es kommt in zahlreichen Erzen vor, in größeren Mengen aber im Vanadinit $\{Pb_5[Cl(VO_4)_3]\}$, bzw. in Titan-Eisenerzen. Je nach Herkunftsland können größere Mengen V auch in Erdöl und Kohle enthalten sein (bis zu 1400 µg/g; HERPIN et al., 1994). In Böden finden sich durchschnittlich zwischen 10 und 100 ppm Vanadium.

Über 80 % des gewonnenen Vanadiums wird als Zusatz zu Eisen- oder Stahllegierungen verwendet, vor allem für den Einsatzbereich von Geräten mit besonderer Belastung (Hochgeschwindigkeitsfahrzeugen, besonders widerstandsfähige Werkzeuge, Rostschutz). Vanadium wird auch als Katalysator in der chemischen Industrie eingesetzt (Kunststoffherzeugung). Häufigste Emissionsquellen sind die Metallproduktion, Flugaschen aus Öl- und Kohleverbrennung, Zementwerke und Ölraffinerien.

Für Österreich liegen keine Gesamtemissionsdaten vor.

3.1.12.2 Österreich gesamt

Der Mittelwert aller in Österreich gemessener Vanadiumkonzentrationen in Moosproben liegt bei 1,7 µg/g, der Median bei 1,3 µg/g, das gemessene Minimum bei 0,3 µg/g und das Maximum bei 14,7 µg/g.

3.1.12.3 Regionale Verteilung

Wie auch in anderen Ländern zeigt die V-Verteilung hohe Ähnlichkeit mit der Verteilung der Ni-Konzentrationen (Karte 12a, b). Die Region 2 weist deutlich erhöhte V-Konzentrationen auf (Median 3,2 µg/g). Diese Region unterscheidet sich signifikant von allen anderen (Abb. 12). Ebenfalls erhöht, wenngleich auch weniger deutlich als in der eben erwähnten Region, sind die Konzentrationen in Region 1 (Median 1,9 µg/g). Alle anderen Regionen weisen durchwegs Konzentrationen unter 1,5 µg/g auf (Karte 12b).

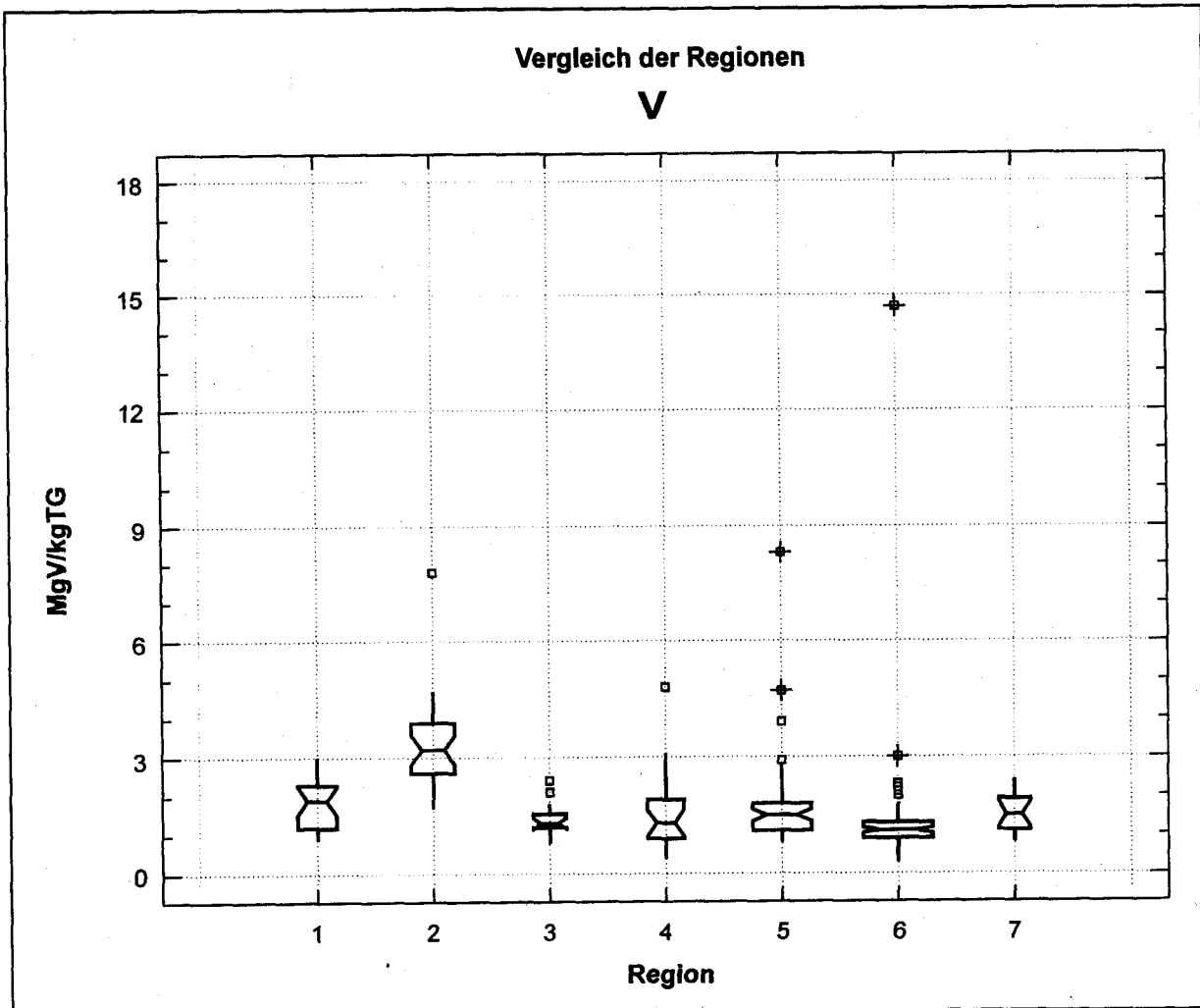


Abb. 12: „Notched box & whisker plots“ der Vanadiumkonzentrationen (mg/kg TG Moos) in den einzelnen Regionen.

Die erhöhten Konzentrationen in der Umgebung Wiens sind vermutlich auf die Emissionen aus Verbrennungsprozessen in diesem Raum und deren Verfrachtung zurückzuführen. Wieweit die Ölförderanlagen nordöstlich von Wien bzw. die Raffinerie Schwechat (OMV) an den zum Teil stark erhöhten Konzentrationen in dieser Gegend (Sammelpunkte 2-42-1-A, 2-59-1-A, 2-61-1-A) beteiligt sind kann nicht beurteilt werden, aufgrund weltweiter Erfahrungen müssen diese aber als potentielle Emittenten in Betracht gezogen werden. Aufgrund der slowakischen Daten (MANKOVSKA, pers. Mitt.) muß auch die Raffinerie bei Bratislava als bedeutender Emittent eingestuft werden. Des weiteren sind in der gesamten Region 2 der Ferntransport aus den tschechischen und polnischen Industrievieren und mäßige Bodenkontamination wirksam. Am Sammelpunkt 2-77-1-A muß auch das nahegelegene Zementwerk als potentieller Verursacher in Betracht gezogen werden.

Der höchste aller gemessenen V-Werte stammt vom Sammelpunkt 6-186-1-P (Treibach). In den Treibacher Chemischen Werken ist nicht nur eine Vanadinanlage in Betrieb, sondern es werden auch eine Vielzahl anderer schwermetallhaltiger Legierungen hergestellt bzw. verarbeitet. Die V-Emissionen betrugen im Jahr 1987 1029 kg, 1992 wurden die Emissionen werkseitig mit 480 kg angegeben. Die V-Emissionen sind seit 1989 wieder leicht im steigen begriffen (UMWELTBUNDESAMT, 1992). Die in Moosen gemessenen Konzentrationen spiegeln die Immissionen der Jahre 1992-1995 wider. Ein bodenbedingter Eintrag von Altlasten kann ausgeschlossen werden (siehe auch Kapitel 3.1.8.3 und 3.1.9.3).

Unklar bleibt der sehr hohe Wert vom Standort 5-68-1-P (Ternberg/Schoberstein). Es gibt zwar einige traditionelle eisenbearbeitende Kleinbetriebe in dieser Region, aber von allen anderen Schwermetallen zeigt nur noch Hg erhöhte Werte. Möglicherweise ist auch lokaler Hausbrand verantwortlich.

Beim Punkt 6-169-1-P (Silvretta) muß Bodenkontamination in Betracht gezogen werden, ebenso bei Punkt 4-64-1-Hp (Salzburg Eugendorf).

Die interpolierten Karten der vorliegenden Studie (Aufsammlung 1995) und der Pilotstudie (Aufsammlung 1991) zeigen trotz der in der Pilotstudie deutlich verringerten Probenanzahl gute Übereinstimmung.

3.1.13 Zink (Zn)

3.1.13.1 Allgemeines

Zink (OZ 30; AM 65,4) ist als Bestandteil vieler Enzyme ein für Pflanzen und Tiere essentielles Element. Es ist nur in sehr hohen Konzentrationen toxisch und reichert sich im menschlichen Körper nicht an. Akute Zinkvergiftungen äußern sich bei Pflanzen im Vergilben der jungen Blätter und Absterben des Vegetationspunktes, bei Tieren in Infertilität und Hautveränderungen. Zinkmangelerscheinungen treten häufiger auf als Überdosen und sind dementsprechend bedenklicher.

Zink steht an 24. Stelle in der Häufigkeitsliste der Erdkruste. Es kommt in sehr vielen Mineralien vor, zumeist vergesellschaftet mit Fe oder Mg, wie in Pyroxenen $[(\text{Mg,Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6]$ oder Amphibolen $[\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$. Industriell wird Zink unter anderem aus Zinkblende (ZnS) oder Zinkspat (ZnCO_3) gewonnen. Die Humusaufgaben der karbonatbeeinflussten Böden der Standorte der Waldbodenzustandsinventur weisen im Durchschnitt 125 ppm Zn auf, karbonatfreie durchschnittlich 76 ppm (MUTSCH, 1992a). Mit zunehmender Bodentiefe nehmen die Zn-Gehalte der Böden ab. Die höheren Werte in karbonatbeeinflussten Böden sind auf die Mobilität von Zn in Abhängigkeit vom pH-Wert zurückzuführen. In basischen Böden wird Zn rasch gebunden, während es in sauren Böden relativ mobil ist. Der Transferkoeffizient Pflanze – Boden ist bei Zn relativ hoch. Über Böden mit hohen Zinkkonzentrationen (Galmeiböden) entwickelt sich eine eigene angepaßte Flora (Galmeiflora) aus. Moose dürften einen relativ hohen Eigengehalt an Zink haben (ca. 20 µg/g), welcher unabhängig von den Emissionen ist und bei Depositionsberechnungen zum Abzug zu bringen ist.

Zink wird in erster Linie als Rostschutz von Eisen- und Stahlprodukten verwendet. Sowohl anorganische als auch organische Zinkverbindungen finden eine äußerst breite Verwendung. Zinkoxid (ZnO) wird z. B. in Salben, Düngemitteln, Pigmenten oder Autoreifen verwendet, organische Verbindungen wie Zinkpropionat dienen u. a. als Fungizide. Einige dieser Verbindungen sind toxisch (z. B. Zinkvitriol) oder karzinogen (Zinkchromat).

Hauptemittenten von Zink sind Zn-verarbeitende Industrien, Buntmetallindustrie aber auch Kohlekraftwerke und die Verbrennung von Kraftstoffen durch Fahrzeuge. Zink wird vermutlich auch durch den Reifenabrieb freigesetzt. Zink besitzt nach Pb und Cd den dritthöchsten anthropogenen Anreicherungsfaktor (Faktor 3).

Die Zink-Emissionen in Österreich betragen jährlich ca. 97 Tonnen, neuere Berechnungen sprechen sogar von 200 t/Jahr (SCHNEIDER, pers.Komm.). Die wichtigsten Emittenten sind private Kohleheizungen (mind. 50 %), gefolgt von KFZ-Kraftstoffen und Hochofen-Staubemissionen (WINIARTER & SCHNEIDER, 1995). ORTHOFER (1996) revidiert die jährlichen Zn-Emissionen deutlich nach oben (208 Tonnen).

3.1.13.2 Österreich gesamt

Der Mittelwert aller in Österreich gemessener Zinkkonzentrationen in Moosproben liegt bei 33 µg/g, der Median bei 31 µg/g, das gemessene Minimum bei 16 µg/g und das Maximum bei 80 µg/g.

3.1.13.3 Regionale Verteilung

Die Verteilung von Zn in den einzelnen Regionen ist relativ homogen, nur die Region 4 unterscheidet sich signifikant von den Regionen 6, 3 und 7 (Abb. 13).

Der Umstand, daß die Zn-Konzentrationen in Region 4 erhöht sind, ist vermutlich primär auf lokale Emissionen in dieser Region zurückzuführen. Allen voran steht dabei der oberösterreichische Zentralraum. Potentieller Hauptemittent in dieser Region ist die Eisen- und Stahlindustrie in und um Linz. Die der Stadt Linz nächsten Punkte zeigen die höchsten gemessenen Konzentrationen. Über erhöhte Zink-Emissionen aus den VÖEST-Betrieben liegen auch andere Untersuchungen vor (UMWELTBUNDESAMT, 1992).

Ein weiterer Schwerpunkt ist das untere Inntal. Hier ist als lokaler Emittent die Kupferhütte Brixlegg zu nennen, in deren Umgebung die höchsten Konzentrationen (z. B. 6-120-2-P) zu finden sind. Laut Werksangaben betragen die Zn-Emissionen 605 kg pro Jahr. Von allen in Brixlegg emittierten Schwermetallen hat Zn den höchsten Emissionsfaktor (WINIWARTER & SCHNEIDER, 1995). Zusätzlich dürften im Inntal die von anderen Schwermetallen schon bekannten Einflußgrößen wie hohe Verkehrs- und Siedlungsdichte, Hausbrand und vermehrte Inversionswetterlagen ausschlaggebend sein. Auffallend sind in Tirol folgende weiteren Standorte mit erhöhten Werten (> 45 µg/g): Am Sammelpunkt 6-150-1-P (Mayerhofen/Zillertal) sind auch die Pb- und Cu-Werte erhöht, lokales Verkehrsaufkommen ist hier als Ursache nicht auszuschließen, zusätzlich können diese Konzentrationen aufgrund lokaler Vererzungen auch geogen bedingt sein (BERICHT ÜBER DEN ZUSTAND DER TIROLER BÖDEN, 1989). Vererzungen mit Zinkblende und Bleiglanz sind in den Nordtiroler Kalkalpen (Karwendel, Lechtaler Alpen) allgemein zu beachten.

An anderen Sammelpunkten der Region 5, welche abseits größerer Verkehrsrouten, Industrien oder geogener Quellen liegen (z. B. 5-65-1-Hp) und nur Zn-Werte erhöht sind, könnte der Ferntransport eine Rolle spielen, da Zn eine hohe Korrelation zu den Niederschlagsmengen zeigt (ZECHMEISTER, 1995a).

Ähnliche Einflußgrößen wie im unteren Inntal (Verkehrs- und Siedlungsdichte, lokale Industrien) scheinen für das Rheintal und den Walgau zu gelten. Zusätzlich sind hier die Einträge aus erhöhten Regenmengen zu beachten (KOVAR & PUXBAUM, 1992). Im Silvretta-Gebiet sind auch erhöhte geogene Zn-Gehalte zu vermerken (THALMANN et al., 1989).

In den Kartendarstellungen ist auch der Standort 6-133-1-P (Donawitz/Leoben) auffallend. Dies ist der einzige Sammelpunkt in weiter Umgebung mit einer Zinkkonzentration von über 45 µg/g. Dafür dürfte mit hoher Wahrscheinlichkeit das Stahlwerk in Donawitz als lokaler Emittent verantwortlich sein. Schwermetallmessungen des vom Werk emittierten Staubes liegen bislang nicht vor (UMWELTBUNDESAMT, 1992).

Der Vergleich mit den Standorten der Waldbodenzustandsinventur zeigt in weiten Bereichen Parallelen (Inntal, Linz, OÖ Alpenvorland). Manche in der WBZI mit erhöhten Konzentrationen (> 150 ppm) ausgewiesene Standorte werden aber durch die Moosuntersuchung nicht bestätigt. Dies liegt zumeist darin, daß die Böden zum Teil hohe natürliche Zn-Gehalte oder Altlasten aufweisen, welche durch die Moose (nur atmosphärischer Eintrag der letzten drei Jahre) nicht erfaßt werden.

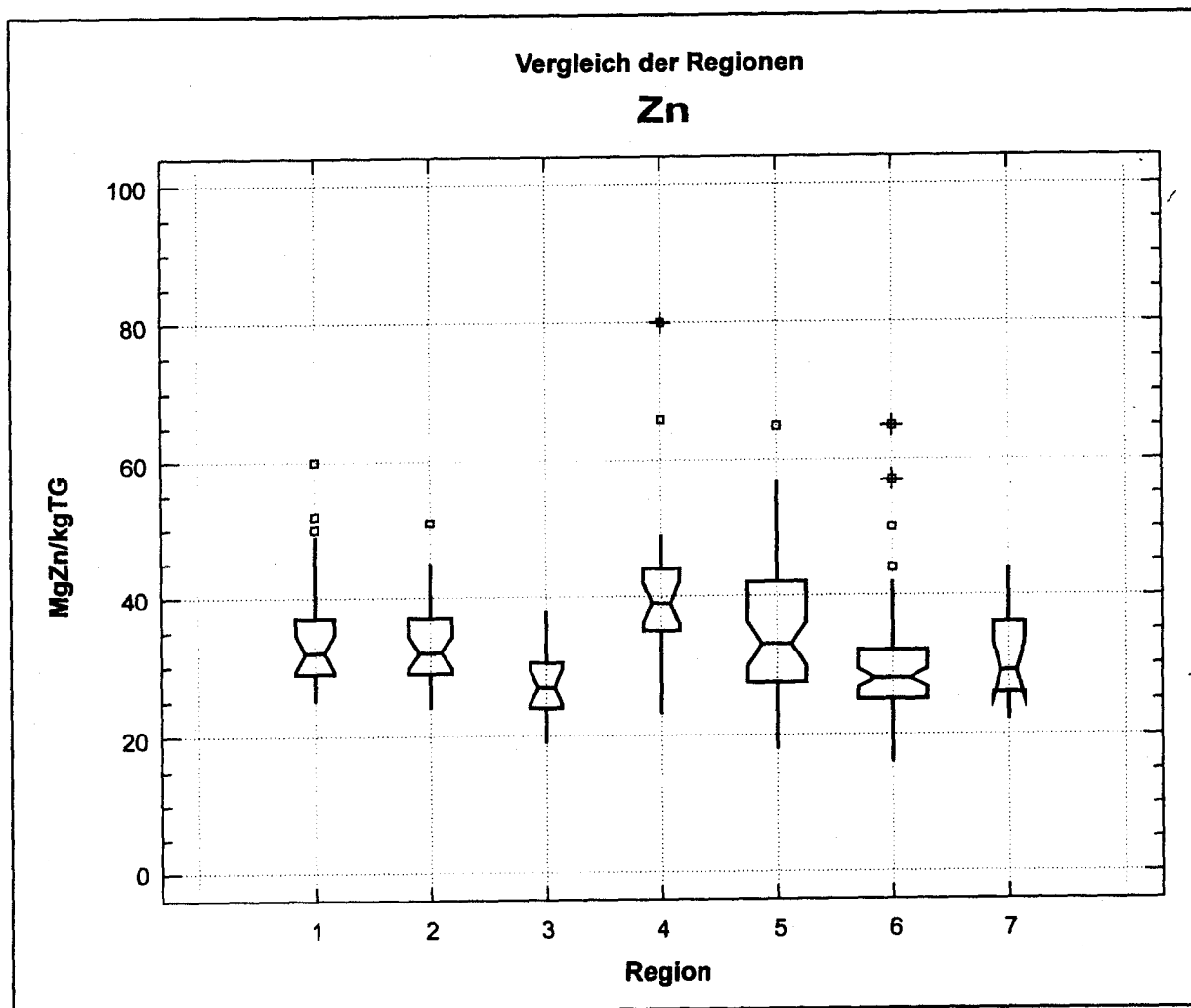


Abb.13: „Notched box & whisker plots“ der Zinkkonzentrationen (mg/kg TG Moos) in den einzelnen Regionen.

3.1.14 Schwefel (S)

Schwefel ist zwar kein Schwermetall, kann aber als Indikator für anthropogenen Schadstoffeinfluß im allgemeinen genommen werden. Nachdem anthropogen freigesetzter Schwefel vielfach aus den gleichen Emissionsquellen stammt wie eine Vielzahl an Schwermetallen, kann Schwefel auch als indirekter Gradmesser für Schwermetallimmissionen eingesetzt werden.

3.1.14.1 Allgemeines

Schwefel (OZ 16; AM 32,1) ist ein essentielles Element für alle Lebewesen und als Bestandteil der Aminosäuren Cystin, Cystein und Methionin in den meisten Proteinen enthalten. Schwefel ist ein Makronährelement und kommt als solches in größeren Mengen in jedem Organismus vor. Die Schädwirkungen des Schwefels bzw. einzelner Schwefelverbindungen (SO_2 , H_2SO_4 usw.) sind vor allem auf die osmotische Wirkung, Radikalbildung u.v.m. zurückzuführen. Bei Pflanzen kommt es u. a. zur Störung physiologischer Prozesse, Nekrosenbildung und Absterben der Blätter, bei Menschen vor allem zur Schädigung der Atemwege und Lunge.

Schwefel steht an 16. Stelle in der Häufigkeitsliste der Elemente der Erdkruste. Schwefel wird zum Teil elementar gewonnen, größere Mengen befinden sich u. a. auch in Pyrit (FeS_2), aber auch in Erdöl oder Kohle. Die Böden Mitteleuropas zeigen einen durchschnittlichen Gehalt von 100-2000 ppm, davon sind ca. 10-200 ppm für Pflanzen verfügbar (MUTSCH, 1992b). Ein Großteil des Schwefels liegt in organischer Form im Auflagehumus vor. Moose haben einen durchschnittlichen Grundgehalt von 750 ppm S, welcher bei Depositionsberechnungen zum Abzug gebracht werden muß.

Schwefel wird als Grundstoff in der chemischen Industrie eingesetzt. Der Hauptteil wird für die Schwefelsäureproduktion verwendet, aber auch zum Vulkanisieren sowie zur Erzeugung von Düngemitteln, Pharmazeutika, Pestiziden, Pigmenten und vielem mehr. Der größte Teil anthropogen freigesetzten Schwefels stammt aus der Verbrennung fossiler Energieträger und wird überwiegend als SO_2 freigesetzt.

Die Bilanz der SO_2 -Emissionen in Österreich ist stark rückläufig, laut UMWELTKONTROLLBERICHT (1996) haben sich die Emissionen im Zeitraum 1980-1993 um 82 % vermindert. Österreich ist damit bei der Reduktion der SO_2 -Emissionen Spitzenreiter aller europäischen Staaten. Hauptemittenten sind die Industrie (28,9 %), gefolgt von Kraft- und Heizwerken (17,7 %) und Kleinf Feuerungsanlagen (16,1 %). Die S-Gesamtemissionssumme beträgt in Österreich etwa 70.000 Tonnen pro Jahr (UMWELTKONTROLLBERICHT, 1996).

3.1.14.2 Österreich gesamt

Der Mittelwert aller in Österreich gemessener Schwefelkonzentrationen in Moosproben liegt bei 1121 $\mu\text{g/g}$, der Median bei 1110 $\mu\text{g/g}$, das gemessene Minimum bei 670 $\mu\text{g/g}$ und das Maximum bei 1980 $\mu\text{g/g}$.

3.1.14.3 Regionale Verteilung

Die regionalen S-Konzentrationen sind recht unterschiedlich (Karte 14a,b). Die Moose der Regionen 1 (Kristallines Mittelgebirge), 2 (Nordosten) und 4 (Nörtl. Alpenvorland) weisen erhöhte Gehalte auf und unterscheiden sich signifikant von den Regionen 3 (Südostabdachung), 6 (Zentralalpen) und 7 (Südalpen). Region 5 (Flysch- und Klakalpen) nimmt eine Zwischenstellung ein (Abb. 14).

In den Regionen 2 und 3 sind es vor allem die Sammelpunkte um die Ballungsräume Wien und Linz welche deutlich erhöhte Konzentrationen aufweisen.

In Region 1 dürften Depositionen aus dem Ferntransport für größere Konzentrationen mit verantwortlich sein. Erhöhte S-Werte in dieser Region werden im Boden und in Fichtennadeln berichtet (MUTSCH, 1992b). Ähnliches gilt für Teile der Region 5.

Zonen mit größerer Besiedelungs- und Industriedichte sind durch überdurchschnittliche S-Konzentrationen nachzuvollziehen.

Sieht man von den lokalen Emittentenschwerpunkten um Linz und Wien ab, zeigen die Konzentrationskarten für Schwefel in Moosen und die Depositionskarten von SO_4 von KOVAR & PUXBAUM (1992) gute Übereinstimmung.

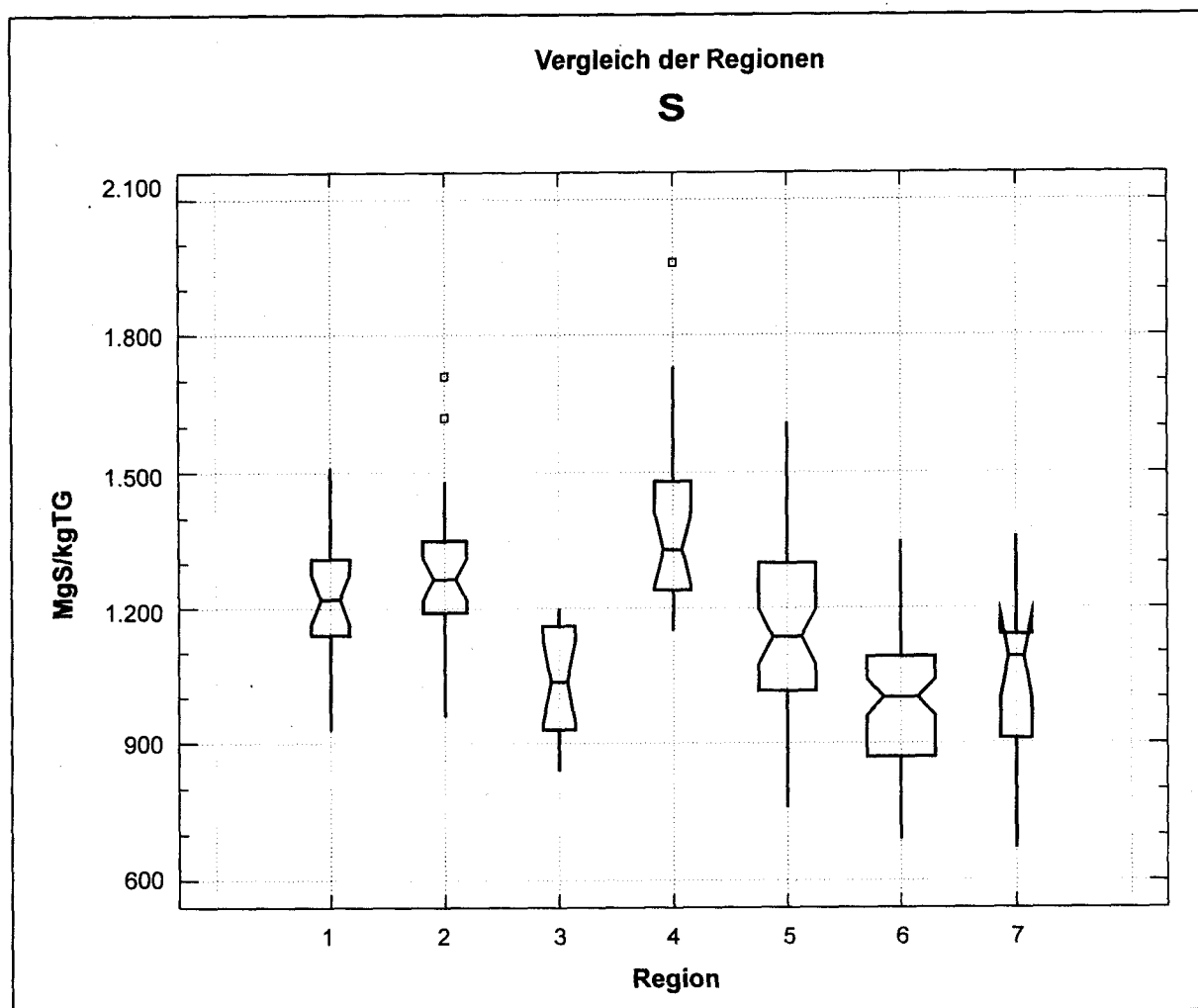


Abb. 14: „Notched box & whisker plots“ der Schwefelkonzentrationen (mg/kg TG Moos) in den einzelnen Regionen.

Tab. 2: Übersichtstabelle der Schwermetallkonzentrationen in Moosen gegliedert nach Regionen. Regionen mit Angabe der Anzahl der Probennahmepunkte. Konzentrationen in $\mu\text{g/g}$ Trockengewicht Moos.

OE ges(219)	Pb	V	S	Zn	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd	Mo	Co	As	Hg
Mittel	9,8	1,7	1.121	33	493	5,9	1,11	1,6	0,25	0,46	0,28	0,16	0,06
Median	8,9	1,3	1.110	31	340	5,4	0,7	1,3	0,22	0,32	<0,25	<0,13	0,06
Stand.Abw.	4,4	1,4	212	9,8	412	1,9	1,01	1,2	0,11	0,59	0,22	0,18	0,02
Minimum	2,1	0,3	670	16	70	2,8	0,2	0,4	<0,1	<0,25	<0,25	<0,13	<0,01
Maximum	28,6	14,7	1.960	80	2.430	16,7	10	11,4	0,71	7,66	1,18	1,34	0,15
Var.koeff.	44,7	81,1	18,9	29,7	83,5	33,3	95,9	76,3	45,2	127,9	78,6	116,4	36,3
Region 1(23)	Pb	V	S	Zn	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd	Mo	Co	As	Hg
Mittel	9,3	1,8	1.214	36	502	6,1	1,17	1,43	0,25	0,24	0,25	0,1	0,05
Median	8,9	1,9	1.220	32	480	5,2	1	1,2	0,22	0,26	<0,25	<0,13	0,05
Stand.Abw.	2,3	0,5	139	9,2	256	1,8	4,4	0,55	0,1	0,1	0,16	0,06	0,17
Minimum	6,2	0,9	930	25	170	3,9	0,4	0,7	0,17	<0,25	<0,25	<0,13	0,02
Maximum	13,8	3	1.510	60	1.270	10,3	10	3	0,66	0,45	0,65	0,34	0,08
Var.koeff.	24,9	32,1	11	25,6	51	28,9	124,4	38,7	41,46	42,8	62,5	63,9	33,2

Region 2(20)	Pb	V	S	Zn	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd	Mo	Co	As	Hg
Mittel	10,9	3,5	1.320	34	1.220	6,19	2,1	2,5	0,22	0,32	0,46	0,48	0,06
Median	9,6	3,2	1.280	33	1.165	6,1	2,2	2,5	0,2	0,32	0,5	0,44	0,07
Stand.Abw.	3,5	1,5	171	7,5	517	1,1	0,8	0,8	0,07	0,12	0,2	0,26	0,02
Minimum	6,6	1,7	1.100	24	510	4,5	1	1,1	0,13	<0,25	<0,25	0,16	<0,01
Maximum	19,4	7,8	1.710	51	2.430	8,6	4	4,3	0,36	0,48	1,57	1,12	0,09
Var.koeff.	31,8	42,4	12,9	22	42,4	17,4	38,4	32,5	31,2	36,7	53,8	53,3	29,5
Region 3(16)	Pb	V	S	Zn	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd	Mo	Co	As	Hg
Mittel	9,1	1,4	1.039	27	392	4,9	0,78	1,6	0,25	0,74	0,34	0,11	0,04
Median	8,8	1,3	1.035	27	350	4,8	0,75	1,5	0,24	0,85	0,33	<0,13	0,04
Stand.Abw.	3,1	0,4	121	4,9	154	0,9	2,24	0,73	0,05	0,38	0,18	0,07	0,01
Minimum	5,8	0,8	840	19	200	3,6	0,4	0,8	0,17	<0,25	<0,25	<0,13	0,02
Maximum	18,3	2,4	1.200	38	760	7	1,3	3,9	0,34	1,39	0,66	0,33	0,07
Var.koeff.	34	29,4	12	17,9	39	18,8	30,6	45,7	21,7	52,2	52,6	64,1	30,2
Region 4(21)	Pb	V	S	Zn	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd	Mo	Co	As	Hg
Mittel	9,8	1,6	1.386	41	574	7,5	1,38	1,86	0,31	0,31	0,36	0,18	0,08
Median	8,9	1,3	1.330	39	380	6,9	0,7	1,3	0,26	0,31	<0,25	<0,13	0,07
Stand.Abw.	5,4	1,09	197	12,5	622	1,8	1,26	1,08	0,12	0,17	0,33	0,22	0,02
Minimum	3,2	0,4	1.150	23	90	5,2	0,2	0,7	0,15	<0,25	<0,25	<0,13	0,04
Maximum	24,6	4,8	1.960	80	2.350	12	4,9	4,1	0,61	0,66	1,18	0,84	0,11
Var.koeff.	54,9	69,2	14	30,3	108	24	91,3	58,3	39,4	56,5	91,4	121,3	29,3
Region 5(50)	Pb	V	S	Zn	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd	Mo	Co	As	Hg
Mittel	11,9	1,8	1.144	36	422	6,4	0,9	1,55	0,31	0,34	0,19	0,11	0,07
Median	10,9	1,5	1.130	33	300	6,2	0,7	1,05	0,28	0,32	<0,25	<0,13	0,06
Stand.Abw.	4,8	1,2	193	10,4	323	2,7	0,63	1,42	0,13	0,17	0,15	0,09	0,02
Minimum	4,6	0,87	760	18	110	2,9	0,3	0,5	0,11	<0,25	<0,25	<0,13	0,03
Maximum	25,9	8,3	1.610	65	1.750	16,7	3,3	9,2	0,71	1,01	0,79	0,42	0,12
Var.koeff.	40,7	68,1	17	29,2	77	41,4	69,8	91,7	42,8	50,3	79,3	80,3	30
Region 6(74)	Pb	V	S	Zn	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd	Mo	Co	As	Hg
Mittel	8,1	1,3	982	29	365	5,3	0,7	1,43	0,19	0,57	0,25	0,12	0,05
Median	7,5	1,1	1.000	28	310	4,9	0,6	1,2	0,18	0,26	<0,25	<0,13	0,05
Stand.Abw.	3,8	1,6	138	8,4	216	1,5	0,37	1,32	0,09	0,93	0,19	0,16	0,02
Minimum	2,1	0,3	690	16	70	2,8	0,2	0,4	<0,1	<0,25	0,13	<0,13	0,02
Maximum	20,3	14,7	1.350	65	1.100	13,8	2	11,4	0,62	7,66	1,15	1,34	0,15
Var.koeff.	46,1	122,7	14	28,6	59	29,4	51,6	92,9	48,2	164,8	79,6	129,9	45,5
Region 7(15)	Pb	V	S	Zn	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd	Mo	Co	As	Hg
Mittel	10,8	1,5	1.027	31	375	5,8	0,68	1,18	0,23	0,83	0,29	0,13	0,04
Median	9	1,5	1.090	29	310	5,3	0,7	1,2	0,21	0,82	0,26	<0,13	0,05
Stand.Abw.	5,8	0,4	189	5,8	500	1,7	2,93	0,55	0,06	0,27	0,19	0,11	0,01
Minimum	5,8	0,8	670	22	120	4,1	0,3	0,4	0,12	0,4	<0,25	<0,13	0,01
Maximum	28,6	2,4	1.360	44	1.390	9,8	1,5	2,2	0,35	1,18	0,85	0,48	0,06
Var.koeff.	53,8	32,7	18	18,9	80	29,3	43,1	46,4	28,9	32,1	67,1	84,7	31,9

3.2 Ergebnisse gegliedert nach Bundesländern

3.2.1 Burgenland

Im Burgenland wurden, dem Flächenanteil entsprechend, Moose an 12 Sammelpunkten beprobt.

Betrachtet man die Gesamtschwermetallbelastung, errechnet aus der Summe der Abweichungen der einzelnen Metalle vom jeweiligen gesamtösterreichischen Median, liegt das Burgenland an zweiter Stelle. Dies ist vor allem auf sehr hohe Konzentrationen an Co, As, Fe, Cr und Ni zurückzuführen. Co, As und Ni zeigen im Burgenland die höchsten durchschnittlichen Konzentrationen aller Bundesländer (Tab. 3).

Neben einzelnen punktuellen Schwerpunkten, welche bei der relativ geringen Probenanzahl deutlicher als bei anderen Bundesländern ins Gewicht fallen, ist sicherlich der geologische Untergrund für die hohen Durchschnittsgehalte mit verantwortlich. Die Serpentine und Ultrabasite des mittleren und südlichen Burgenlandes mit hohen natürlichen Schwermetallgehalten tragen zweifelsfrei zur durchschnittlichen Erhöhung der Konzentrationen bei. Dieser Umstand wurde bereits in der Pilotstudie (ZECHMEISTER, 1994) deutlich.

Einzelne Punkte des nördlichen Burgenlandes stehen zusätzlich im Einflußbereich der Ballungsräume Wien (siehe dort) und Bratislava. Die Raffinerie in Bratislava gilt als eine der bedeutendsten slowakischen Emittenten mit außerordentlich hohen Schwermetall-, Schwefel- und Stickoxidemissionen (MANKOVSKA, pers.Mitt.). In der Neusiedlerseeregion kann aber auch der Intensivweinbau als potentielle Emissionsquelle nicht vernachlässigt werden (As, Cu).

Als besonders auffällig gilt der Sammelpunkt 2-77-1-A (Loretto). Hier sind vor allem die Konzentrationen von As, Fe, Ni und V extrem erhöht, aber auch alle anderen Metalle zeigen überdurchschnittliche Konzentrationen in den Moosen. Neben diffusen nicht unmittelbar erfaßbaren Emittenten (z. B. Ferntransport, Landwirtschaft) ist auch das Zementwerk von Mannersdorf (in weniger als 10 km Entfernung) als potentieller Emittent einzubeziehen. Der Sammelpunkt liegt zusätzlich relativ offen und exponiert.

Außer diesem Sammelpunkt liegen nur einzelne Schwermetallwerte an einzelnen Standorten deutlich über dem Median. Dabei scheint Ni am Standort 3-193-1-P (Jennersdorf) möglicherweise geogen bedingt zu sein, an allen anderen Sammelpunkten dürften aber eher anthropogene Emittenten dies und jenseits der Grenze vorliegen. Dies betrifft As an den Standorten 2-78-1-A (Oggau) und 2-109-1-Hp (Apetlon) und V am Standort 2-79-1-HP (Nickelsdorf).

3.2.2 Kärnten

Im Bundesland Kärnten wurden Moose an 26 Sammelpunkte beprobt.

Im Vergleich der Bundesländer liegt Kärnten in der Gesamtschwermetallbelastung an 4. Stelle (Tab. 3). Bei Mo wurden in Kärnten die höchsten Durchschnittskonzentrationen gemessen, bei Cu die geringsten. Die relative schlechte Stellung Kärntens im Gesamtschnitt beruht jedoch fast ausschließlich auf extrem überhöhten Mo-Werten bzw. Co-Werten (250 % bzw. 231 % des gesamtösterreichischen Medians), alle anderen Metalle liegen am oder unter dem Median.

Die gemessenen Konzentrationen weisen einzelne lokale Schwerpunkte aus. Einige der größten, mittels dieser Studie ermittelten Schwermetallkonzentrationen Kärntens (bzw. Österreichs) wurden in der Umgebung der Treibacher Chemischen Werke gefunden (6-186-1-P). Dies gilt vor allem für die Metalle Mo, V und Ni. Da in dieser Studie atmosphärische Depositionen der Jahre 1993-1995 analysiert wurden, sind die gemessenen Konzentrationen eher auf aktuelle Emissionen denn auf Altlasten zurückzuführen.

Auffallend sind weiters die hohen Pb-Konzentrationen im Raum Südkärnten (Bärental, Zell-Pfarre, Eisenkappl u. a.), teilweise sind diese auch geologisch bedingt (Kapitel 3.1.10.3), wenngleich die Bodenindikatoren deutlich gegen eine sekundäre Verunreinigung mit Bodenteilchen sprechen. Lokale Eittenten sind einzubeziehen (z. B. Batteriebetrieb Feistritz).

Bemerkenswert sind neben dem Extrempunkt Treibach die allgemein hohen Mo-Werte in Kärnten. Mit zwei Ausnahmen liegen alle Kärntner Mo-Werte am, zumeist aber sehr deutlich über dem gesamtösterreichischen Median. Weniger ausgeprägt, aber mit ähnlicher Grundtendenz, gilt dies auch für Co. Bei beiden Elementen besteht ein geologischer Zusammenhang.

Die Schwermetallkonzentrationen der Sammelpunkte nahe den Industriezonen Bleiberg – Feistritz – Radenthein liegen bei vielen Metallen (z. B. Cd, Cu, Pb, Zn) markant über dem Kärntner Durchschnitt. Ähnliches gilt für das Naßfeld (7-198-2-P), an diesem Sammelpunkt könnten allerdings die Ursachen sowohl in der Höhenlage als auch dem lokalen Verkehrsaufkommen begründet sein.

Erhöhte Schwermetallkonzentrationen in Westkärnten (z. B. 6-180-2-H/Mölltal) sind vermutlich geogen bedingt. Die Elementkombinationen sprechen dort auch für schwache Bodenkontamination.

3.2.3 Niederösterreich

Im Bundesland Niederösterreich wurden Moose an 44 Sammelpunkte beprobt.

Betrachtet man die durchschnittliche Gesamtbelastung aller Bundesländer (Tab. 3), so führt Niederösterreich diese Tabelle an. Dies betrifft nicht nur die Spitzenwerte bei V, Cr, Fe und S. Mit Ausnahme von Mo liegen alle Konzentrationen deutlich über dem gesamtösterreichischen Median.

Die Ursachen sind zweifelsfrei vielschichtig. Ungefähr ein Viertel der Sammelpunkte steht im Einflußbereich der Bundeshauptstadt Wien mit einer Vielzahl an Emissionsquellen (siehe Wien). An diesen Punkten ist meist As, Fe, Ni und V erhöht, was in direktem Zusammenhang zu verschiedensten Verbrennungsprozessen steht.

Nicht zu vernachlässigen sind auch die Schwermetallimmissionen aus dem Ferntransport, vor allem aus der Slowakei sowie den tschechischen (um Olmütz) und den polnischen Schwerindustrierevieren in der Region Krakau. Vor allem bei Nordostwetterlagen, welche im Winter gehäuft auftreten, werden bedeutende Mengen an Schadstoffen aus diesen Gebieten verfrachtet. Dies betrifft im konkreten Fall vor allem die Metalle As, Fe, Cr, V und Ni.

Weite Teile Niederösterreichs sind agrarisch intensiv genutzt. Der Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden unterschiedlichster Art ist zum Teil beträchtlich und führt ebenfalls zu Schwermetalleinträgen (z. B. Cr, Cd, Cu, As).

Ein weiterer Grund für erhöhte Konzentrationen vor allem im Nordosten Niederösterreichs (Region 2) ist in der sekundären Verunreinigung der Proben mit Bodestaub zu suchen. Die Vegetationsbedeckung ist in den agrarisch intensiv genutzten Gebieten über weite Strecken im Jahreslauf äußerst spärlich. Aufgrund mangelnder erosionshemmender Komponenten ist dem Wind in der offenen Landschaft eine breite Angriffsfläche geboten, sodaß permanent Bodestaub aufgewirbelt und verfrachtet wird. Damit werden im Boden deponierte Schwermetalle (geogene und anthropogene Altlasten, z. B. aus der Düngung) zum Teil wieder remobilisiert und auf den Pflanzen und Biomonitororganismen deponiert. Da dieser Bodestaub aber für die Region typisch und auch z. B. für die Nahrungskette relevant ist, sind diese Bezugsquellen nicht völlig zu vernachlässigen. Die Niederösterreichische Bodenzustandsinventur (1994) weist z. B. für As eine Reihe anthropogen erhöhter Probepunkte in dieser Region aus, die sich zum Teil mit den Punkten dieser Studie decken.

Die Sammelpunkte 2-42-1-A und 2-59-1-A könnten zusätzlich im Einflußbereich ölfördernder und Erdöl verarbeitender Industrien stehen, erhöhte Werte von V, S und Ni deuten darauf hin.

Eine weitere Zone mit zum Teil beträchtlich erhöhten Schwermetallkonzentrationen liegt im südwestlichen Niederösterreich (Waidhofen/Ybbs – Weyer – Amstetten/Sammelpunkte 4-51-1-Hp, 4-53-1-Hp, 4-54-1 Hp und 5-71-1-Hp). Vor allem bei Pb, Cd, Hg, Ni, Zn und S sind diese Punkte höchst auffällig. Der anthropogene Ursprung dieser Metalle ist evident. Die Quelle(n) könnte(n) lokal begründet sein, oder unter Umständen auch aus dem Ferntransport (z. B. aus Linz) stammen. WEISS (in Vorbereitung) verzeichnet in diesem Raum auch deutlich erhöhte Einträge an toxischen organischen Substanzen, womit eine Bestätigung des anthropogenen Einflusses gegeben ist. Bei den Moosproben dieser Problemregion ist aufgrund des Elementkombinationsmuster Bodenkontamination fast völlig auszuschließen. Die Niederösterreichische Bodenzustandsinventur (1994) stellt in dieser Region keine erhöhten Werte für die genannten Metalle fest.

Bemerkenswert ist auch der Sammelpunkt 5-72-1-H (Neuhaus/Zellerain). Hier liegen insbesondere die Konzentrationen der typisch anthropogenen Metalle Pb, Cd und Cu sowie S ziemlich hoch.

Auffallend hohe Werte bei Hg, Cu, Pb sowie erhöhte Konzentrationen an Zn, Ni, V und S findet man am Punkt 5-57-2-H (St. Corona am Schöpfl). Lokale Ursachen sind nicht evident.

3.2.4 Oberösterreich

In Oberösterreich wurden 32 Sammelpunkte beprobt.

Die Gesamtsumme der Schwermetallkonzentrationen Oberösterreichs entspricht weitgehend dem gesamtösterreichischen Median (Tab. 3).

Die Schwermetallkonzentrationen sind regional unterschiedlich. Mit wenigen Ausnahmen sind sie im Mühlviertel niedrig. Eine Ausnahme ist der Sammelpunkt 1-33-1-P (Altenberg/Urfahr) im unmittelbaren Einflußbereich der Linzer Großindustrie (VOEST, Chemie-Linz). Cr und Zn sind dort extrem erhöht, die Metalle Cd, Cu, Hg, Pb und S deutlich über dem Median. Auffallend auch die hohen Werte an Cr, V, Hg, Fe und Cd am Sammelpunkt 1-34-1-P (Tragwein) u. U. ebenfalls noch im Einflußbereich der Emittenten im Großraum Linz.

Der Punkt 4-31-1-HP (Eferding/Hinzenbach) scheint ebenso wie Punkt 1-33-1-P (Urfahr/Altenberg) im Einflußbereich der Emittenten von Linz zu stehen. Ähnliche Konzentrationsverteilungen wie beim Altenberger Sammelpunkt deuten darauf hin. Auch die Eferdinger Probe hat extrem hohe Cr, Zn und Cu-Konzentrationen, und deutlich erhöhte Werte bei Hg, Pb und S.

Besonders auffällig ist der Punkt 4-52-1-HP, im Augebiet Perg/Saxen. Die Moosproben dieses Standortes zeigen bei As, Cd, Co, Fe, Ni, Zn und S extrem hohe Konzentrationen, bei Cr, Cu, Hg und V sehr hohe Werte. Nur Pb und Mo liegen unter dem Median. Die Ursache(n) für diese stark erhöhten Werte ist(sind) ungeklärt. Ein Überschwemmungseinfluß am Standort ist zwar unwahrscheinlich, kann aber nicht ganz ausgeschlossen werden. Andererseits paßt sich der Punkt gut in die stärker belastete südlich anschließende Niederösterreichischen Voralpenregion ein. Ferntransport könnte eine Ursache sein. Der Einzelpunkt ist in jedem Fall kritisch zu betrachten.

Das Salzkammergut und das östliche oberösterreichische Kalkalpin sind von mäßig bis extrem erhöhten Gehalten an Pb, Cd, Cu, Zn und S geprägt. Wie an anderen Stellen (z. B. Kapitel 3.1) erwähnt, korrelieren diese Metalle stark mit den Niederschlagsmengen (Depositionen aus dem Ferntransport) und sind vermutlich deshalb in diesen Regionen so konzentriert. Auch die OÖ Bodenzustandsinventur (OÖ BODENKATASTER, 1993) verzeichnet in den niederschlagsreichsten Gebieten die höchsten Pb- und Cd-Gehalte und spricht von primärer anthropogener Überformung der natürlichen Gehalte dieser Metalle in den Böden.

Im Innviertel zeigt der Punkt 4-29-1-HP (Mörschwang/Ried) hohe Cd- und Co-Werte, der Punkt 1-13-1-P (Viechtenstein/Schärding) sehr hohe Cd- und deutlich erhöhte Cu-, Pb-, S- und Zn-Werte. Während bei Ried lokale Emittenten nicht auszuschließen sind, könnte bei Viechtenstein der Ferntransport verantwortlich sein (> 1.000 mm Niederschlag/Jahr). Cu und Hg sind am Sammelpunkt 4-45-1-P (Überackern/Braunau) stark erhöht, ebenso Cu auf 4-46-1-P (Kobernaußerwald). Der/die Emittent(en) dafür ist/sind unbekannt.

Die zum Teil überraschend niedrigen Werte des Mühlviertels werden durch die Konzentrationen der angrenzenden tschechischen Sammelpunkte bestätigt. Unmittelbar jenseits der Grenze sind die niedrigsten Werte aller Sammelpunkte Tschechiens zu finden (SUCHARA, pers. Mitt.).

3.2.5 Salzburg

Im Bundesland Salzburg wurden 18 Sammelpunkte beprobt.

Im Vergleich zu den anderen Bundesländern findet man im Bundesland Salzburg bei Pb, Cd, V, Fe, Cr, Mo, Co und As die geringsten Schwermetallkonzentrationen in den Moosproben. Betrachtet man die Gesamtsumme aller Schwermetallkonzentrationen bzw. deren Abweichungen vom Median der gesamtösterreichischen Daten, weisen die Salzburger Standorte den geringsten Gesamtbelastungsgrad aller Bundesländer auf (83 %; Tab. 3).

Der Standort 4-64-1-HP (Eugendorf/Salzburg Umgebung) wurde in der interpolierten Kartendarstellung nicht berücksichtigt, weil bei dieser Probe eine sekundäre Bodenkontamination nicht ausgeschlossen werden kann und im gegebenen Falle diese die interpolierten Karten in nicht zu rechtfertigender Weise verzerren würde. Da dieser Sammelpunkt aber auch im Immissions-Einflußbereich der Stadt Salzburg steht sowie in unmittelbarer Nähe zur Rennstrecke Salzburgring, sollte er nicht gänzlich außer acht gelassen werden. Eine Klärung der Situation könnte eine nochmalige Beprobung bringen. In den statistischen Berechnungen wurde der Punkt aus den eben genannten Gründen aber mit einbezogen.

Abgesehen von dem Sammelpunkt bei Eugendorf liegen drei Elemente an je einem Standort deutlich über dem Median. Es betrifft Pb am Standort 5-125-1-H (Werfenweng), Mo am Standort 6-156-1-H (Muhr/Tamsweg) und Cd am Sammelpunkt 5-92-1-HP (Unken/Zell am See). Die Pb-Gehalte in den Niederschlägen, ermittelt über WADOS in Werfenweng, sind aber relativ gering und geben diese Situation nicht wieder. Die Ergebnisse der Salzburger Bodenzustandsinventur (1993) zeigen aber für diesen Raum eine Pb-Anreicherung im Oberboden auf. Die Bodenzustandsinventur gibt für den Raum St. Michael keine erhöhten Werte für Mo im Boden an. Da mittels der Moosmethode atmosphärische Depositionen gemessen werden, spricht dies für anthropogen bedingte Einträge. Erhöhte Cd-Konzentrationen bei Unken wurden auch im Zuge der Salzburger Bodenzustandsinventur gefunden, eine anthropogene Anreicherung scheint aber nicht vorzuliegen. Alle anderen in der Moosprobe analysierten Schwermetalle liegen an diesem Standort um (z. B. Pb), zumeist aber deutlich unter dem Median.

3.2.6 Steiermark

In der Steiermark wurden Moose an 41 Sammelpunkte beprobt.

Die Summe aller Schwermetallkonzentrationen liegt unter dem gesamtösterreichischen Durchschnitt und ist im Vergleich mit den anderen Bundesländern relativ niedrig (Tab. 3).

Mit wenigen Ausnahmen sind in der Weststeiermark deutlich niedrigere Schwermetallkonzentrationen zu finden als in den restlichen Landesteilen. Nur das Ausseerland (5-96-1-H, 5-

97-1-HP) weist bei den Metallen Pb, Zn, Hg und Cd deutlich erhöhte Werte auf. Da diese Elemente in hohem Maße dem Ferntransport unterliegen und eine enge Korrelation mit den Niederschlagsmengen zeigen, scheint dies auch die primäre Immissionsursache zu sein.

Am Punkt 5-101-1-P (Wildalpen/Liezen) sind die Cd-Konzentrationen stark überhöht. An diesem Punkt wurde der Ni-Wert aufgrund seiner extremen Überhöhung eliminiert, möglicherweise liegt aber für beide Elemente ein lokaler Einflußfaktor vor.

Am Standort Veitsch/Mürzzuschlag (6-103-1-P) ist Co stark und As, Cd und Hg gegenüber der Umgebung schwach erhöht.

Die steirischen Industriezonen Donawitz-Leoben und Knittelfeld (Sammelpunkte 6-133-1-P, 6-162-1-P) sind hinsichtlich vieler Schwermetallen auffällig. Die Konzentrationen sind an diesen beiden Punkten gegenüber denen außerhalb dieser Region zumeist erhöht. Hg, Fe, Cr und Cd dürften im Zuge der Donawitzer Eisen- und Stahlproduktion freigesetzt werden. Das in Donawitz verarbeitete Erz (vom steirischen Erzberg) ist relativ quecksilberhältig, was vor allem die sehr hohen Hg-Konzentrationen um Donawitz (steirischer Höchstwert) erklären könnte. Bodengrausch vom Erzberg dürfte nur eine geringe Rolle spielen, da der dem Erzberg nächste Sammelpunkt deutlich niedrigere Werte zeigt als der in der Umgebung von Donawitz.

Ein weiterer Bereich mit erhöhten Konzentrationen ist die Region südlich von Graz (Grazer Feld, Leibnitzer Feld, Eibiswald). Vor allem Cd, Cu, Pb und S liegen deutlich über dem Durchschnitt. Geogene Ursachen dürften hier ausschließen. Intensive landwirtschaftliche Nutzung (u. a. Weinbau) könnte, ebenso wie der Transitverkehr (verbleites Benzin aus Slowenien) eine Rolle spielen. Ferntransport aus Slowenien (u. a. Maribor) kann ebenfalls nicht ausgeschlossen werden.

Generell sind die Mo-Konzentrationen in der Südoststeiermark, mit ungeklärter Ursache hoch. Eine ähnliche Verbreitungstendenz, wenngleich mit geringerer Ausprägung, gibt es für Co.

3.2.7 Tirol

Im Bundesland Tirol wurden 36 Sammelpunkte beprobt, die Flächenauswahl erfolgte in enger Zusammenarbeit mit der Tiroler Landesregierung (Landesforstdirektion).

Betrachtet man die Summe aller Tiroler Schwermetallkonzentrationen, so liegen fast alle Werte im Bereich oder unterhalb des Medians aller Österreichwerte. Nur Kupfer ist gegenüber dem gesamtösterreichischen Durchschnitt leicht erhöht. Die Gesamtsumme liegt sogar unter dem gesamtösterreichischen Median (93 %; Tab. 3). Die Nickelgehalte sind an den Tiroler Standorten die geringsten in ganz Österreich.

Die Prozentsumme täuscht aber über eine sehr unterschiedliche Verteilung der Schwermetallkonzentrationen hinweg. Während ein Großteil der Standorte des Bundeslandes weit unter den Durchschnittswerten liegt, zeigt das Inntal bei fast allen Schwermetallen überaus hohe Konzentrationen. Besonders auffällig ist dies bei Kupfer, Blei, Cadmium, Zink und Quecksilber, bei diesen Metallen wurden zum Teil auch gesamtösterreichische Spitzenwerte gemessen.

Die Ursachen für diese Situation sind vielschichtig. Zum einen weist das Inntal eine relativ hohe Siedlungsdichte auf sowie eine größere Anzahl an Industriestandorten. Besonders hervorzuheben ist dabei die Sekundärkupferhütte Brixlegg. Die Untersuchungen zu diesem Standort sind vielfältig (UMWELTBUNDESAMT, 1992,). Trotz emissionshemmender Maßnahmen zeigen die Schwermetalle in den Staubbiederschlägen noch immer beträchtliche Konzentrationen, was auch durch die vorliegende Studie untermauert wird, da die gemessenen Konzentrationen nur die atmosphärischen Depositionen der Jahre 1993-1995 repräsentieren.

tieren. Weitere metallverarbeitende und chemische Betriebe sowie die Papier- und Glasindustrien in Kufstein, Wörgl, Kundl, Jenbach, Vomp, Wattens, Hall und Innsbruck sind ebenfalls potentielle Emittenten. Die hohe Siedlungsdichte des Inntales führt zusätzlich zu vermehrtem Hausbrand, einem bekannten Emissionsfaktor. Zusätzlich ist im Inntal ein reges Verkehrsaufkommen zu verzeichnen, welches in bedeutendem Maße auf Transit zurückzuführen ist. Weiters ist die klimatische Situation des Inntales durch häufige Inversionswetterlagen geprägt, wodurch die dort emittierten Substanzen vermehrt auch wieder lokal deponiert werden. Überdies weist der geologische Untergrund eine Anzahl an lokalen Vererzungen auf, wodurch zumindest punktuell der geogene Anteil an Schwermetallen erhöht ist (BERICHT ÜBER DEN ZUSTAND DER TIROLER BÖDEN, 1989).

Außerhalb des Inntales liegende Punkte mit erhöhten Einzelkonzentrationen sind wie folgt:

Mo im Bereich Reutte; dieser Raum ist auch aus anderen Untersuchungen durch deutlich erhöhte Mo-Konzentrationen bekannt (laufende Untersuchungen der Tiroler Landesregierung), als potentieller Emittent wird das Planseewerk Reutte betrachtet.

As, Cd, Co und **Pb** im Zillertal; dies ist neben anthropogenen Faktoren (Hausbrand, Verkehr) vermutlich auf erhöhte, geogen bedingte Schwermetallkonzentrationen im Boden zurückzuführen.

Zn kommt ebenfalls als Erz in Teilen der Nordtiroler Kalkalpen vor, erhöhte Einzelwerte in diesen Bereichen könnten darauf zurückzuführen sein.

Generell weisen die Bereiche im Nordstau der Alpen erhöhte Konzentrationen bei jenen Elementen auf, welche in überdurchschnittlichem Ausmaß dem Ferntransport unterliegen und darum in Gebieten mit erhöhten Niederschläge vermehrt deponiert werden. Dies betrifft vor allem Pb, Cd, Zn und S. Die starke Reliefabhängigkeit insbesondere dieser Schwermetalldepositionen wird durch die interpolierten Karten nicht berücksichtigt und muß auch bei der Betrachtung der Punktkarten einbezogen werden. Die dargestellten Konzentrationen beziehen sich auf Sammelpunkte in Tallagen und zeigen nicht die seehöhenbedingte Zunahme der Depositionen der oben genannten Elemente (ZECHMEISTER, 1995a).

Mit Ausnahme von Mo sind in Osttirol geringere durchschnittliche Schwermetallkonzentrationen zu finden als in den restlichen Teilen Tirols. Die Ursachen für die erhöhten Mo-Werte sind nicht geklärt.

Die Ergebnisse dieser Studie decken sich in weiten Bereichen mit den Ergebnissen der Tiroler Bodenzustandsinventur (BERICHT ÜBER DEN ZUSTAND DER TIROLER BÖDEN, 1989), wenngleich durch die vorliegende Studie nur aktuelle, atmosphärische Depositionsraten der Jahre 1993-1995 repräsentiert werden.

3.2.8 Vorarlberg

Die Zahl der in Vorarlberg beprobten Standorte beträgt 10.

Die in den Moosen gemessenen Schwermetallkonzentrationen liegen im Mittel alle über dem österreichweiten Durchschnitt (Tab. 3). Besonders hoch sind die Werte bei Co (177 %), Cd (140 %) Pb (147 %) und Zn (135 %). Bei Cd, Pb, Cu und Zn zeigen die Vorarlberger Standorte im Vergleich mit den anderen Bundesländern die höchsten Abweichungen vom Median (Tab. 3).

Betrachtet man die Gesamtsumme aller Schwermetallkonzentrationen bzw. deren Abweichungen vom Median der gesamtösterreichischen Daten, weist Vorarlberg den dritthöchsten Belastungsgrad aller Bundesländer auf (Tab. 3).

Weite Teile Vorarlbergs sind Zonen mit überdurchschnittlich hohen Niederschlägen. Da mit Ausnahme von Co die oben genannten Schwermetalle in großem Ausmaß über Niederschläge deponiert werden, ist in der nassen Deposition wohl eine der Hauptursachen zu suchen. Zu

ähnlichen Depositionsanalysen kommen auch KOVAR & PUXBAUM (1992) für Schwefel und Stickstoffverbindungen.

Zusätzlich sind in den Tal- und Beckenlagen der Flüsse Rhein und Ill ein Großteil der Vorarlberger Industrien angesiedelt, sodaß dort trotz geringerer Niederschläge zum Teil sehr hohe Konzentrationen zu finden sind. Das gesteigerte Verkehrsaufkommen und Siedlungskonzentrationen in den Haupttalungen sind weitere Gründe für regional stärker erhöhte Schwermetallimmissionen.

Pb und Hg werden auch von der Vorarlberger Bodenzustandsinventur (HUSZ, 1987) in Waldstandorten als erhöht genannt. Da die Differenz zu den Gehalten im Unterboden hoch ist, schließt HUSZ (1987) auf einen atmosphärischen Eintrag.

Im Silvrettagebiet sind aufgrund der geringeren Vegetationsbedeckung und schwermetallhaltigen Gesteinsformationen (z. B. Ophiolite) geogene Einflüsse mit zu berücksichtigen.

Das Kleine Walsertal und der Bregenzerwald sind von allen Vorarlberger Standorten am geringsten belastet, Einträge stammen dort wohl fast ausschließlich aus dem Ferntransport.

3.2.9 Wien

Aufgrund der in der internationalen Studie vorgegebenen Rahmenbedingungen für die Aufsammlung (Kapitel 2.1), konnte der Stadtbereich Wien nicht beprobt werden. Die Emissionen des Ballungsraumes Wien spiegeln sich aber in den stadtnahen Probepunkten Niederösterreichs und des Burgenlandes wider. Unter Einbeziehung der Hauptwindrichtungen sind davon zumindestens folgende Sammelpunkte betroffen:

2-38-1-HP, 4-39-1-A, 2-40-1-A, 2-41-1-A, 2-42-1-A, 2-43-1-A, 5-57-1-A, 2-58-1-A, 2-59-1-A, 2-61-1-A (alle Niederösterreich), 2-77-1-A (Burgenland).

Weitere Punkte (vor allem im nordöstlichen Burgenland) können aber durchaus auch noch im Einflußbereich der Großstadt und ihrer Emittenten stehen.

Der Ballungsraumeinfluß wird besonders bei den Schwermetallen As, Fe, Ni und V deutlich, welche alle überwiegend aus Verbrennungsprozessen stammen (Öl- und Kohlefeuerungen von Kleinverbrauchern und Industrien, Wärmekraftwerke, Verkehr) und welche deutlich in den Hauptwindrichtungen, von Wien ausgehend, in teilweise markant erhöhten Konzentrationen zu finden sind (Karte 12 b). Auch die Schwefelwerte sind in der Umgebung Wiens erhöht.

Tab. 3: Prozentuelle Unterschiede der Schwermetallkonzentrationen in den einzelnen Bundesländern in Hinblick auf den Median der gesamtösterreichischen Daten (Median = 100 %); d = Summe aller Abweichungen (= „Gesamtbelastung“).

	Pb	V	S	Zn	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd	Mo	Co	As	Hg	d
OE	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Bgld	94	138	105	85	194	92	157	154	109	94	300	271	83	144
Ktn	89	100	91	89	93	90	100	92	95	250	231	100	80	115
NÖ	118	177	114	110	201	113	193	150	105	97	285	257	117	157
OÖ	93	100	111	116	87	119	100	81	118	84	100	100	100	101
Sbg	76	77	86	94	82	99	79	81	86	41	100	100	83	83
Stmk	92	92	93	94	91	94	100	92	95	125	100	100	83	96
Tirol	99	92	93	100	93	107	86	77	91	84	100	100	83	93
Vbg	147	123	112	135	110	130	107	112	150	141	177	100	100	126

Tab. 4: Übersichtstabelle gegliedert nach Bundesländern. Bundesländer mit Angabe der Anzahl der Probennahmepunkte. Konzentrationen in µg/g Trockengewicht Moos.

OE ges(219)	Pb	V	S	Zn	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd	Mo	Co	As	Hg
Mittel	9,8	1,7	1.121	33	493	5,9	1,11	1,6	0,25	0,46	0,28	0,16	0,06
Median	8,9	1,3	1.110	31	340	5,4	0,7	1,3	0,22	0,32	<0,25	<0,13	0,06
Stand.Abw.	4,4	1,4	212	9,8	412	1,9	1,01	1,2	0,11	0,59	0,22	0,18	0,02
Minimum	2,1	0,3	670	16	70	2,8	0,2	0,4	<0,1	<0,25	<0,25	<0,13	<0,01
Maximum	28,6	14,7	1.960	80	2.430	16,7	10	11,4	0,71	7,66	1,18	1,34	0,15
Var.koeff.	44,7	81,1	18,9	29,7	83,5	33,3	95,9	76,3	45,2	127,9	78,6	116,4	36,3
B(12)	Pb	V	S	Zn	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd	Mo	Co	As	Hg
Mittel	9,9	1,98	1.109	28,2	706	5,03	1,23	2,12	0,24	0,42	0,37	0,28	0,05
Median	8,4	1,8	1.160	26,5	660	4,95	1,1	2	0,24	0,3	0,39	0,19	0,05
Stand.Abw.	4,8	0,9	139	4,8	380	0,71	0,61	0,8	0,06	0,37	0,2	0,25	0,02
Minimum	5,5	1,1	840	23	310	3,7	0,7	1,1	0,13	<0,25	<0,25	<0,13	0,03
Maximum	20,3	4,1	1.280	37	1.540	6,4	2,5	3,9	0,33	1,12	0,66	0,93	0,08
Var.koeff.	48,9	45,7	12	16,9	53,9	14,1	49,4	38,8	25,3	86,5	54,7	90,8	32,2
K(26)	Pb	V	S	Zn	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd	Mo	Co	As	Hg
Mittel	9,14	1,81	1.017	28,4	372	5,38	0,74	1,6	0,21	1,1	0,32	0,11	0,04
Median	7,9	1,3	1.010	27,5	315	4,85	0,7	1,2	0,21	0,8	0,3	<0,13	0,04
Stand.Abw.	4,9	2,67	170	5,8	256	1,52	0,39	2,1	0,06	1,4	0,18	0,09	0,01
Minimum	4,6	0,6	670	19	120	3,6	0,3	0,4	0,11	0,4	<0,25	<0,13	0,01
Maximum	28,6	14,7	1.360	44	1.390	9,8	2	11,4	0,35	7,66	0,85	0,48	0,08
Var.koeff.	54,1	147,2	17	20,6	69	28,3	53,9	128,4	30,1	122,2	55,4	79,7	32,5
N(44)	Pb	V	S	Zn	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd	Mo	Co	As	Hg
Mittel	11,5	2,6	1.261	34,6	864	6,05	1,61	2,2	0,26	0,29	0,37	0,26	0,07
Median	10,5	2,3	1.260	34	685	6,1	1,35	1,95	0,23	0,31	0,37	0,18	0,07
Stand.Abw.	4,2	1,27	209	7,4	542	1,6	0,9	0,97	0,09	0,13	0,29	0,23	0,02
Minimum	6,2	1	770	22	180	3,2	0,5	0,6	0,13	<0,25	<0,25	<0,13	<0,01
Maximum	25,9	7,8	1.710	51	2.430	10,3	4	4,3	0,59	0,58	1,09	1,05	0,12
Var.koeff.	36,8	50,3	17	21,3	62,8	26,8	56,9	44,9	36,9	44,7	73	89,5	33,6
O(32)	Pb	V	S	Zn	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd	Mo	Co	As	Hg
Mittel	8,9	1,65	1.283	39,4	383	6,61	1,49	1,34	0,29	0,27	0,22	0,12	0,06
Median	8,3	1,3	1.235	36	295	6,45	0,7	1,05	0,26	0,27	<0,25	<0,13	0,06
Stand.Abw.	3,7	1,4	209	14,3	395	2,15	2	0,74	0,13	0,13	0,23	0,15	0,02
Minimum	3,2	0,4	810	18	90	3,2	0,2	0,7	0,15	<0,25	<0,25	<0,13	0,02
Maximum	21,9	8,3	1.960	80	2.350	12	10	4	0,66	0,66	1,18	0,84	0,11
Var.koeff.	41,5	84,8	16,3	36,2	103	32,5	134,2	55,4	44,1	48,4	106,5	130,8	34,6
S(18)	Pb	V	S	Zn	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd	Mo	Co	As	Hg
Mittel	8	1,23	987	28,8	363	5,47	0,78	1,26	0,2	0,23	0,18	0,13	0,05
Median	6,8	1	955	29	280	5,35	0,55	1,05	0,19	<0,25	<0,25	<0,13	0,05
Stand.Abw.	4,9	0,93	165	5,9	392	1,48	0,68	0,79	0,13	0,23	0,19	0,13	0,03
Minimum	2,4	0,4	760	20	100	2,8	0,3	0,6	<0,1	<0,25	<0,25	<0,13	<0,01
Maximum	24,6	4,8	1.380	40	1870	8,2	3	4,1	0,58	1,07	0,96	0,63	0,11
Var.koeff.	60,9	75,9	16,7	20,7	107	27,1	68,8	62,4	64,3	100,8	111,1	103,4	46,3

St(41)	Pb	V	S	Zn	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd	Mo	Co	As	Hg
Mittel	9,3	1,24	1.030	29,6	313	5,21	0,69	1,46	0,24	0,53	0,24	0,09	0,06
Median	8,2	1,2	1.030	29	310	5,1	0,7	1,2	0,21	0,4	<0,25	<0,13	0,05
Stand.Abw.	3,9	0,47	126	6,1	142	1,4	0,26	1,4	0,12	0,41	0,17	0,05	0,02
Minimum	2,1	0,3	830	19	70	3,3	0,2	0,4	<0,1	<0,25	<0,25	<0,13	0,02
Maximum	18,8	2,4	1.410	50	760	9,1	1,4	9,2	0,71	1,84	0,99	0,32	0,14
Var.koeff.	42	37,9	12,2	20,6	45	21,9	37,2	93,6	48,5	78,7	72,5	56,1	40,4
T(36)	Pb	V	S	Zn	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd	Mo	Co	As	Hg
Mittel	9,2	1,29	1.015	32,7	414	6,59	0,72	1,23	0,23	0,4	0,21	0,15	0,06
Median	8,8	1,2	1.030	31	315	5,8	0,6	1	0,2	0,27	<0,25	<0,13	0,05
Stand.Abw.	3,9	0,45	184	10,9	266	3,08	0,38	0,72	0,13	0,35	0,16	0,22	0,03
Minimum	3,9	0,5	690	16	140	2,9	0,3	0,5	<0,1	<0,25	<0,25	<0,13	0,03
Maximum	19,5	2,9	1.440	65	1.340	16,7	2,1	4,2	0,62	1,4	0,79	1,34	0,15
Var.koeff.	43,3	35,2	18,1	33,5	64,2	46,7	53,5	58,4	56,7	86,5	77,6	145,8	42,8
V(10)	Pb	V	S	Zn	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd	Mo	Co	As	Hg
Mittel	13,7	1,85	1.258	43,6	525	7,22	1,05	1,71	0,29	0,57	0,37	0,12	0,07
Median	13,1	1,6	1.245	42	375	7	0,75	1,45	0,33	0,45	<0,25	<0,13	0,06
Stand.Abw.	4	0,71	149,3	8	351	1,5	0,73	0,79	0,06	0,37	0,33	0,08	0,02
Minimum	9	1,1	1.020	30	220	5,3	0,5	1	0,22	<0,25	<0,25	<0,13	0,04
Maximum	21,1	3	1.540	57	1.120	10	2,8	3,4	0,39	1,27	1,15	0,31	0,1
Var.koeff.	29,5	38,5	11,9	18,5	66,9	21	69,4	46,7	18,5	64,6	89,9	71,9	28,3

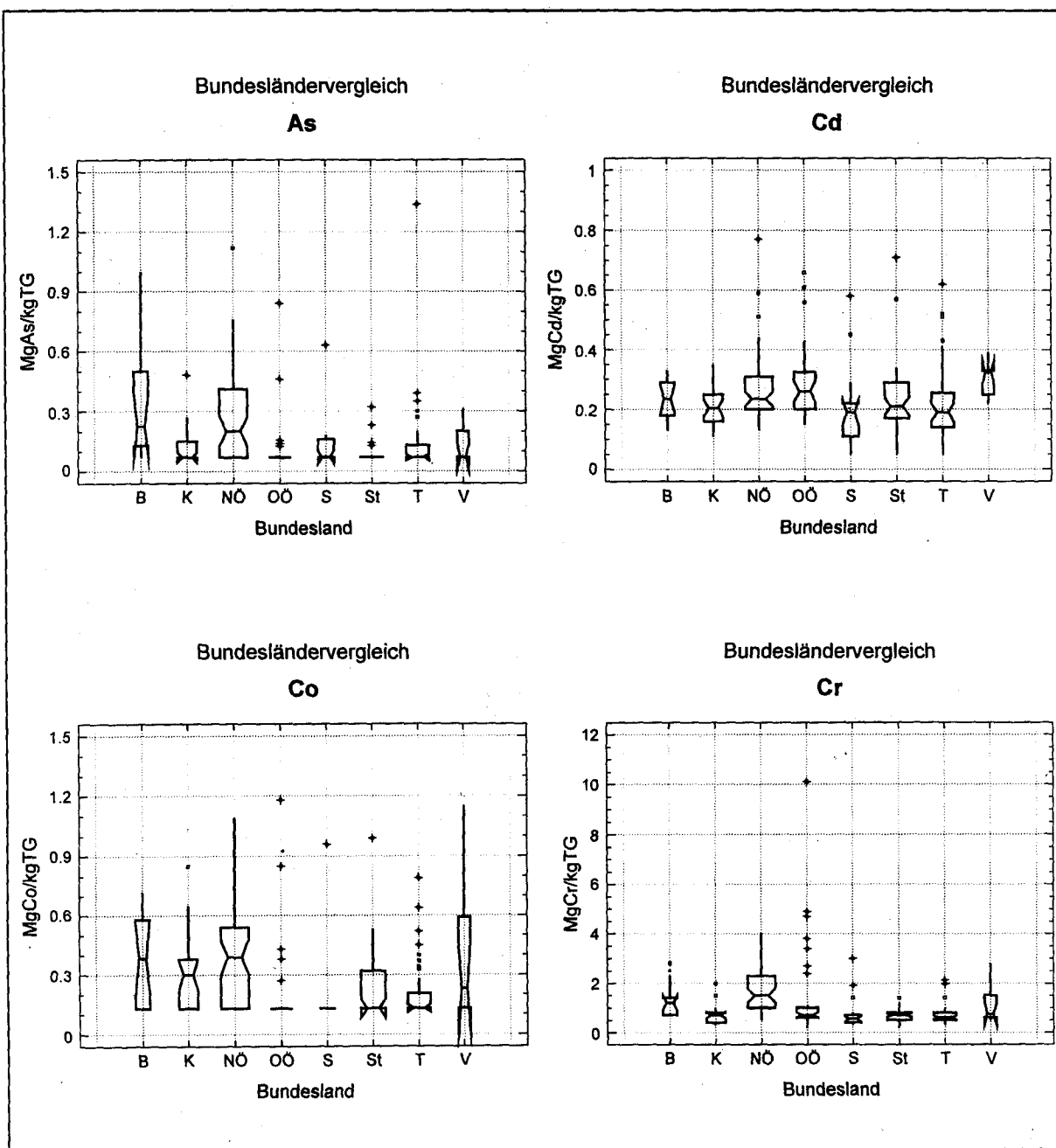


Abb. 15: Notched Box & Whisker Plots für die Schwermetallkonzentrationen ($\mu\text{g/g}$) von As, Cd, Co und Cr in den einzelnen Bundesländern.

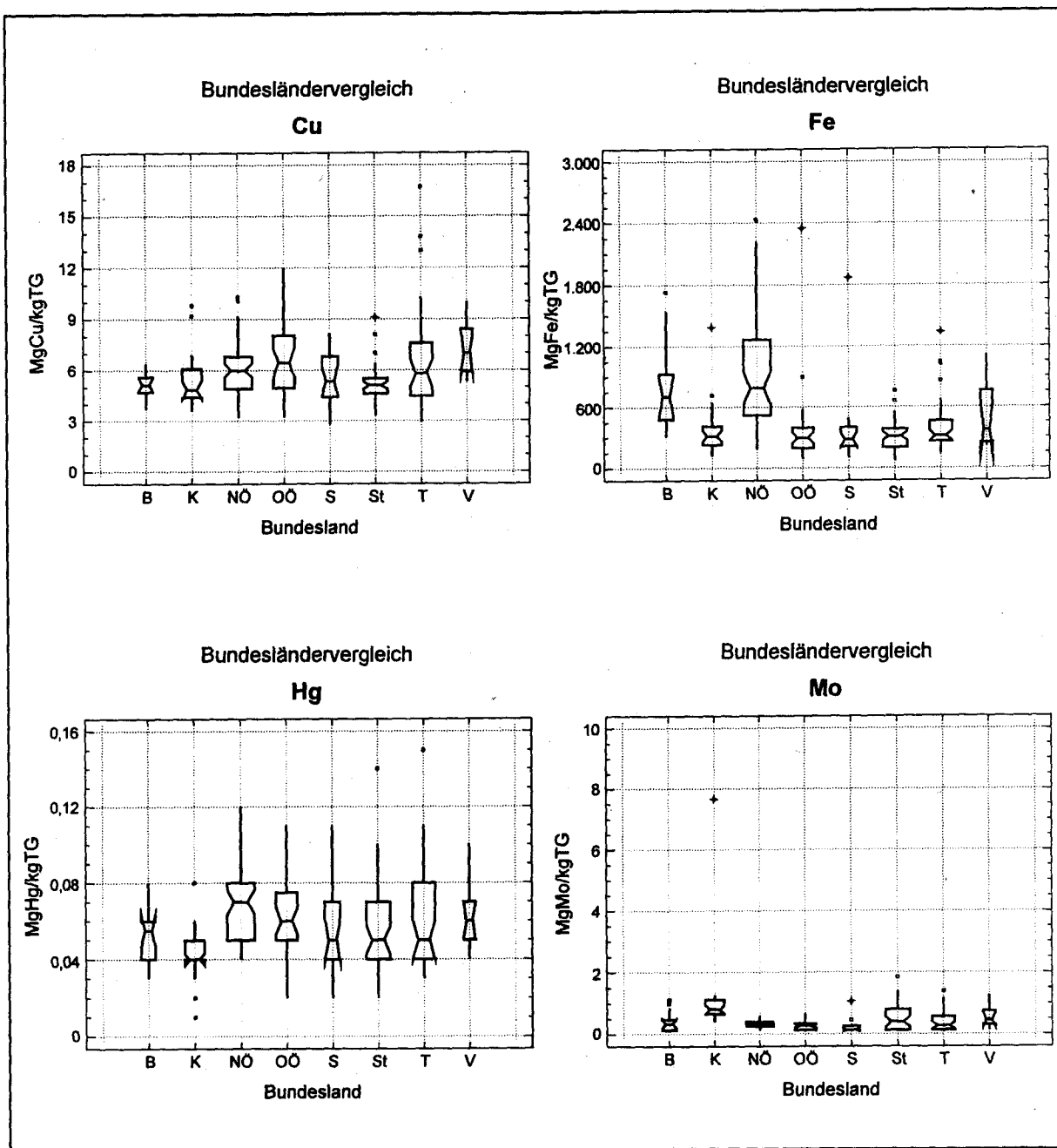


Abb. 16: Notched Box & Whisker Plots für die Schwermetallkonzentrationen ($\mu\text{g/g}$) von Cu, Fe, Hg und Mo in den einzelnen Bundesländern.

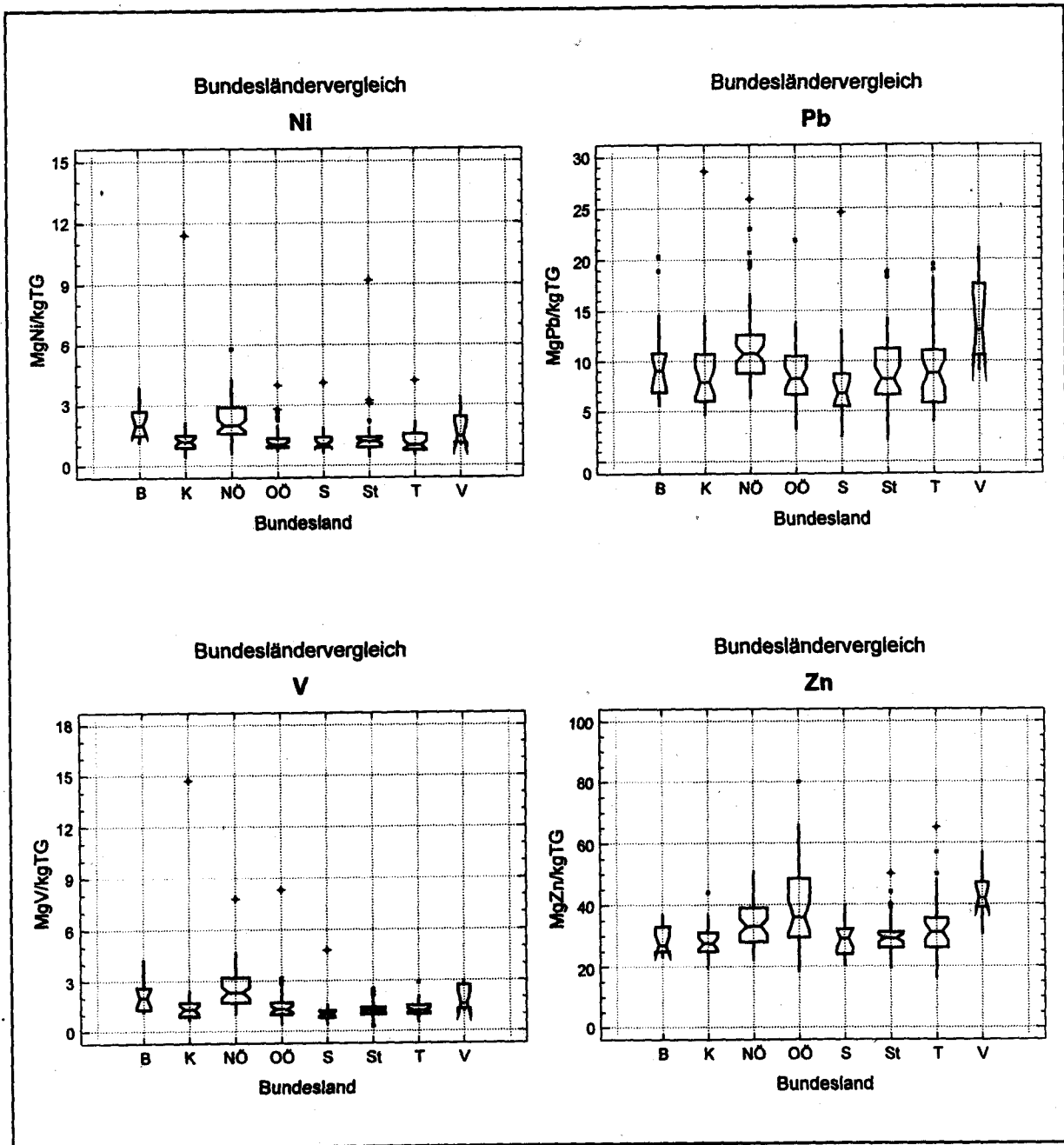


Abb. 17: Notched Box & Whisker Plots für die Schwermetallkonzentrationen ($\mu\text{g/g}$) von Ni, Pb, V und Zn in den einzelnen Bundesländern.

3.3 Transekte durch das Bundesgebiet

Die einzelnen Regionen zeigen zumeist eine beachtliche O-W bzw. in schwächerem Ausmaß N-S Erstreckung. Um diese bisweilen verschieden beeinflussten Teilregionen einzugrenzen und getrennt zu analysieren, wurden Transekte durch das gesamte Bundesgebiet gelegt.

Der Topographie und geographischen Erstreckung Österreichs entsprechend wurden drei N-S und ein W-O Transekt bearbeitet (Abb. 18).

Ein Transekt umfaßt die Probepunkte unmittelbar angrenzend an die vorgegebene Transektlinie, in einzelnen Fällen wurde auch noch das übernächst angrenzende Kartenblatt mit einbezogen.

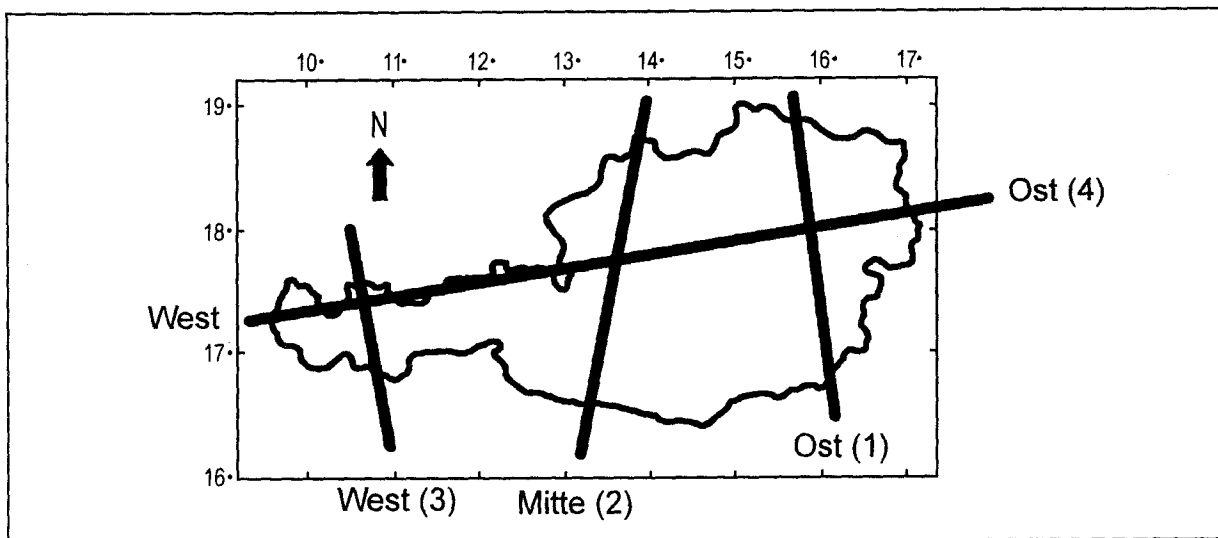


Abb. 18: Lage der Transekte.

3.3.1 N-S Transekte

3.3.1.1 Transekt Ost (1)

Dieser Transekt erstreckt sich vom nordöstlichen Waldviertel über das Voralpenland um St. Pölten, das Semmering-/Wechsel-Gebiet bis ins Murtal bei Radkersburg. Die Ergebnisse der Moosproben von 29 Standorten in sechs Regionen wurden für diesen Transekt verwendet (Abb. 19).

Die Regionen 1, 2 und 4 sowie die an der Nordabdachung der Region 5 befindlichen Punkte zeigen schwache bis deutlich erhöhte Konzentrationen gegenüber den Probepunkten südlich von Rax und Schneeberg. Dieses äußerst auffallende Phänomen ist bei fast allen Schwermetallen zu beobachten. Einzig Mo ist in der Region 3 in deutlich höheren Konzentrationen zu finden als im Rest des Transektes. Abb. 19 zeigt ausgewählte Beispiele dieses Transektes.

3.3.1.2 Transekt Mitte (2)

Der Transekt liegt entlang der Linie Plöckenstein (Mühlviertel), OÖ. Voralpengebiet um Grieskirchen, Salzkammergut, Radstädter Tauern, Lungau, Spittal/Drau bis zum Naßfeld in den Karischen Alpen. Dieser zentrale Transekt umfaßt 5 Großraumtypen mit einer ausgeprägten Höhenreliefierung. Die Erstellung des Transektes erfolgte unter Einbeziehung der Daten von 29 Probepunkten (Abb. 20).

Die Region 6 (Zentralalpen) zeigt bei Pb, Cd, V, Zn deutlich niedrigere Werte als die anderen Regionen. Diese Elemente haben einen hohen anthropogenen Freisetzungsfaktor und sind demgemäß in den Talregionen der z. T. niederschlagsärmeren Zentralalpenregionen in geringerem Umfang zu finden.

Im Gegensatz dazu sind gerade diese Elemente in den Proben der Region 5 in größeren Konzentrationen zu finden. Vor allem die Schwermetalle Pb, Cd und Zn werden in hohem Ausmaß in einer Partikelgröße freigesetzt ($<2\ \mu\text{m}$), welche besonders stark dem Ferntransport über größere Strecken unterliegt (RUIJGROK et al., 1993, LANNEFORS et al., 1983). Zudem korreliert ihre Deposition stark mit der Niederschlagsmenge (ZECHMEISTER, 1995a), welche in den nördlichen Randbereichen der Alpen deutlich erhöht sind.

Mo und Co zeigen zunehmende Tendenz in den südlichen Regionen, ein mit Transekt Ost vergleichbares Phänomen, welches primär geogene Ursachen hat.

Fe, Cu und Ni weisen stark schwankende Konzentrationen auf, ohne deutlich erkennbaren Trend. S, Cr und As zeigen kaum Unterschiede in der Verteilung entlang des Transektes.

Ausgewählte Beispiele aus diesem Transekt sind in den Abb. 20 und 21 ersichtlich.

3.3.1.3 Transekt West (3)

Dieser Transekt erstreckt sich vom Reuttener Becken über das Inntal bei Imst bis hin zu den Ötztaler Alpen. Die Transektbreite ist etwas größer als bei den anderen Transekten, und umfaßt die ÖK-Kartenblätter 84, 85, 114, 115, 116, 144, 145, 146, 171, 173 (12 Punkte).

Auffallend sind auch hier die deutlich höheren Pb- und Cd-Werte in den nördlichen Bereichen. Da in dieser Region entlang des Transektes kaum größere Emittenten zu finden sind, muß analog zu Transekt Mitte auf einen Eintrag dieser Schadstoffe primär über den Ferntransport mittels nasser Deposition geschlossen werden.

Bei V läßt sich eine schwache Abnahme von N nach S erkennen, Mo hat eine zweigipfelige Verteilung (Abb. 22).

Die übrigen Schwermetalle zeigen in ihrer Verteilung keinerlei deutlichen Tendenzen.

3.3.2 W-O Transekt (4)

Aufgrund der geographischen Situation wurde nur ein einziger Transekt gelegt. Dabei wurde in erster Linie versucht die Region 5 mit der längsten Ost-West Erstreckung auf ihre Variabilität zu analysieren. Im Osten schließt ein kleiner Abschnitt der Region 2 an. Insgesamt wurden 28 Standorte analysiert (Abb. 23). Sieht man von kleineren Ausnahmen ab, ist die Region 5 relativ homogen.

Cu und Pb und in etwas schwächerem Ausmaß Cd und Hg zeigen im unteren Inntal deutlich erhöhte Werte (ÖK 118, 119, 120, 90). Die Gründe dafür sind bereits mehrfach ausgeführt worden (z. B. Kapitel 3.2.7). Cd, Hg und Pb zeigen einen zweiten Konzentrationsgipfel im niederschlagsreichen Salzkammergut, einen dritten in den niederösterreichischen Kalkalpen (Abb. 23).

Alle anderen untersuchten Schwermetalle weisen zum Teil zwar Schwankungen auf, lassen aber keinen einheitlichen Trend innerhalb der Region 5 erkennen.

Aufgrund der Ti, Cr, Fe und V Konzentrationen muß auf einen höheren Anteil an Bodenteilchen in der Ostregion als in der regenreichen Region 5 geschlossen werden. Der Unterschied ist aber mit einer Ausnahme (2-59-1-A) eher nur geringfügig.

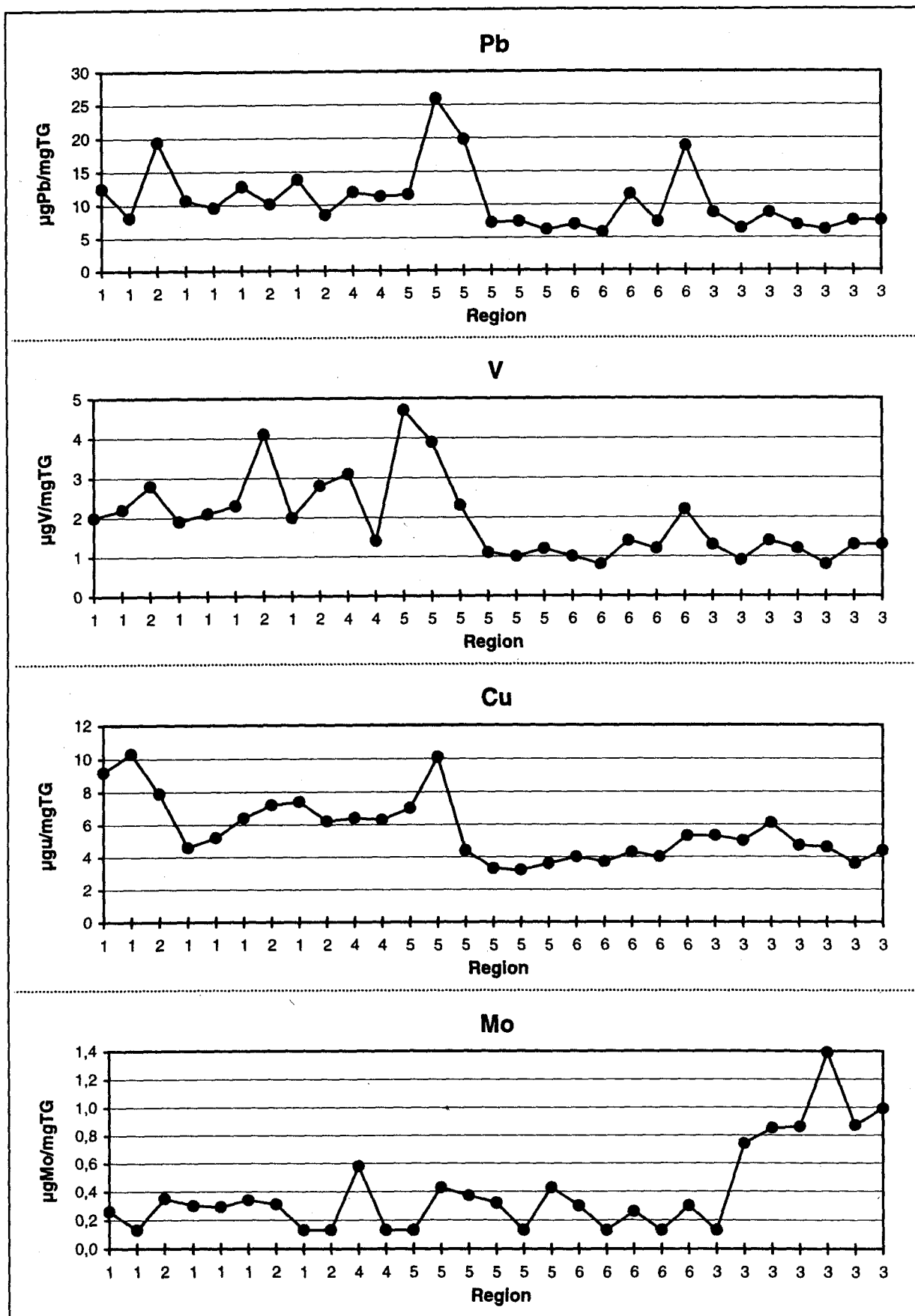


Abb. 19: Verteilung der Schwermetallkonzentrationen (Pb, V, Cu, Mo) entlang des Transekts Ost.

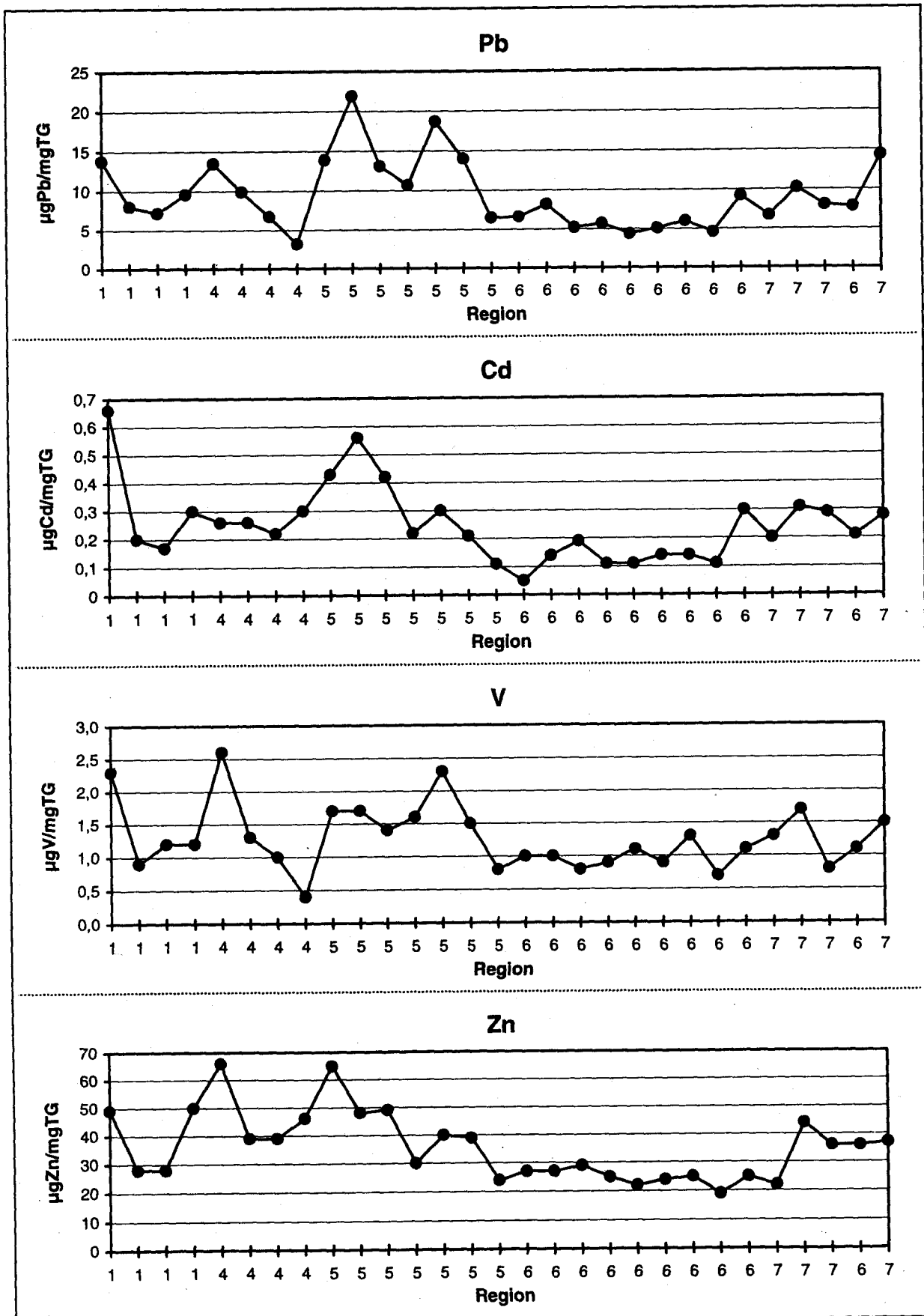


Abb. 20: Verteilung der Schwermetallkonzentrationen (Pb, Cd, V, Zn) entlang des Transekts Mitte.

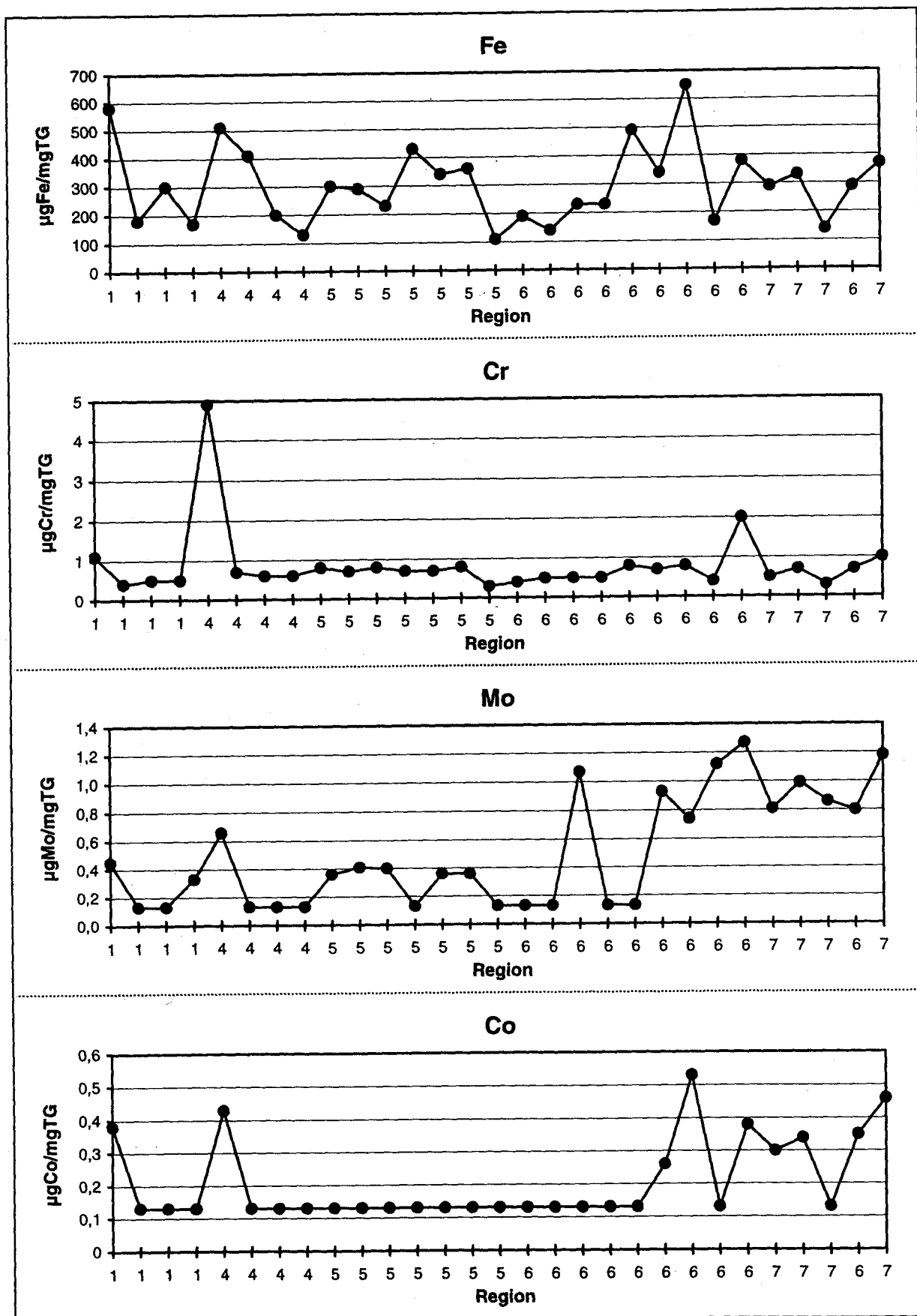


Abb. 21: Verteilung der Schwermetallkonzentrationen (Fe, Cr, Mo, Co) entlang des Transekts Mitte.

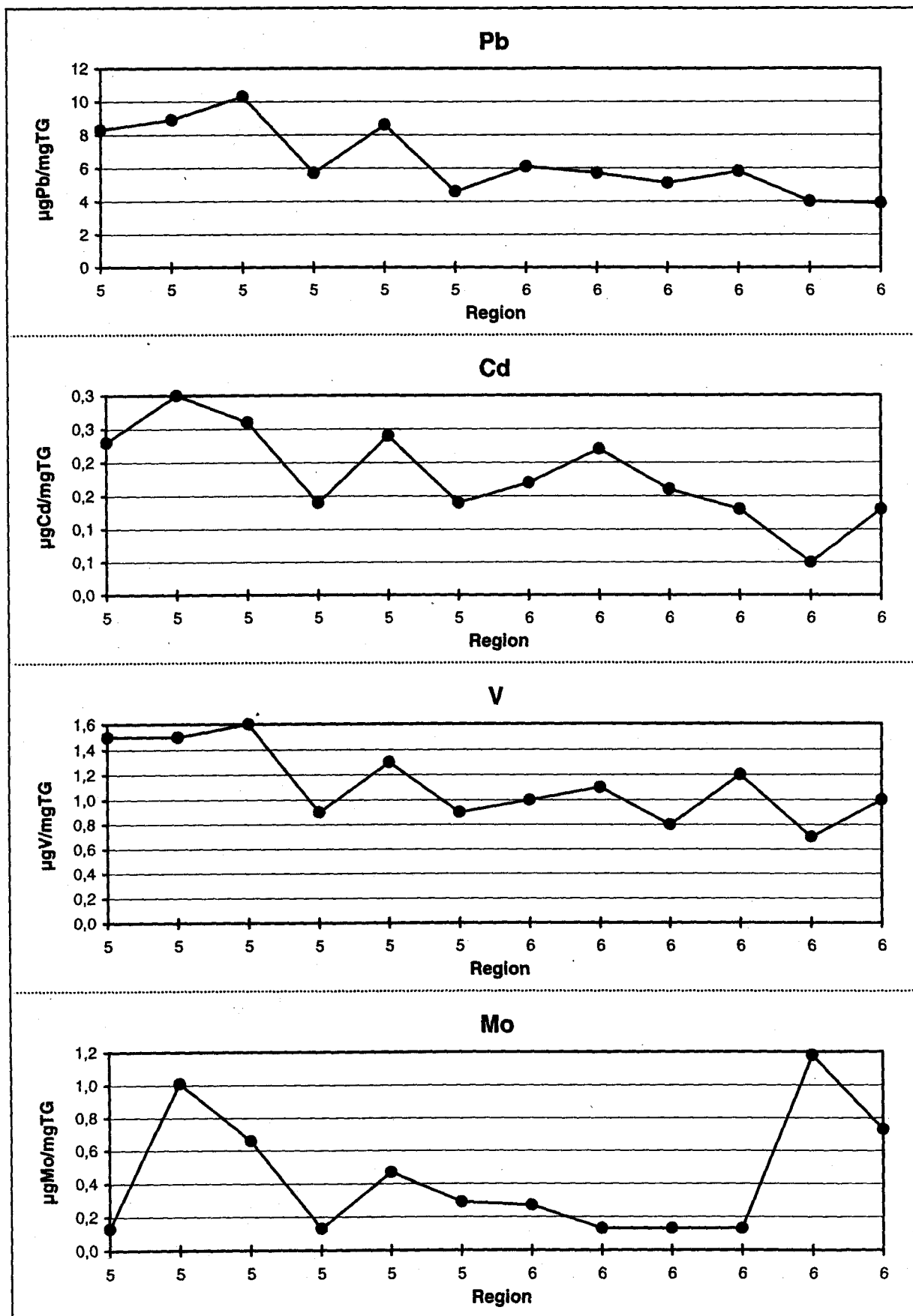


Abb. 22: Verteilung der Schwermetallkonzentrationen (Pb, Cd, V, Mo) entlang des Transekts West.

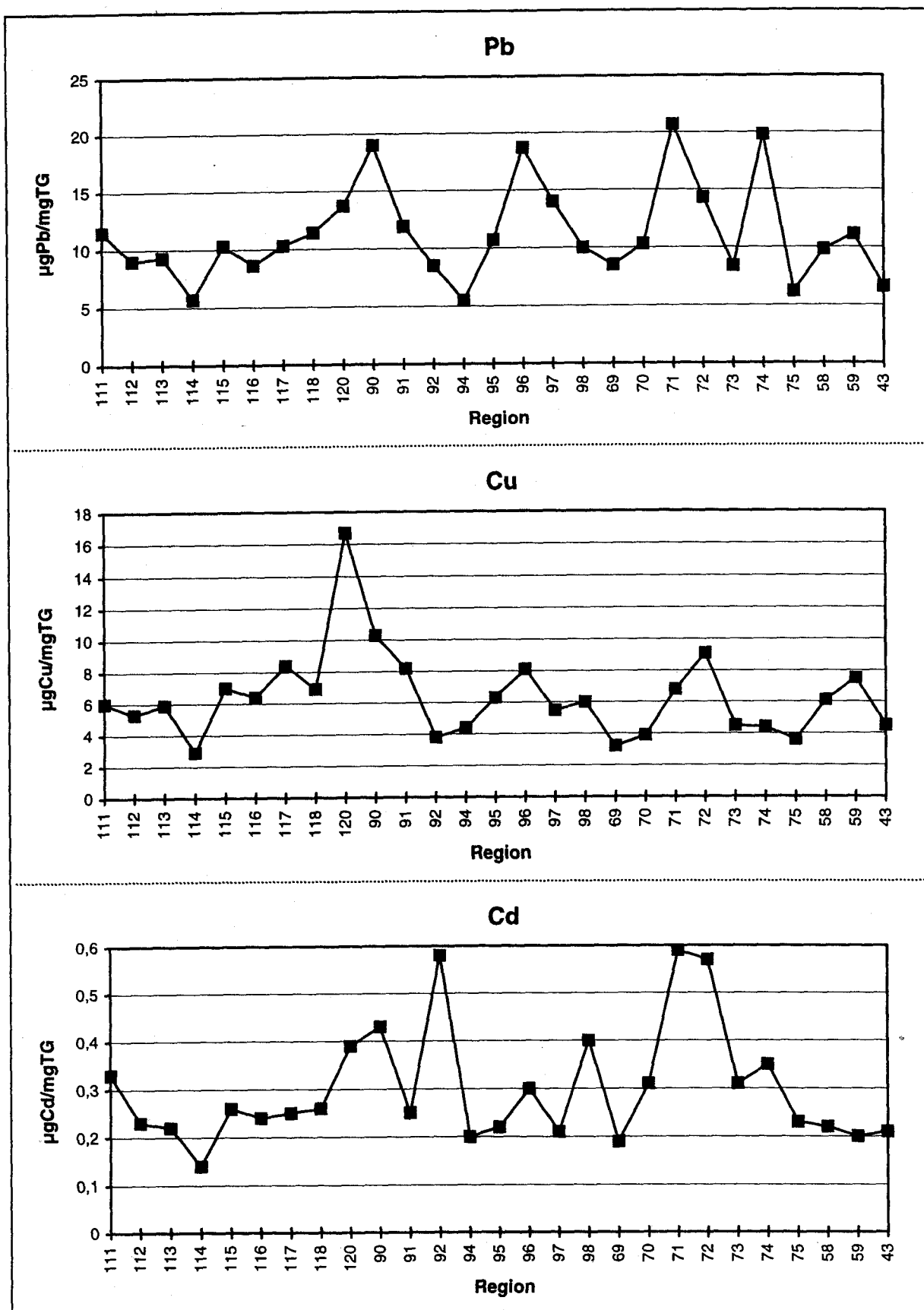


Abb. 23: Verteilung der Schwermetallkonzentrationen (Pb, Cd, Cu) entlang des West-Ost Transekts. Die Zahlen der x-Achse verweisen auf die entsprechende ÖK.

3.4 Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse (HKA)

Die Hauptkomponentenanalyse (principal component analysis) ermöglicht es aus einer großen Anzahl von Variablen durch Reduktion der Datendimensionalität lineare Zusammenhänge zu finden, welche einen großen Teil der Variabilität des Datenmaterials erklären. Die einzelnen Komponenten werden entlang von Achsen aufgetragen. Die Gewichtung dieser Achsen (Eigenvalue) wird in % angegeben. Die Punktnähe zweier Parameter zeigt demnach Gemeinsamkeiten auf.

Es wurden Hauptkomponentenanalysen für den Gesamtdatensatz, als auch für die einzelnen Regionen durchgeführt (Abb. 24 und 25).

Die Ordination der HKA, mit dem Gesamtdatensatz als Datengrundlage, zeigt die Abb. 24. Die x-Achse vereinigt 40 % der gesamten Datenvariabilität auf sich. Dies ist ein relativ hoher Wert, zumal die y-Achse nur mehr 17,8 % Variabilität erklärt. Die Rotation der Datenmatrix (Varimax) zeigt nur geringe Veränderungen bezüglich weiterer Achsen.

Bemerkenswert ist die Tatsache, daß die Gruppe mit Cd, Cu, Zn, Pb, Hg und S jene Elemente umfaßt, welche den höchsten anthropogenen Anreicherungsfaktor haben. Zusätzlich sind dies jene Elemente, welche vorwiegend über Verbrennungsprozesse freigesetzt werden und als kleinste Teilchen in die Atmosphäre gelangen. An Aerosole gebunden werden sie oft über weite Strecken verfrachtet und häufig über Niederschläge deponiert. Im Gegensatz dazu stehen die Elemente Cr, Ni, Co, As und Fe, welche zum Teil einen hohen geogenen Anteil besitzen, aber auch aus der Stahlindustrie freigesetzt werden. Mit einer Reihe von ungeklärten Fragen behaftet bleibt Molybdän.

Ein relativ ähnliches Bild liefern die Analysen der Regionen 2, 5 und 7, ohne jedoch die isolierte Stellung von Mo zu bestätigen. In diesen Regionen scheint Mo ein ähnliches Verteilungsmuster zu haben wie die anderen primär anthropogen freigesetzten Schwermetalle.

Die abweichende Stellung von Cu in der Region 4 dürfte vor allem mit den hohen lokalen Kupferwerten des Inntales in Zusammenhang stehen.

Die Ergebnisse der Regionen 1 und 6 sind kritisch zu betrachten, weil hier die Unterschiede in der Variabilität der einzelnen Matrices gering sind.

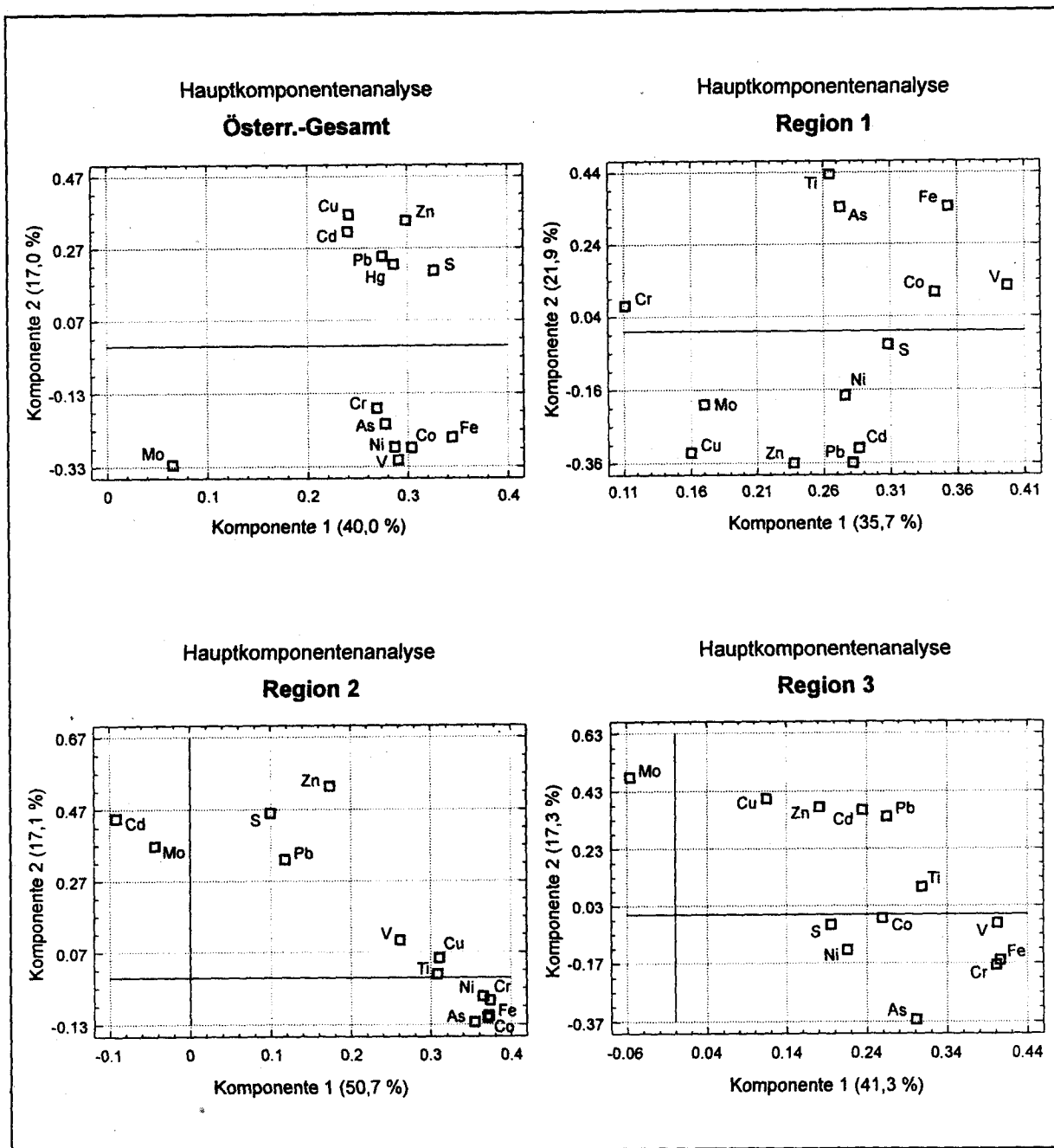


Abb. 24: Hauptkomponentenanalyse; Lage der Variablen entlang der ersten beiden Komponenten; Datengrundlage: Gesamtdatensatz bzw. Daten aus den Regionen 1, 2 und 3; Gewichtung (Eigenvalue) in %.

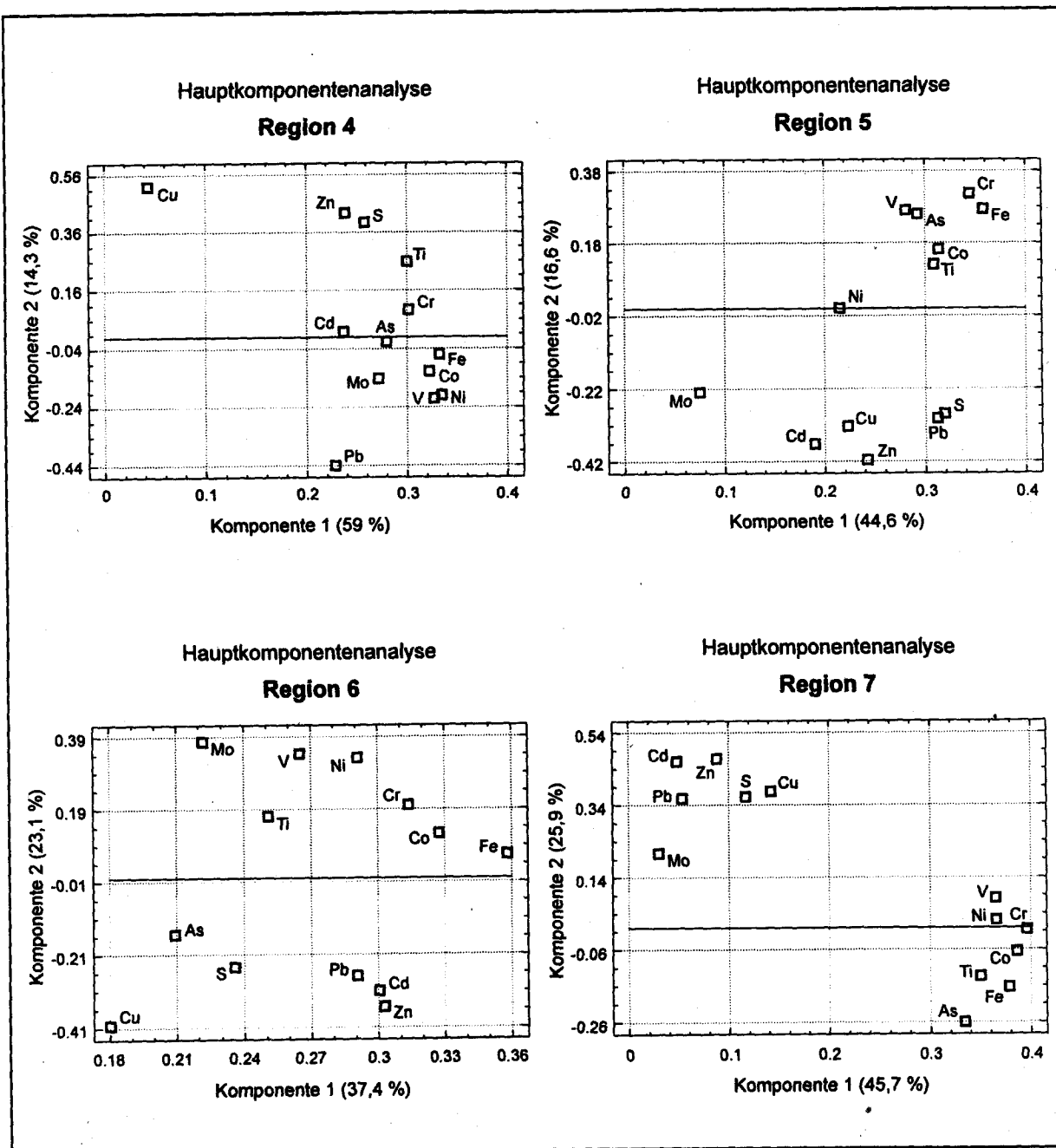


Abb. 25: Hauptkomponentenanalyse; Lage der Variablen entlang der ersten beiden Komponenten; Datengrundlage: Daten aus den Regionen 4, 5, 6 und 7; Gewichtung (Eigenvalue) in %.

3.5 Beurteilung einer regionalen Gesamtbelastung

Die Karten 15a und 15b geben die Verteilung der gesamten Schwermetalldepositionen in Österreich wider. Die Karten 16a, b und 17a, b zeigen ausgewählte Gruppen von Schwermetallen. Die Auswahl dieser einzelnen Schwermetallgruppen stützt sich auf die Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse (Kapitel 3.4).

Für die Erstellung dieser Karten wurden die an den einzelnen Standorten vorgefundenen Konzentrationen auf den gesamtösterreichischen Mittelwert des jeweiligen Elementes bezogen, und eine Abweichung von diesem in Prozent berechnet. Anschließend wurden diese Abweichungen summiert und in Relation zur verwendeten Anzahl an untersuchten Schwermetallen gesetzt. Ob die erhöhten Summenwerte durch extreme Überhöhung einzelner Werte oder durch eine überdurchschnittliche Summenkonzentration mehrerer Metalle auftreten, läßt sich mittels dieser Methode allerdings nicht eruieren.

Die Karten 15a und 15b zeigen in beeindruckender Weise die kritischen Zonen in Österreich auf: Da ist zum einen der Nordosten mit einer Vielzahl an Einflußquellen wie Ferntransport aus dem Osten, Emittenten im Ballungsraum Wien und den landwirtschaftlichen Intensivflächen (Kapitel 3.1 oder 3.2.3). Die Industriezonen in und um Linz und das westliche niederösterreichische Alpenvorland können als weitere Zone zusammengefaßt werden und dürften auch in kausalem Zusammenhang stehen. Lokale Emittenten sind zweifelsfrei im unteren Inntal für die dortigen hohen Konzentrationen verantwortlich (Verkehr, lokale Industrien, Siedlungsdichte). In diesem Bereich spielen auch die vermehrten Inversionswetterlagen eine bedeutende Rolle (Kapitel 3.2.7). Ähnlich, wenn auch nicht so deutlich ausgeprägt, sind die Verhältnisse im südlichen Vorarlberg. Hier sind auch die Depositionen über Niederschläge nicht zu vernachlässigen. Geogene Ursachen liegen im Silvrettagebiet, in Osttirol, im westlichen und südlichen Kärnten und im Südburgenland vor. Besonders auffällige Einzelpunkte sind u. a. Treibach-Althofen, die steirischen Industriezonen in der Mur-Mürzfurche und ein Punkt in Salzburg, bei welchem aber sekundäre Verunreinigung nicht auszuschließen ist.

Für die Karten 16a und 16b wurden die Elemente Pb, Cd, Zn, Cu, Hg und S verwendet. Diese Schwermetalle haben die höchsten anthropogenen Anreicherungsfaktoren und werden nach ihrer Freisetzung oft über weite Strecken verfrachtet, sofern die klimatischen und standörtlichen Gegebenheiten für eine derartige Verlagerung günstig sind (Kapitel 3.4). Die Depositionen der Elemente dieser Gruppe zeigen in vielen Fällen eine dementsprechend hohe Korrelation mit den Niederschlägen.

Darin ist auch der Hintergrund für die erhöhten Konzentrationen und somit 'Gesamtbelastungen' mancher Regionen mit diesen Elementen zu suchen, in denen keinerlei lokale Emittenten größeren Ausmaßes vorliegen (Salzkammergut, westliches NÖ Alpenvorland, Sauwald, Mariazeller Gebiet, südwestliches Vorarlberg). Deutlich tritt die niedrige Gesamtbelastung mit den Stoffen dieser Gruppe im Zentralalpenbereich hervor. Dies gilt allerdings nur für die in der vorliegenden Studie untersuchten Höhenstufen. Mit zunehmender Seehöhe und somit Niederschlagsraten steigen auch hier die Konzentrationen an (ZECHMEISTER, 1995a), dies ist aber aus den vorliegenden Karten nicht ersichtlich.

Lokale Emittenten sind hingegen zumindest im unteren Inntal, in Donawitz und um Linz vorhanden. Geogen bedingt sind die erhöhten Gehalte im Silvretta-Gebiet und im südlichen Kärnten.

Die Darstellungen der Karten 17a und 17b müssen differenziert betrachtet werden. Die hier repräsentierten Elemente sind einerseits in hohem Maße in Böden vorhanden, andererseits werden sie auch massiv von der Eisen- und Stahlindustrie freigesetzt. V steht u. a. auch in engem Bezug zu Raffinerien.

Der Nordosten Österreichs ist einerseits durch den Ferntransport aus den slovakischen, tschechischen und polnischen Schwerindustrierevieren beeinflusst, andererseits ermöglichen hier die

lange Zeit brachliegender Felder und die Winderosion die Sekundärverunreinigung mit Bodenteilchen, welche ebenfalls landwirtschaftlich bedingte Schwermetallkontaminationen aufweisen können (Kapitel 3.1 und 3.2.3).

Die eisenproduzierende Industrie in Linz und Donawitz beeinflussen wohl größere Regionen. Lokale Emittenten wie u. a. in Brixlegg und Treibach sorgen für erhöhte Einzelwerte in diesen Gebieten.

In weiten Teilen Kärntens und der Südoststeiermark können die erhöhten Konzentrationen geogen bedingt sein (vor allem hinsichtlich Mo).

3.6 Vergleichende Untersuchungen mit der Österreichischen Pilotstudie 1991

Zur Erstellung der Isolinienkarten für den Bericht der österreichischen Pilotstudie (ZECHMEISTER, 1994) sowie zur Erstellung dieser Karten für den Europabericht (RÜHLING, 1994a) wurden 1991 die Daten von 28 Standorten verwendet. Aufgrund unterschiedlicher Zielsetzungen der Pilotstudie und der aktuellen Studie entsprachen damals nur diese 28 Sammelpunkte den internationalen Vorgaben für eine europaweite Aufsammlung.

Die Standorte der Aufsammlung 1991 wurden auch in dieser Studie abermals beprobt, nicht zuletzt um bereits in der vorliegenden Studie Aussagen über zeitliche Veränderungen der Depositionsfrachten machen zu können.

Tab. 5 stellt die Schwermetallkonzentrationen der Aufsammlung 1991 jenen der Aufsammlung 1995 gegenüber. Diese Tabelle gibt auch für jedes Schwermetall getrennt, die prozentuellen Abweichungen der beiden Sammeltermine an den jeweiligen Standorten wieder.

Die Mediane der 28 Standortdaten aus der Aufsammlung 1995 entsprechen weitgehend denen der gesamtösterreichischen Daten von 1995. Dies bestätigt die durchaus repräsentative Auswahl der Sammelpunkte bereits im Jahr 1991.

In der Aufsammlung 1995 sind die Einzelwerte der meisten Standorte sowie die Mediane aller Standorte, meist deutlich niedriger als jene der Aufsammlung 1991.

Betrachtet man den Median der Summe aller prozentuellen Unterschiede zwischen den beiden Aufsammlungen, so beträgt die Reduktion der Konzentrationen von 1995 bei Pb 42 %, V 29 %, Zn 16 %, Fe 44 %, Cu 6 %, Cr 67 %, Ni 54 %, Cd 39 %, Co 57 % und As 80 %. Hg zeigt gegenüber 1991 keine Veränderung. Nur bei S gibt es eine Zunahme um 4 %.

Die großteils deutlich niedrigeren Werte der Aufsammlung 1995 dürften in mehreren Faktoren begründet sein:

In einigen an der internationalen Studie teilnehmenden Ländern (z. B. Schweden, Norwegen, Polen) werden seit vielen Jahren Schwermetallkonzentrationen in Moosen mittels der in dieser Studie verwendeten Methode erfaßt. Dabei zeigt sich in den meisten Ländern (mit Ausnahme einzelner Staaten des ehemaligen Ostblocks) ein Trend zur allgemeinen Abnahme der Schwermetallkonzentrationen (z. B. RÜHLING, 1994a, RÜHLING et al. 1997; Kapitel 3.7 und Tab. 7). Dies ist auf umfassende Kenntnis der Schwermetallproblematik und zum Teil einschneidende Maßnahmen (z. B. Einführung des bleifreien Benzins, effektive Filter in Verbrennungsanlagen etc.) zurückzuführen. Von der Abnahme sind nicht alle Schwermetalle im gleichen Ausmaß betroffen, bei einzelnen (z. B. Cd) wird sogar eine Steigerung beobachtet (GRODZINSKA, pers.Mitt.).

Eine weitere Ursache der Abnahme der Schwermetallkonzentrationen in den österreichischen Moosproben gegenüber der Aufsammlung 1991/1992 liegt mit großer Wahrscheinlichkeit in

der Art des Aufschlusses und der Analyse der Moosproben. In der vorliegenden Studie wurden die Proben im Labor des UBA mittels offenem Aufschluß bearbeitet, während in der Pilotstudie im ÖFZ Seibersdorf Druckaufschluß verwendet wurde. Durch letztere Methode kommt es vielleicht zu einem effektiveren Aufschluß der Schwermetalle, während durch die in der vorliegenden Studie verwendete Methode offensichtlich nicht alle Metalle in Lösung gehen.

Eine weitere Ursache könnte im verwendeten Analysegerät liegen. In der vorliegenden Studie wurden mit Ausnahme von As und Hg (AAS-Hydridtechnik) alle Elemente mit ICP-AES gemessen, in der Pilotstudie wurde ICP-AES nur für Cu, Fe, Pb, V und Zn verwendet, für alle anderen Elemente AAS (Graphitrohr und Hydridsystem). Wie THÖNI (pers. Mitt.) berichtet, treten bei Verwendung von ICP-AES vor allem bei Pb, Cd und Cr im tieferen Konzentrationsbereich extrem große Schwankungen auf bzw. sind die gemessenen Werte zu tief im Vergleich zur Verwendung von ICP-MS. Nur bei Zn und Cu stimmen die Ergebnisse, ermittelt durch die beiden Geräte, gut überein. Bei diesen beiden Elementen sind die Abnahmen gegenüber der Pilotstudie auch am geringsten.

Bestätigt werden die Vermutungen eines methodischen Ursprungs der tiefen Werte durch die Ergebnisse zweier Ringversuche. Am Ringversuch 1 waren Labors aus Schweden, Finnland, Norwegen, Estland, Litauen und Rußland beteiligt. Dabei wurden gemittelte Sollwerte für weitere Ringversuche erstellt (STEINNES et al., 1997). Im Vergleich mit diesen Sollwerten zeigen die vom Labor des UBA ermittelten Konzentrationen die größten Abweichungen bei den Elementen As (61 %), Cr (35 %), Fe (21 %) und V (19 %). Außer Cd liegen alle vom UBA ermittelten Werte unter den Durchschnittswerten der Referenzproben, wenngleich auch in vielen Fällen innerhalb der zusätzlich angegebenen Schwankungsbreiten (Tab. 6). Cr, Cd und Fe zeigten aber auch innerhalb der Sollwertbestimmung für den Ringversuch 1 die größten Variationskoeffizienten (STEINNES et al., 1997).

Beim Vergleich mit den Ergebnissen eines zweiten, erweiterten Ringversuches mit demselben Probematerial, an dem Labors von mehr als 20 europäischen Länder teilnahmen (ohne Österreich), sind die in Österreich gemessenen Konzentrationen noch stärker abweichend. Betrachtet man den erweiterten Ringversuch, sind nur mehr die Ergebnisse von Cd und Pb innerhalb der tolerierbaren Schwankungsbreiten (unterer Wert), alle anderen Metalle liegen zum Großteil deutlich unter den tolerierbaren Schwankungen (Tab. 6).

Ein weiterer Grund für die Reduktion der Schwermetallkonzentrationen könnte auch in der methodisch verbesserten Aufsammlung liegen. Die Erfahrungen aus der Pilotstudie und deren Umsetzung durch ein gut geschultes Team haben Verbesserungen und Standardisierungen vor allem in der Auswahl der Mikrostandorte ermöglicht. Dadurch wurde der Einfluß durch lokal bedingte Sekundärverunreinigungen minimiert und die allgemeine Vergleichbarkeit der Standorte erhöht. Die durch diesen Faktor möglicherweise erniedrigten Werte betreffen aber nur vereinzelte Standorte und erklären nicht die generell geringeren Werte der vorliegenden Studie.

Wie weit die klimatische Situation zur Sammelzeit (größere Niederschlagsmengen) Einfluß auf die Konzentrationswerte geübt hat, kann nicht gesichert geklärt werden. Vergleichende Untersuchungen von RÜHLING und THÖNI mit gewaschenen und ungewaschenen Proben haben aber keine signifikanten Unterschiede gezeigt (pers. Mitt.). Damit kann aber eine durch Auswaschung verringerte Konzentration fast ausgeschlossen werden.

Tab. 5: Vergleich der Konzentrationen der Probenahme 1991 mit der von 1995 an den selben Standorten.
(1. Feld: Probe 1995; 2. Feld: Probenr. 1991; %95/91 = prozentueller Unterschied 1995 zu 1991;
Abw. = Median der Summe aller prozentuellen Unterschiede).

	Pb	V	S	Zn	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd	Co	As	Hg
1-6-1P	11,6	2,3	1.300	37	480	6,7	1,3	2,1	0,21	0,13	0,14	0,08
1	15,7	3	956	34,5	693	3,5	2,4	2,4	0,3	0,3	0,91	0,07
%95/91	74	77	136	107	69	191	54	88	70	43	15	114
2-9-1R	23,0	3,2	1.030	44	1.210	8,2	2,3	2,6	0,22	0,49	0,44	0,07
6		2,3	972	42	1.131	4,4	3,4	6,1	0,30	0,80	1,40	0,1
%95/91		139	106	106	107	186	68	43	73	61	31	70
1-14-1P	8,0	0,9	1.210	28	180	6,6	0,4	1,0	0,20	0,13	0,07	0,03
9	7,7	1,4	1.020	29,2	223	5,4	1,5	5	0,3	0,1	0,42	0,05
%95/91	104	64	119	96	81	122	27	20	67	130	17	60
1-18-2P	8,9	1,2	1.240	34	280	5,8	0,5	0,8	0,17	0,13	0,07	0,05
12	9,6	1,5	1.197	29,2	272	4,9	1,2	2	0,3	0,2	0,53	0,07
%95/91	93	80	104	116	103	118	42	40	57	65	13	71
5-68-1P	10,7	8,3	1.160	31	530	3,4	2,7	1,3	0,30	0,13	0,15	0,09
26	4,2	2,0	1.049	31	1.032	5,7	2,1	4,2	0,40	0,90	0,62	0,03
%95/91	255	415	111	99	51	60	129	31	75	14	24	300
2-78-1HP	10,6	2,4	1.260	30	890	5,6	1,3	1,4	0,15	0,27	0,54	0,05
32	14,4	3,7	1.367	43,3	1.465	6,7	3,4	3,4	0,4	0,6	1,84	0,1
%95/91	74	65	92	69	61	84	38	41	38	45	29	50
5-85-1P	8,9	1,5	1.090	42	260	4,8	0,8	1,0	0,30	0,13	0,07	0,04
33	11,4	1,2	821	31,3	187	3,5	1,2	1,5	0,3	0,1	0,13	0,04
%95/91	78	125	133	134	139	137	67	67	100	130	54	100
5-88-1H	11,1	1,6	1.030	32	270	7,0	0,6	0,9	0,24	0,13	0,07	0,06
149	15,8	2,1	1.220	38	338	4,4	1,1	1,3	0,50	0,20	0,26	0,06
%95/91	70	76	84	85	80	159	55	69	48	65	27	100
5-94-1H	5,5	1,0	960	24	210	4,4	0,5	0,7	0,20	0,13	0,07	0,04
63	18,0	2,7	1.405	40	540	8,7	1,3	2,5	0,30	0,30	0,57	0,06
%95/91	31	37	68	60	39	51	38	28	67	43	12	67
6-104-1P	7,0	1,0	980	24	200	4,0	0,7	0,8	0,15	0,13	0,07	0,04
77	18,8	2,5	1.011	38	470	6,3	1,8	1,9	0,30	0,30	0,40	0,04
%95/91	37	40	97	63	43	63	39	42	50	43	18	100
5-112-2P	9,0	1,3	1.020	39	240	5,3	0,6	1,0	0,23	0,13	0,07	0,04
79	22,8	2,5	1.356	63,9	510	9,5	2,8	1,5	1	0,2	0,34	0,05
%95/91	39	52	75	61	47	56	21	67	23	65	21	80

	Pb	V	S	Zn	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd	Co	As	Hg
6-121-1H	10,0	1,1	1.340	31	670	7,9	0,6	1,7	0,17	0,13	0,30	0,08
81	15,5	1,3	1.277	31,6	361	7,1	2	1,6	0,3	0,3	0,31	0,05
%95/91	65	85	105	98	186	111	30	106	57	43	97	160
6-129-1H	3,2	0,4	1.060	24	110	5,2	0,3	0,6	0,05	0,13	0,07	0,04
82	13,1	0,8	933	23,8	339	5,4	0,9	1,1	0,3	0,3	0,35	0,05
%95/91	24	50	114	101	32	96	33	55	17	43	20	80
5-132-1H	9,2	1,0	830	27	340	4,5	0,7	1,0	0,17	0,13	0,07	0,08
85	14	2,1	777	37,1	1.724	5	3,2	3	0,2	0,7	0,95	0,09
%95/91	66	48	107	73	20	90	22	33	85	19	7	89
6-135-1P	7,4	1,2	850	22	420	4,0	0,8	1,1	0,17	0,13	0,07	0,04
88	13,9	1,3	944	32,3	539	6,1	2,4	2,3	0,3	0,5	0,65	0,04
%95/91	53	92	90	68	78	66	33	48	57	26	11	100
6-138-2P	5,5	1,3	1.010	26	620	4,6	1,2	2,7	0,18	0,13	0,07	0,04
89	19,3	4,5	1.086	136	2.791	7,8	5,8	6	0,5	1,1	1,31	0,04
%95/91	28	29	93	19	22	59	21	45	36	12	5	100
5-142-1H	13,6	2,8	1.350	47	760	8,4	2,8	2,4	0,33	0,33	0,07	0,07
93	27,4	3,1	1.196	46	885	8,3	4,4	3,8	0,40	0,60	0,50	0,05
%95/91	50	90	113	102	86	101	64	63	83	55	14	140
6-146-2P	5,1	0,8	750	22	250	3,2	0,4	0,5	0,16	0,13	0,13	0,03
99	8,9	1	701	24,4	402	4,3	1,8	1,4	0,3	0,4	0,54	0,04
%95/91	57	80	107	90	62	74	22	36	53	33	24	75
6-150-P	11,0	1,2	1.130	50	860	7,2	0,9	2,1	0,52	0,52	1,34	0,04
113	8,1	0,6	1.125	29,4	230	5,6	0,3	0,7	0,4	0,2	0,34	0,05
%95/91	136	200	100	170	374	129	300	300	130	260	394	80
6-154-1P	2,4	0,4	780	20	100	4,2	0,4	0,6	0,13	0,13	0,17	0,02
126	5,1	1,4	1.014	33	1.040	4,4	4,5	5,0	0,20	2,10	0,55	0,02
%95/91	47	29	77	61	10	95	9	12	65	6	31	100
6-160-2H	10,3	2,0	1.110	29	360	7,0	0,9	1,4	0,17	0,29	0,13	0,08
128	17,2	1,7	1.128	35,3	716	6,9	2,7	4	0,3	0,6	0,65	0,04
%95/91	60	118	98	82	50	101	33	35	57	48	20	200
6-184-1P	4,8	0,6	1.010	26	170	4,6	0,4	1,4	0,14	0,32	0,07	0,04
133	16,4	1,0	864	29	356	3,8	1,2	1,3	0,20	0,80	0,25	0,01
%95/91	29	60	117	89	48	121	33	108	70	40	28	400
6-189-1P	11,2	1,3	970	27	250	4,6	0,6	1,4	0,21	0,13	0,07	0,04
136	19,3	2,1	1.168	45,6	649	6	2,2	2,2	0,5	0,5	0,4	0,02
%95/91	58	62	83	59	39	77	27	64	42	26	18	200

	Pb	V	S	Zn	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd	Co	As	Hg
3-192-1P	7,6	1,3	930	19	240	3,6	0,5	0,9	0,21	0,33	0,07	0,04
138	18,8	2,6	994	30,7	1.038	5,6	3,1	3,6	0,3	0,9	0,68	0,02
%95/91	40	50	94	62	23	64	16	25	70	37	10	200
7-197-1P	9,0	1,5	1.110	25	340	4,4	0,7	1,2	0,18	0,25	0,07	0,04
141	10,2	1,2	910	42	308	6,7	1,0	1,5	0,40	0,30	0,19	0,02
%95/91	88	125	122	60	110	66	70	80	45	83	37	200
7-203-1P	5,8	0,8	1.110	29	120	5,5	0,4	0,6	0,21	0,13	0,07	0,03
147	12,9	1,5	1035	47	374	5,9	1,2	1,2	0,30	0,30	0,26	0,03
%95/91	45	53	107	62	32	93	33	50	70	43	27	100
Median 95	9,0	1,3	1.045	28,5	275	5,0	0,7	1,1	0,19	0,13	0,07	0,04
Median 91	14,4	1,9	1.028	34,9	525	5,7	2,1	2,3	0,30	0,35	0,52	0,05
Abw.%	58	71	104	84	56	94	33	46	61	43	20	89

Tab. 6: Vergleich der Analyseergebnisse der Referenzmaterialien. Sollwert 1 zeigt die Mittelwerte und Standardabweichung der Ergebnisse der skandinavischen Labors (n=3-15), Sollwert 2 die Mittelwerte und Standardabweichungen der Labors aus ganz Europa (n>20). Konzentrationen mit Ausnahme von Zn und Fe in µg/kg Trockengewicht, für Zn und Fe in mg/kg.

	As	Cd	Cr	Cu	Fe
UBA	*	105	389	3.526	98
Sollwert 1	105 ± 4	102 ± 9	750 ± 60	3.840 ± 140	144 ± 28
Sollwert 2	105 ± 7	106 ± 5	670 ± 190	3.760 ± 230	138 ± 12
UBA	380	447	550	64.293	210
Sollwert 1	980 ± 90	440 ± 50	1.030 ± 80	68.000 ± 5.000	260 ± 35
Sollwert 2	980 ± 70	454 ± 19	970 ± 170	68.700 ± 2.500	262 ± 35
UBA	*	79	2.908	2.908	72
Sollwert 1	70 ± 5	73 ± 5	3.200 ± 100	3.200 ± 100	82 ± 5
Sollwert 2	70 ± 5	77 ± 6	**	3.180 ± 120	90 ± 12
	Hg	Ni	Pb	V	Zn
UBA	37	891	3.392	1.033	22,9
Sollwert 1	45 ± 13	930 ± 50	3.420 ± 460	1.240 ± 220	23,3 ± 2,5
Sollwert 2	35 ± 4	960 ± 80	**	1.190 ± 150	25,4 ± 1,1
UBA	51	14.987	6.793	1.221	33,5
Sollwert 1	62 ± 5	16.300 ± 1.400	8.000 ± 1.300	1.370 ± 160	36,2 ± 3,3
Sollwert 2	58 ± 5	16.300 ± 900	**	1.430 ± 170	36,1 ± 1,2
UBA	26	882	2.063	448	22,3
Sollwert 1	29 ± 1	950 ± 70	2.050 ± 260	640 ± 40	23,5 ± 2,3
Sollwert 2	29 ± 2	990 ± 10	**	600 ± 10	25 ± 0,9

* unter der Nachweisgrenze; ** kein Wert

3.7 Die Österreichischen Meßwerte im internationalen Vergleich

Der Vergleich der in Österreich ermittelten Schwermetallkonzentrationen mit denen anderer am gesamteuropäischen Untersuchungsprogramm teilnehmender Länder kann zum Großteil nur indirekt erfolgen. Aus den meisten Staaten liegen zum Zeitpunkt der Berichterstellung nur offizielle Werte aus den Aufsammlungsjahren 1990/91 vor. Einen endgültigen Vergleich aller 1995 gesammelten Proben kann erst der internationale Bericht bringen, welcher 1998 vorliegen wird.

Die für Österreich ermittelten Schwermetallkonzentrationen wurden deshalb zumeist den von RÜHLING (1994a) veröffentlichten Werten gegenübergestellt. Nur für Skandinavien liegen dem Verfasser vollständige Daten der Aufsammlung von 1995 vor (RÜHLING et al., 1997; RÜHLING, unpubl.). Für den grafischen Vergleich (Abb. 26 und 27) wurden vor allem jene Länder herausgegriffen, welche entweder an Österreich grenzen, bzw. aus denen langfristig vergleichbares Datenmaterial in größerem Umfang vorliegt. Es wurden nur jene Schwermetalle ausgewählt, welche in den meisten Teilnehmerländern analysiert wurden.

Die österreichischen Werte der Aufsammlung von 1995 entsprechen etwa den Werten der skandinavischen Länder aus Aufsammlung 95, liegen aber in den meisten Fällen unter denen der Vergleichsländer mit Sammeltermin 1990/91.

Im retrospektiven Vergleich der Aufsammlungen von 1990 und 1995 läßt sich eine allgemeine Tendenz zu einer stärkeren Abnahme der Schwermetalldepositionen ablesen (Tab. 7). Dies betrifft vor allem die Schwermetalle Pb, Fe, Cr.

Ob zusätzlich die Abnahmen in Österreich auch noch analytische Ursachen haben, kann an dieser Stelle nicht verifiziert werden (Kapitel 3.6).

Wie die Ergebnisse des internationalen Workshops in Pruhonice (1996) gezeigt haben, sind im direkten Vergleich die grenznahen Untersuchungspunkte der Tschechischen Republik sehr gut mit den grenznahen österreichischen Punkten in Einklang zu bringen (SUCHARA, pers. Mitt.). Mit Ausnahme einzelner, zumeist elementspezifischer Konzentrationen (z. B. bei As) liegen die Werte innerhalb tolerierbarer, relativ geringer Schwankungsbreiten.

An einzelnen Punkten (z. B. 1-5-1P oder 1-17-1-P) sind die Konzentrationen auf tschechischer Seite niedriger als auf der österreichischen. Die österreichnahen Gebiete Tschechiens gehören zu den Gebieten mit den geringsten Konzentrationen in unserem Nachbarland.

Die zum Teil sehr hohen Konzentrationen in den grenznahen Punkten zur Slowakei werden durch die Daten aus diesem Land ebenfalls bestätigt (MANKOVSKA, mündl. Mitt.). Die Schwermetallkonzentrationen der Slowakei liegen bei allen Metallen deutlich über denen der meisten europäischen Länder.

Zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Berichtes (November 1996) liegen aus den übrigen Nachbarländern Österreichs noch nicht einmal inoffizielle Werte vor.

Tab. 7: Retrospektiver Vergleich der Ergebnisse der Aufsammlungen 1990/91 und 1995 in Österreich (A), Dänemark (DK), Schweden (S) und Norwegen (N). Konzentrationen in µg/g, Vergleich der beiden Aufsammlungstermine in %.

	Pb	V	Zn	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd
A91	15,8	2	36,6	544	5,85	1,85	2,5	0,3
A95	8,9	1,3	31	340	5,4	0,7	1,3	0,22
%Unterschied	-44	-35	-15	-38	-8	-62	-48	-27
DK90	10,6	2,66	36	427	6,4	1,22	1,3	0,25
DK95	7,45	2,51	41,7	373	4,72	0,64	1,37	0,31
%Unterschied	-30	-6	16	-13	-26	-48	5	24
S90	11,3	2,36	43,7	298	5,4	1,28	1,5	0,24
S95	6,03	2,15	39,9	182	4,54	0,57	1,11	0,19
%Unterschied	-47	-9	-9	-39	-16	-55	-26	-21
N90	9,2	2,38	36,2	471	5,2	1,03	1,56	0,14
N95	5,8	2,25	37,7	331	5,17	1,05	1,62	0,13
%Unterschied	-37	-5	4	-30	-1	2	4	-7

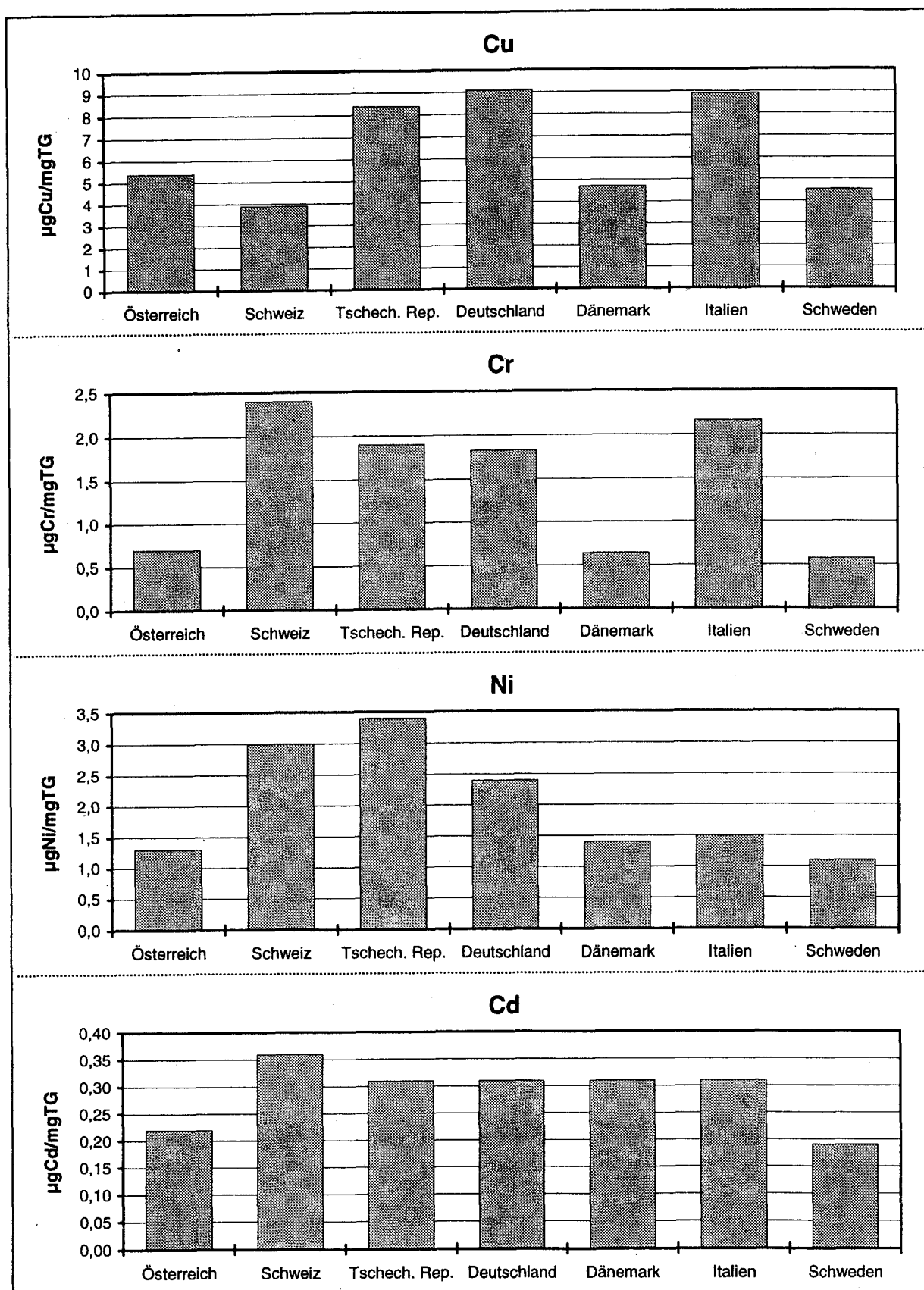


Abb. 26: Vergleich der Mediane der Schwermetallkonzentrationen in Moosen bei Pb, V, Zn und Fe in einzelnen Teilnehmerländern. Die Werte von Österreich (A), Schweden (S) und Dänemark (DK) stammen aus der Aufsammlung 1995, alle anderen Werte aus den Aufsammlungen 1990/91.

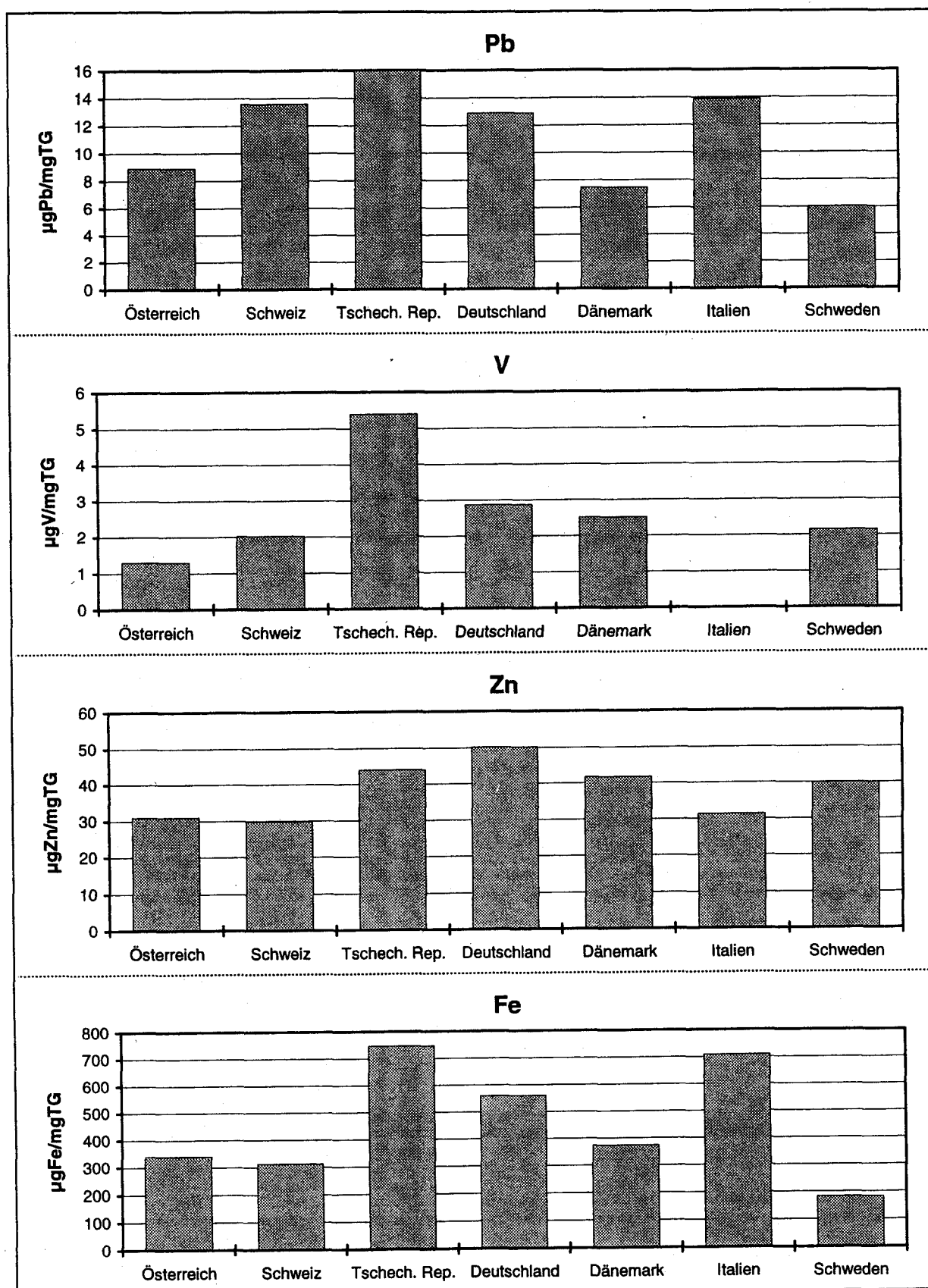


Abb. 27: Vergleich der Mediane der Schwermetallkonzentrationen in Moosen bei Cu, Cr, Ni und Cd in einzelnen Teilnehmerländern. Die Werte von Österreich (A), Schweden (S) und Dänemark (DK) stammen aus der Aufsammlung 1995, alle anderen Werte aus den Aufsammlungen 1990/91.

3.8 Vergleichende Untersuchungen von Elementkonzentrationen in Moosen mit Frachten in Wados (Wet and dry only sampler)

Abgesehen von der flächendeckenden Erfassung der atmosphärischen Schwermetalldepositionen ist die Evaluierung der Berechnung atmosphärischer Schwermetalldepositionen aus Konzentrationsdaten ein weiteres vorrangiges Ziel dieser Studie.

Grundlage dafür sind Untersuchungen, welche Auskunft über die Effizienz der Schwermetallaufnahme durch die einzelnen Moose geben. Das Wissen um die Schwermetallaufnahmekapazität ist neben den Biomasseanalysen eine unabdingbare Voraussetzung für die Errechnung von Depositionsdaten aus vorhandenen Konzentrationsdaten (Kapitel 3.9).

Für die Berechnung eines Aufnahmeeffizienzfaktors sind vergleichende Untersuchungen zwischen dem atmosphärischen Schwermetalleintrag, erfaßt mittels technischer Sammelgeräte, und den gemessenen Schwermetallkonzentrationen in Moosen notwendig. Derartige Studien werden seit einigen Jahren europaweit mit wechselndem Erfolg durchgeführt (BERG et. al., 1995; THÖNI, 1996).

Die Untersuchungen sind aufgrund des Betreuungsaufwandes der technischen Sammelgeräte finanziell zumeist aufwendig und nicht zuletzt wegen der immer wieder eingeschränkten Wachstumsbedingungen für Moose an den Standorten mit Bulksammlern nicht immer durchführbar.

Wie die einzelnen Studien gezeigt haben, gibt es in manchen Fällen eine Abhängigkeit der Aufnahmeeffizienz bei Moosen von geographischen Rahmenbedingungen. Einige dieser Faktoren sind z. B. Meeresnähe, geologischer Untergrund, Höhe der Niederschläge, vielleicht auch populationsgenetisch bedingte Unterschiede. Deshalb wurden in Österreich ebenfalls vergleichende Untersuchungen an folgenden 8 Standorten durchgeführt: Naßfeld, Schöneben, Sieghartskirchen, Silberberg, Achenkirch, St. Kolomann (alle UBA), Naßwald (MA 22) und Werfenweng (Salzb. Landesreg.).

An allen Standorten stehen als technische Sammler WADOS (Wet And Dry Only Sampler). Betreut werden die Sammelgeräte im Auftrag des Umweltbundesamtes, der MA22 und der Salzburger Landesregierung. Die Analyse der gewonnenen Proben erfolgte einerseits im UBA, andererseits an der TU Wien (WADOS MA22). Analysiert wurden nur die nassen Depositionen. Die Daten wurden von den Verwaltern der Sammelgeräte zur Verfügung gestellt.

An allen WADOS-Standorten wurden flächenbezogen Moosproben gesammelt (unter Einhaltung der für die Studie geforderten Bedingungen (Kapitel 2.).

Die durch WADOS ermittelten Regenproben werden nicht bei allen Stationen auf dieselben Elemente analysiert. Dadurch ist die den vergleichenden Berechnungen zugrunde liegende Datenmenge unterschiedlich. Nur Pb wird an allen 8 Standorten gemessen. Für die anderen Schwermetalle gibt es folgende Vergleichszahlen: As (6), Cd (7), Cr (7), Cu (7), Fe (6), Ni (7), Pb (8), Zn (7). V und Mo fallen aufgrund zu geringer Vergleichszahlen (1) aus den vergleichenden Berechnungen, zu Co und Hg gibt es keine Vergleichsdaten.

Die durch WADOS und Moosproben ermittelten Konzentrationsdaten wurden mittels linearer Regressionen miteinander verglichen. Dabei wurden die WADOS-Daten als unabhängige, die Mooskonzentrationen als abhängige Variablen betrachtet.

Entsprechend den in der Literatur gebräuchlichen Methoden wurden die Jahresdurchschnittsdepositionen pro Flächeneinheit ($\mu\text{g m}^{-2} \text{yr}^{-1}$) ermittelt, über WADOS mit a) den durchschnittlichen Jahreskonzentrationen im Moos verglichen, als auch mit b) den Flächendepositionen ermittelt aus den Moosdaten unter Einbeziehung der Wuchsdaten.

Betrachtet man den Vergleich der WADOS-Daten mit den Mooskonzentrationsdaten, so besteht ein signifikanter Zusammenhang ($p = 0.05$) nur bei Zn und Fe. Unter Einbeziehung der Wuchsdaten gibt es nur bei Cu einen signifikanten Zusammenhang.

Diese Ergebnisse entsprechen nicht den in der Literatur genannten Erfahrungen. Die Hauptursache dafür könnte darin liegen, daß in dieser Studie mit WADOS als Sammler gearbeitet wurde, während in den Arbeiten in anderen Ländern ausschließlich Bergerhoff-Becher als Sammler zum Einsatz kamen. Aus verwaltungstechnischen Gründen war es aber in dieser Studie nur möglich, die nassen Depositionen in den WADOS Sammlern zu messen. Damit konnte der Anteil der trockenen Deposition nicht erfaßt werden, wie dies z. B. bei Bergerhoff-Bechern der Fall ist.

Konkrete Untersuchungen zur Erfassung des Anteils der trockenen Deposition gibt es nicht zuletzt aus technischen Gründen nur wenige, da es z. B. auch während der Niederschläge zur trockenen Deposition kommt (z. B. FOWLER et al., 1993; RUIJGROOK et al., 1993). Schätzungen über den Anteil des trockenen Eintrages zeigen eine starke Abhängigkeit von der klimatischen Situation einer Region. Angaben aus der Literatur liegen zwischen 50 % (GALLOWAY et al., 1982) und 20 % (ROSS, 1990; GJENGEDAHN & STEINNES, 1990). Der Anteil an trockener Deposition dürfte zusätzlich nicht für jedes Schwermetall gleich groß sein. Messungen aus Oberösterreich (AMT DER OÖ LANDESREGIERUNG, 1993) zeigen z. B. am emittentenfernen Standort Schöneben im nordwestlichen Mühlviertel ($\neq$ Standort Schöneben dieser Untersuchung) einen Anteil an trockener Deposition bei Zn von ca 30 %, bei Pb liegt das Verhältnis trockene/Nasse Deposition bei 15 % bis 700 % und bei Cr ein relativ ausgeglichenes Verhältnis (durchschnittliche Jahresniederschläge ca. 860 mm). In Steyregg (emittentennah, durchschnittliche Niederschläge 617 mm) beträgt der Trockeneintrag im Verhältnis zur nassen Deposition bei Zn ca. 75 %, bei Pb zwischen 250 und 1.600 %. Bei Cr sind auch an diesem Standort nasse und trockene Deposition relativ ausgewogen. Aus diesen Daten kann auf die relativ hohe Bedeutung trockener Depositionen zumindest für einzelne Schwermetalle und für niederschlagsärmere Gebiete geschlossen werden. Am niederschlagsreichen Standort Almsee (durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge 1715 mm) hingegen sind zumindestens die Einträge von Zn und Cr primär naß (AMT DER OÖ LANDESREGIERUNG, 1993).

Die durch WADOS ermittelten Konzentrationen ($\mu\text{g/l}$) zeigen außerdem zum Teil äußerst beträchtliche Monatsschwankungen. Die Plausibilität einzelner Extremwerte darf angezweifelt werden. Die Nichtbeachtung extremer Ausreißer verändert aber kaum die Ergebnisse.

Zur Evaluierung des Effizienzfaktors mußte demnach auf Literaturdaten zurückgegriffen werden (STEINNES, 1985; ROSS, 1990; GJENGEDAHN & STEINNES, 1990; SCHMID-GROB et al., 1992; BERG et al., 1995; THÖNI et al., 1996; THÖNI, 1996). Dabei wurden alle zur Verfügung stehenden Effizienzfaktoren miteinander verglichen und ohne Rücksicht auf die mathematische Art der Erstellung der einzelnen Aufnahmefaktoren (THÖNI, 1996 oder BERG et al., 1995) miteinander verrechnet. Daraus wurden folgende Aufnahmekapazitäten der Monitoringarten für die einzelnen Schwermetalle bestimmt: As (31 %), Cd (61 %), Co (50 %), Cr (67 %), Cu (36 %), Fe (60 %), Mo (53 %), Ni (50 %), Pb (100 %), V (51 %) und Zn (63 %). Für Hg lagen keine Daten vor.

Wie die einzelnen Studien zeigen, sind die Schwankungen in der Aufnahmeeffizienz bei einzelnen Schwermetallen beträchtlich (z. B. As, Zn), bei anderen wiederum gering (z. B. Pb, Cd). Die Unterschiede in der Aufnahmeeffizienz dürften auch dabei zum Teil auf unterschiedliche Niederschlagsmengen, bzw. daraus resultierenden unterschiedlichen Anteilen an nasser und trockener Deposition liegen. Andererseits haben die Schwankungen bei S, Zn und Cu (Pflanzennährstoffe) auch natürliche Ursachen. Für Zn kann man einen Basisgehalt von 20 % annehmen. Bei den eigenen Untersuchungen liegt der Schnittpunkt der Regressionsgeraden mit der y-Achse ebenfalls bei 23.9 μg Zink pro Gramm Trockengewicht.

Eine zusätzliche Schwierigkeit im Vergleich der Daten aus kontinentalen Bereichen mit den skandinavischen Ländern liegt darin, daß die Moose meeresnaher Standorte zumeist geringere Aufnahmeeffizienzen zeigen, als die aus dem Landesinneren (BERG et al., 1995).

Der Unterschied in der Aufnahmekapazität zwischen den einzelnen Monitoringarten scheint vernachlässigbar klein (Kapitel 4.2). Insgesamt sollten die oben genannten Aufnahmeeffizienzfaktoren aufgrund der relativ großen Vergleichsdatenmenge als abgesichert gelten.

3.9 Abschätzung einer Flächendeposition

Die flächenbezogene Quantifizierung von Schadstoffeinträgen ist ein unabdingbares Prinzip der Umweltqualitätskontrolle. Nicht zuletzt deshalb soll der Versuch gemacht werden, aus Schwermetallkonzentrationsdaten flächenbezogene Depositionsdaten zu ermitteln.

Aus dem Bereich des aktiven Biomonitorings liegen derartige Ansätze bereits vor (Weidelgraskultur, Sphagnumnetze etc.). Die Glaubwürdigkeit dieser Daten wird bisweilen angezweifelt, nicht zuletzt aufgrund der zumeist relativ kurzen Expositionsdauer der verwendeten Akkumulationsindikatoren. Der Betreuungsaufwand aktiv exponierter Biomonitoringarten ist meist hoch.

In der vorliegenden Studie wurde der Versuch unternommen die Vorteile des passiven Monitorings mittels indigener Arten (MARTIN & COUGHTRY, 1982; ZECHMEISTER, 1994) mit den Anforderungen der Umweltqualitätskontrolle zu vereinen. Derartige Versuche sind fast so alt wie die Moosmethode selbst.

Mittels der Formel

$$D = C \times A/E$$

D = Deposition,

C = Konzentration im Moos;

A = Jährlicher Biomassezuwachs der Monitoringart pro Flächeneinheit;

E = Aufnahmeeffizienzfaktor für das jeweilige Schwermetall

kann die Flächendeposition ermittelt werden.

Diese Formel geht von der Grundidee aus, daß die pro Jahr deponierte Schwermetallmenge von der annuellen Biomasse in Abhängigkeit vom Effizienzfaktor mehr oder weniger vollständig aufgenommen und durch die Konzentrationsdaten repräsentiert wird. Die Regen- oder Staubmenge, welche von der im Wachstum begriffenen Population nicht abgefangen werden kann (weil sie zu Beginn der Wachstumsphase noch nicht die gesamte Fläche bedeckt), wird aber vom vorjährigen Trieb aufgenommen. Das heißt, daß durch die Analyse von dreijährigen Moosstämmchen etwaige, durch das kontinuierliche Wachstum bedingte Fehler abgepuffert werden können. Die Konzentrationsdaten geben also die mittlere jährliche Depositionsmenge wieder.

In den letzten Jahren lagen allerdings nur wenige Daten zum Effizienzfaktor vor und fast keine Werte zur Biomasseproduktion pro Flächeneinheit. Deshalb war eine Berechnung der Depositionsraten unzulässig und flächenbezogene Angaben gingen über die grobe Schätzung 'Mooskonzentration $\approx 4 \times$ atmosphärische Deposition $\text{m}^{-2}\text{yr}^{-1}$ ' nicht hinaus.

Die Evaluierung des Effizienzfaktors wurde in Kapitel 3.8 besprochen. Das Wissen um die annuellen Biomassezuwächse der Monitoringarten hat sich nicht zuletzt aufgrund dieser Studie und anderer Arbeiten des Verfassers in jüngster Vergangenheit deutlich verbessert (ZECHMEISTER, 1994; 1995b).

Als erster Schritt wurden Depositionsdaten an jenen Standorten errechnet, an welchen auch flächenbezogene Moosaufsammlungen durchgeführt wurden. Die Ergebnisse dieses Arbeitsschrittes sind in Anhang 2 wiedergegeben.

Flächenbezogene Aufsammlungen und vor allem die Aufbereitungen der Moosproben sind relativ zeit- und somit kostenintensiv. Außerdem ist es nicht an allen Standorten möglich flächenbezogen zu sammeln, da aus klimatischen und standörtlichen Gründen die einzelnen Populationen oft nur in geringen Mengen vorkommen.

Daher wurde ein statistischer Vergleich durchgeführt, welcher die Depositionsdaten errechnet aus den "echten", am Standort ermittelten Biomassezuwächsen jenen aus für die einzelnen Arten gemittelten Werten gegenüberstellt (Anhang 2).

Dabei hat sich gezeigt, daß sich die derartig ermittelten Depositionsdaten signifikant von einander unterscheiden. Die Abweichungen vom realen Depositionswert betragen zwischen 49 %

und 202 %. Besonders groß sind die Abweichungen bei der Monitoringart *Hypnum cupressiforme* (SD 45.2) und auch bei *Hylocomium splendens* (SD 43.3), in schwächerem Ausmaß bei *Abietinella abietina* (SD 33.4). Am geringsten sind die Fehler bei der häufigsten Monitoringart *Pleurozium schreberi* (SD 32.7).

Die Berechnung von Depositionsdaten für einzelne Standorte ist also nur dann zulässig, wenn auch Biomassedaten des jeweiligen Standortes vorliegen, und diese standortsintern keine all-zugroßen Schwankungsbreiten aufweisen (Kapitel 4).

Wie der statistische Vergleich aber auch gezeigt hat, ist die Berechnung der Depositionsraten einer größeren Region oder für das gesamte Bundesgebiet aus gemittelten Wuchswerten zulässig. Die derart erstellten Daten unterscheiden sich nicht signifikant von einander (Varianzanalyse und t-Test; $p = 0.01$).

Durch die Einbeziehung verschiedenster Standorte mit unterschiedlichen Biomassezuwächsen nivelliert sich der Berechnungsfehler, wie er am Einzelstandort noch auftritt. Die Berechnung muß allerdings den Anteil der einzelnen Arten am jeweiligen Untersuchungsgebiet mit einbeziehen. Der Fehler ist umso geringer je größer die Anzahl an Einzelstandorten innerhalb des zu berechnenden Gebietes ist, bzw. steht er auch (siehe oben) in Abhängigkeit von der häufigsten verwendeten Moosart.

Tab. 8 gibt die Berechnung der Depositionsdaten für die einzelnen Regionen bzw. für das gesamte Bundesgebiet wieder. Dies ist der erste, auf einem relativ gut abgesicherten Datenmaterial basierende Versuch einer Abschätzung der atmosphärischen Schwermetalldeposition pro Flächeneinheit für Österreich.

Tab. 8: Flächendeposition (in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$) von Schwermetallen im Bundesgebiet und in den einzelnen Regionen.

	Pb	V	Zn	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd	Mo	Co	As
OE ges(219)	1.282	367	7.086	97.920	1.364	150	374	52	87	37	28
Region 1(23)	1.344	563	7.670	144.960	1.378	225	362	55	74	39	29
Region 2(20)	1.440	941	7.857	349.500	1.605	493	750	49	91	39	29
Region 3(16)	1.355	393	6.600	107.800	1.297	172	462	61	247	40	30
Region 4(21)	1.451	416	10.090	123.880	1.973	170	424	70	95	42	32
Region 5(50)	1.482	400	7.124	81.600	1.479	142	286	62	82	35	26
Region 6(74)	1.035	298	6.133	85.560	1.186	124	331	41	68	36	27
Region 7(15)	1.296	424	6.629	89.280	1.339	150	346	50	223	37	28

3.10 Vergleichende Untersuchungen mit den Schwermetalldaten aus der Waldbodenzustandsinventur

Parallel zu der Untersuchung der atmosphärischen Schwermetalldeposition mit Moosen sollten, einem Vorschlag des internationalen Organisationskomitees folgend, in der Studie 95 auch Humus-Proben analysiert werden (RÜHLING, 1994b). Während die Moosmethode zur Quantifizierung zeitlich datierbarer Einträge hervorragend geeignet ist, dient die Humussammlung nicht zuletzt der Dokumentation der steigenden Schwermetallakkumulation im Boden, trotz der teilweisen Reduktion der Schwermetalleinträge, wie sie mittels der Moose bereits feststellbar sind.

Als Humus werden in der internationalen Studie die obersten drei Zentimeter Boden, ohne unzersetzte organische Auflage, bezeichnet. Es erfolgt keinerlei Differenzierung in die im deutschsprachigen Raum übliche Begriffe wie Rohhumus, Moder oder Mull.

In Österreich wurde auf eine eigenständige, parallel zu den Moosproben ablaufende Aufsammlung von Humusproben verzichtet. Der Hauptgrund dafür lag neben finanziellen Gründen darin, daß es mit der Österreichischen Waldbodenzustandsinventur ein bereits bestehendes Boden-Probennahmennetz mit hoher Dichte und regelmäßiger Beprobung gibt.

Die Österreichische Waldbodenzustandsinventur (WBZI) ist eine Einrichtung der Forstlichen Bundesversuchsanstalt (FBVA) im Rahmen des Waldschaden-Beobachtungssystems/WBS (NEUMANN, 1991). Auf 514 der insgesamt 534 WBS-Flächen wurden von Mitarbeitern der FBVA in den Jahren 1987-89 Bodenproben gewonnen und analysiert. Ziele, Methodik und erste Ergebnisse dieser Studie sind ausführlich publiziert (KILIAN, 1992; ENGLISCH, et al. 1992; MUTSCH, 1992a). Detaillierte Auswertungen der Bodendaten sind in Vorbereitung (MUTSCH, pers. Mitt.).

Der erweiterten Zielsetzung des internationalen Programmes folgend, wurden daher an oder in der Umgebung von 137 WBS Standorten Moosproben gesammelt. Dabei mußte jedoch auf die, für die internationale Studie und die Moosmethode im allgemeinen, vorgegebenen Rahmenbedingungen zur Aufsammlung von Moosen Rücksicht genommen werden.

Ein grundlegender Unterschied zwischen den Untersuchungsflächen der WBZI und den Probenahmepunkten des Biomonitorings mit Moosen im Sinne dieser Studie liegt nicht zuletzt darin, daß die Bodenproben der WBZI innerhalb mehr oder weniger geschlossener Waldbestände liegen, während die Moose immer auf Freiflächen gesammelt werden, und sogar ein Mindestabstand zu Bäumen und Sträuchern eingehalten werden muß. Es wurden dementsprechend Moosprobenahmepunkte in möglichst geringer Entfernung zur eigentlichen WBS-Fläche gesucht. In einigen Fällen liegen die Moossammelpunkte auf Lichtungen innerhalb der WBS-Flächen, zumeist aber im Umkreis von wenigen hundert Metern, in Einzelfällen sind die Entfernungen aber beträchtlich (max. 4 km). Auch der Zeitpunkt der Probennahme ist nicht ident (s. o.).

Diesem Umstand muß beim Datenvergleich Rechnung getragen werden. Weiters muß beachtet werden, daß die WBZI-Daten durch Einflußgrößen wie Kronendurchfluß, Interzeption oder Stammablauf geprägt sind, während im Fall der Moosproben fast ausschließlich unmittelbarer atmosphärischer Eintrag gemessen wird. Ein direkter Standortvergleich ist in Bezug auf eine Quantifizierung atmosphärischer Einträge daher a priori etwas schwierig.

Nachdem alle WBZI-Probeflächen auf Wälder beschränkt sind, stehen trotz eines dichten Verteilungsrasters des WBS, für landwirtschaftliche Intensivbereiche (Alpenvorland, Marchfeld etc.) bzw. für großflächig pannonisch beeinflusste Areale keine zu vergleichenden Humusproben zur Verfügung.

Unter diesen Vorbedingungen muß der Vergleich der WBZI-Daten mit den Ergebnissen der vorliegenden Moosstudie gesehen werden. Beiden Projekten gemeinsam ist die Analyse der Schwermetallkonzentrationen von Cd, Co, Cr, Fe, Ni, Pb und Zn.

Für die Analyse der Bodenproben sowie deren Auswertung zeichnet MUTSCH (FBVA) verantwortlich, über ihn erfolgte auch die Projektkooperation. Die Bodendaten als solche werden demnach auch nicht über den Vergleich hinaus interpretiert, dafür sei auf den Bericht von MUTSCH (1992a bzw. in Vorb.) verwiesen.

In Anhang 3 sind für alle Vergleichsstandorte die Konzentrationen in den Moosen den jeweiligen Konzentrationen im Humus (= Auflage) sowie den Mineralboden-Tiefenstufen 0-10 cm und 30-50 cm gegenübergestellt.

Im direkten Vergleich der Moos- und Bodendaten zeigen sich erwartungsgemäß, unabhängig vom Schwermetall, deutlich höhere Konzentrationen in den Bodenschichten als in Moosen. In Tab. 10 sind die wichtigsten statistischen Größen (Mittelwerte, Mediane etc.) ausgedrückt in prozentuellen Unterschieden zwischen allen Vergleichsproben aufgelistet.

Die vorwiegend anthropogen freigesetzten Schwermetalle werden im Humus akkumuliert und können demnach auch als Immissionsindikatoren gelten (FRIEDLAND, 1992). Metalle wie Cd oder Pb zeigen drei bzw. sieben mal so hohe Konzentrationen im Humus wie im Moos, was vorwiegend auf die längere Akkumulationsdauer im Boden zurückzuführen ist. Mit zunehmender Bodentiefe ist eine unterschiedlich starke Abnahme dieser Metallgruppe zu verzeichnen. Erschwerend für eine allgemeingültige Interpretation ist aber der Umstand, daß Metalle wie Zn oder Cd relativ mobil sind, und der Transferkoeffizient Boden – Höhere Pflanzen relativ hoch ist, Moose bleiben aber von einer Aufnahme aus dem Boden relativ unberührt.

Demgegenüber zeigen primär geogene Metalle wie Fe, Cr oder Co eine deutliche Zunahme mit der Bodentiefe und ein dementsprechend inverses Verhältnis zu den Mooskonzentrationen. So findet man in den 30-50 cm tiefen Bodenschichten achtzig mal soviel Fe wie in den Moosen, wogegen der Cd-Gehalt in dieser Tiefenstufe bereits unter dem der Moose liegt.

3.10.1 Vergleich Moosproben/Humus

Als Humus werden dabei diejenigen Bodenschichten angesprochen, welche einen Gehalt von mehr als 30 % organische Substanz aufweisen (ohne unzersetzte, frische Anteile) und sich demgemäß vom Mineralboden unterscheiden.

Die Korrelationsanalyse (Tab. 9) zeigt signifikante Zusammenhänge ($p = 0.01$) zwischen den Moosgehalten und dem Auflagenhorizont bei Cd, Cu und Ni. Keinen Zusammenhang gibt es zu Pb, bei welchem es aufgrund seines Verbreitungsmodus zu erwarten gewesen wäre. Offensichtlich ist dies aber auch auf den Umstand zurückzuführen, daß die Bleidepositionen in den letzten Jahren relativ stark zurückgegangen sind. Dieses Faktum wird durch die Moose bereits realisiert (Analyse der Deposition in den letzten drei Jahren), während die Verweildauer von Pb im Humus deutlich länger ist. Veränderungen in der Bleideposition sind mittels Humus nicht in Zeiträumen unter 10 Jahren feststellbar (FRIEDLAND, 1992). Die Auswaschung und Tiefenverlagerung von Pb ist langsamer als bei anderen Schwermetallen, die zugrunde liegenden Prozesse sind noch nicht eindeutig eruiert (MUTSCH, 1992a).

Um die Zusammenhänge zwischen den Schwermetallkonzentrationen in der Auflage und in den Moosen zu verdeutlichen wurden lineare Regressionen berechnet. Dabei wurden beide Fälle der unabhängigen, bzw. abhängigen Variable berücksichtigt. Die Ergebnisse sind in Abb. 28 ersichtlich. Aus der Regressionsgleichung soll gegebenenfalls auch eine Umrechnung möglich sein. Aufgrund der Signifikanzprüfung des Anstiegs der Regressionsgeraden ist dies allerdings wieder nur für die Metalle Cd, Cu und Ni zulässig.

Nach den Ergebnissen dieses statistischen Vergleiches, welcher aufgrund der hohen Datenvergleichsmenge ($n = 137$) äußerst aussagekräftig ist, dürfen in zukünftigen Untersuchungen nur bei diesen drei Schwermetallen (Cd, Cu, Ni) direkte Querverbindungen zwischen Humus- und Moosproben hergestellt werden. Aufgrund der Regressionsgleichung wären sogar quantitative Umrechnungen möglich.

3.10.2 Vergleich Moosproben/Mineralböden (0-10 bzw. 30-50 cm)

In den Mineralböden (< 30 % Humusanteil) nehmen die Korrelationen zwischen Moosgehalten und Bodenkonzentrationen erwartungsgemäß ab (Tab. 9). Nur die Cd-Gehalte zeigen auch in den 30-50 cm tiefen Schichten noch einen signifikanten Zusammenhang. Da Cd primär anthropogen freigesetzt wird, könnte die Ursache dafür in einer kontinuierlichen Cd-Deposition in den letzten Jahrzehnten liegen. Cd ist außerdem relativ mobil und wird vor allem auf sauren Böden rasch auch in tiefere Schichten ausgewaschen. Es wird zudem in keiner Bodenschicht festgelegt und verteilt sich demnach in allen Tiefenstufen (MUTSCH, 1992a).

3.10.3 Vergleich Moosproben/Boden gesamt

Die insgesamt geringen Zusammenhänge zwischen den Konzentrationen in den Moosen und denen im Boden bei Schwermetallen mit hohen geogenen Anteilen (Fe, Cr) zeigen die vernachlässigbar geringe Verunreinigung der allermeisten Moosproben mit Bodenpartikeln, bzw. die Nichtaufnahme dieser Metalle aus dem Boden (Tab. 9). Bei allen anderen Schwermetallen dürften der anthropogene Eintrag die geogenen Freisetzungen übertreffen. Besonders hoch ist er bei den Elementen Pb, Cd, Cu und Zn.

Eine Differenzierung in karbonatbeeinflusste und karbonatfreie Böden wurde nicht durchgeführt. Vom pH-Wert beeinflusste Schwermetallkonzentrationen im Boden spiegeln neben den Grundgehalten standortsinterne Faktoren wie Auswaschung, Transfer oder Stoffumsatz wieder und sind in bezug auf den aktuellen Immissionseintrag von untergeordneter Rolle.

Neben den direkten quantitativen Beziehungen zwischen einzelnen Schwermetallen im Humus und in den Moosproben (über die Regressionsgleichung) können die Bodendaten auch zur Interpretation einzelner besonders auffallender Schwermetallkonzentrationen in Moosen herangezogen werden. Dazu einige Beispiele:

- So könnte der am Standort 1-32-1-P eliminierte Cr-Wert (extremer statistischer Ausreißer) seine Ursache in einer größeren Bodenkontamination des Moores haben.
- Die Cr-Werte in den Bodenproben sind an diesem Standort ebenfalls extrem hoch (zweit-höchster aller Cr-Werte).
- Ähnliches könnte für den höchsten Zn-Wert in Probe 4-52-1-HP gelten. An diesem Standort findet man den dritthöchsten Zn-Gehalt im Boden. Nachdem es sich bei dieser Probe um terrestrisches *Hypnum cupressiforme* handelt, welches einen relativ intensiven Kontakt um Untergrund hat, ist auch hier eine Bodenkontamination wahrscheinlich (zur Verwendung von *Hypnum cupressiforme* siehe auch Kapitel 4).

In vielen Fällen besteht aber kein Zusammenhang zwischen Schwermetallkonzentrationen von Boden- und Moosproben und die Ursachen für Ausreißer oder einfach nicht korrelierte Konzentrationen müssen anders begründet werden (meist durch den atmosphärischen Eintrag).

Auf weitere Zusammenhänge zwischen den Konzentrationen in Boden- und Moosproben wird auch in Kapitel 3.1 eingegangen.

Tab. 9: Korrelationskoeffizient und Signifikanzprüfung für den Vergleich der Moos- und Bodenproben gemeinsamer Standorte (n = 137) gegliedert nach unterschiedlichen Tiefenstufen und Boden gesamt.

Met.	Boden ges.		Humus		0-10 cm		30-50 cm	
	K.Koef.	Sign. (P)	K.Koef.	Sign. (P)	K.Koef.	Sign. (P)	K.Koef.	Sign. (P)
Cd	0,251	0,000	0,2868	0,001	0,297	0,000	0,291	0,001
Co	0,137	0,007	0,0799	0,386	0,208	0,015	0,161	0,064
Cr	0,046	0,366	0,1301	0,151	0,053	0,543	0,018	0,835
Cu	0,111	0,028	0,2721	0,002	0,085	0,326	0,117	0,182
Fe	0,049	0,331	0,1365	0,131	0,069	0,043	0,037	0,670
Ni	0,181	0,000	0,3385	0,000	0,169	0,050	0,183	0,036
Pb	0,137	0,007	0,1482	0,100	0,156	0,070	0,136	0,120
Zn	0,122	0,016	0,1048	0,247	0,18	0,036	0,07	0,421

K.Koef. = Korrelationskoeffizient; Sign. = Signifikanzprüfung.

Tab. 10: Verhältnis der Schwermetallkonzentrationen in Boden- und Moosproben aller vergleichbaren Standorte (n=137), gegliedert nach unterschiedlichen Horizonten und Boden gesamt; Angaben in %.

Verhältnis Humus/Moos

Metall	Mw.	Med.	Max.	Min.	Stdw.
Cd	356	294	1.382	71	243
Co	2.887	2.308	13.077	174	2.288
Cr	1.471	1.375	5.500	125	959
Cu	250	244	394	62	95
Fe	2.228	1.824	9.263	255	1.689
Ni	959	833	3.333	48	581
Pb	927	777	3.160	87	578
Zn	259	234	771	85	130

Verhältnis Horizont 0-10/Moos

Metall	Mw.	Med.	Max.	Min.	Stdw.
Cd	169	100	1.238	3	204
Co	6.436	4.808	23.077	263	4931
Cr	3.408	3.000	11.500	83	2.253
Cu	307	261	926	34	197
Fe	7.318	5.824	36.643	615	5.672
Ni	1.908	1.600	8.600	34	1.522
Pb	627	471	4.018	15	568
Zn	215	184	1.063	25	143

Verhältnis Horizont 30-50/Moos

Metall	Mw.	Med.	Max.	Min.	Stdw.
Cd	98	73	493	4	94
Co	8.481	7.000	24.615	385	5.536
Cr	4.070	3.800	13.500	158	2.521
Cu	385	349	1.176	19	244
Fe	8.582	6.920	37.643	892	6.562
Ni	2.481	2.134	11.200	233	1.750
Pb	302	248	1.294	43	214
Zn	216	178	816	31	127

Verhältnis Boden ges./Moos

Metall	Mw.	Med.	Stdw.
Cd	204	127	218
Co	6.001	4.340	5.060
Cr	3.022	2.400	2.316
Cu	315	264	198
Fe	6.140	4.533	5.815
Ni	1.803	1.366	1.523
Pb	612	457	544
Zn	229	196	137

Moosprobe = 100 %;

Mw. = Mittelwert;

Med. = Median;

Max. = Maximalwert;

Min. = Minimalwert;

Stdw. = Standardabweichung.

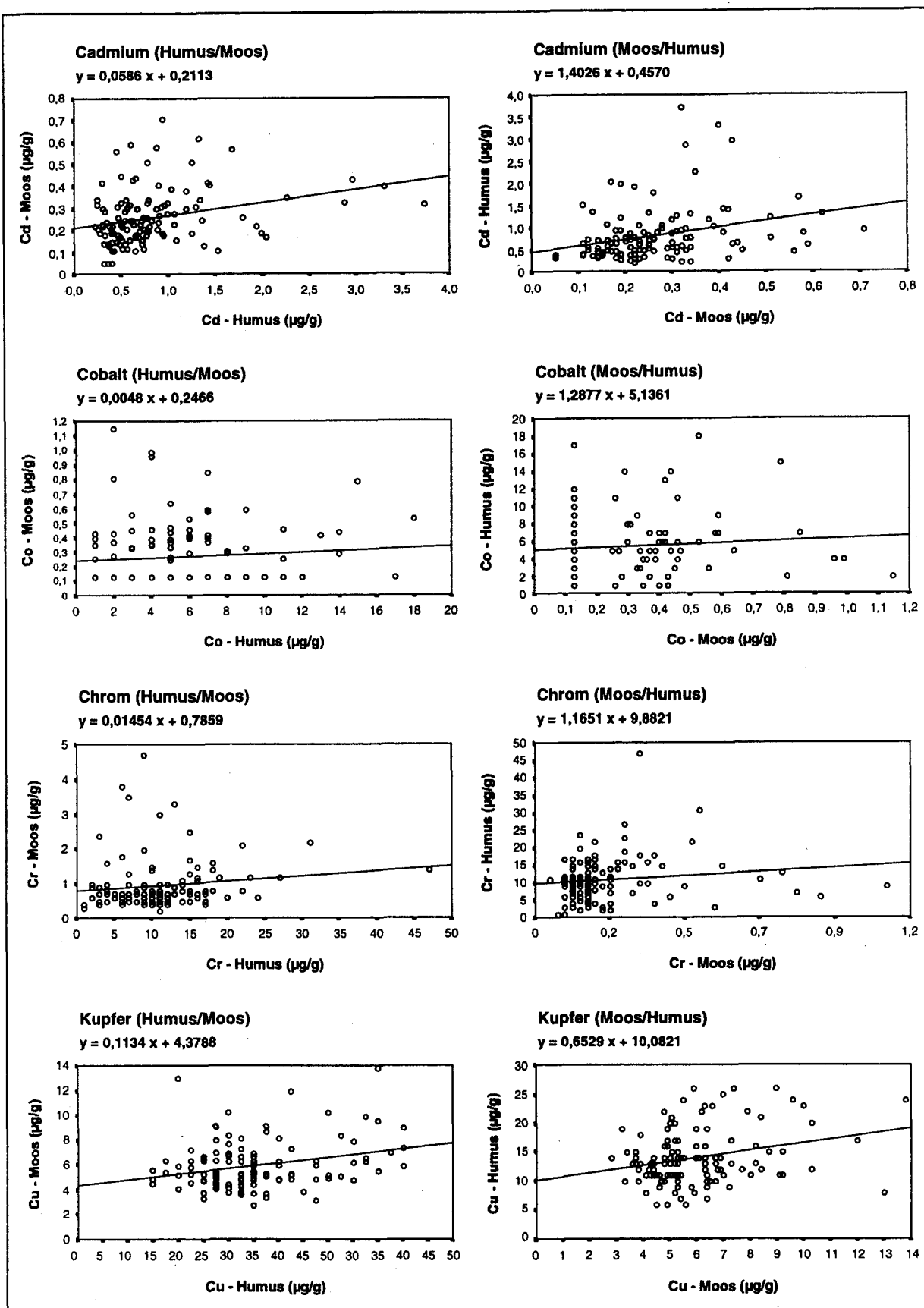


Abb. 28: Lineare Regressionen (Regressionsgleichung und graphische Darstellung) für den Vergleich von Schwermetallkonzentrationen (Cd, Co, Cr, Cu) in Moos- und Humusproben.

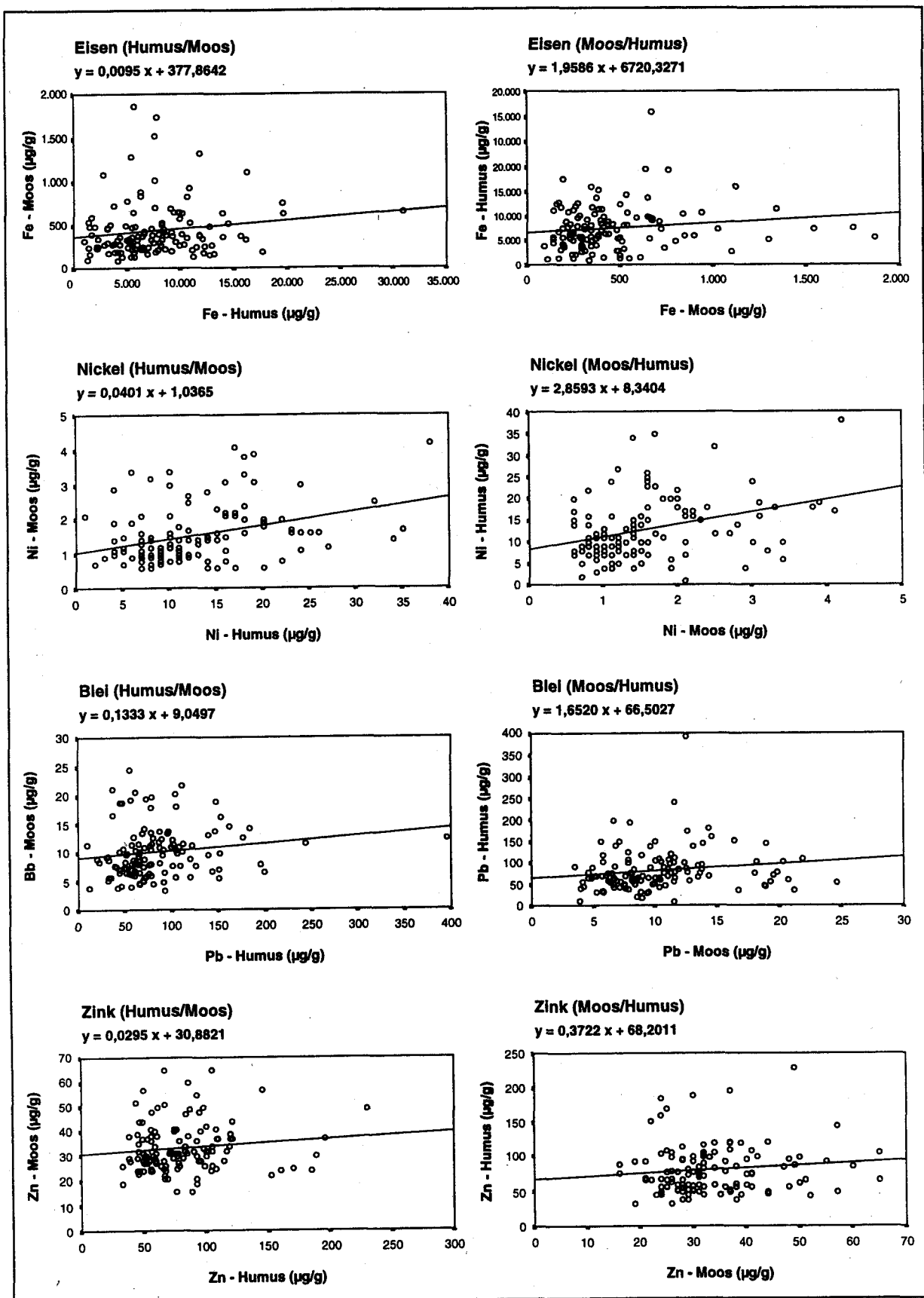


Abb. 29: Lineare Regressionen (Regressionsgleichung und graphische Darstellung) für den Vergleich von Schwermetallkonzentrationen (Fe, Ni, Pb, Zn) in Moos- und Humusproben.

4 BEGLEITENDE UNTERSUCHUNGEN ZU DEN EINZELNEN MONITORINGARTEN

4.1 Wachstumsuntersuchungen

Aufgrund der Neuaufnahme der Moosart *Abietinella abietina* in das Monitoringprogramm mußten eine Reihe zusätzlicher Wachstumsuntersuchungen durchgeführt werden, wie dies bereits in der Pilotstudie (ZECHMEISTER, 1994) für alle anderen Moosarten erfolgte.

Dies umfaßte einerseits die Feststellung der annuellen Längenzuwächse der einzelnen Moosstämmchen, vorwiegend zum Zwecke der korrekten Identifizierung des für die Analyse geforderten Untersuchungszeitraumes. Andererseits wurden die annuellen Biomassezuwächse der Einzelindividuen gemessen. Da sowohl Konzentrationswerte und in noch viel höherem Ausmaß Depositionsangaben von der untersuchten Biomasse pro Flächeneinheit abhängen, wurden in einem weiteren Arbeitsschritt diese Messungen für alle verwendeten Monitoringarten durchgeführt.

4.1.1 *Abietinella abietina*

Abietinella abietina (Thuidiaceae) ist eine pleurokarpe Moosart mit der Wuchsform des Filzes (nach MÄGDEFRAU, 1982), wie sie auch bei allen anderen Monitoringarten zu finden ist. *Abietinella abietina* gilt als wärmeliebende Art mit Verbreitungsschwerpunkt in kontinentalen bzw. submediterranen Gebieten. Sie wächst bevorzugt in Trocken- und Halbtrockenrasen, ohne besondere Substratpräferenz und bietet sich somit als die Sammelart im pannonisch getönten Osten Österreichs an.

Das Moos ist regelmäßig einfach gefiedert und vom Fachmann im Gelände kaum zu erkennen. Es bildet analog dem in der Pilotstudie untersuchten Moos *Ctenidium molluscum* Triebe aus, an welchen mit relativ großer Sicherheit die jährlichen Zuwächse zu erkennen sind. Die wichtigsten Kennzeichen dafür sind Veränderungen in der Wuchsrichtung und der Dichte der Verzweigungen bzw. der jäh wechselnden Längen der Astfiedern. Erschwert wird eine Identifizierung der Jahrestriebe bisweilen durch die Wachstumsphasen des Moooses im Winterhalbjahr, welche regelmäßig auftreten.

Auswertung der Wuchsdaten von *Abietinella abietina* (Tab. 11)

Abietinella abietina zeigt ähnliche Längenzuwächse wie *Hypnum cupressiforme* ($14,2 \pm 0,44$ mm), jedoch deutlich kürzere Jahrestriebe als *Hylocomium splendens* ($25,7 \pm 0,77$ mm) oder *Pleurozium schreberi* ($21,5 \pm 0,62$ mm; alle Daten mit Ausnahme der von *Abietinella abietina* aus ZECHMEISTER, 1995b).

Die Biomassezuwächse der Einzelstämmchen sind jedoch bedeutend höher als bei den anderen Moosarten. Dies könnte mit den klimatischen Bedingungen auf den pannonisch getönten Trockenrasen in Zusammenhang gebracht werden. An den meisten der besammelten Standorte von *Abietinella abietina* ist beinahe ganzjähriges Mooswachstum möglich. Dabei kommt es offensichtlich zu nicht unbeträchtlichen Zuwächsen auch im Winterhalbjahr. Dies ist vorwiegend auf die physiologische Plastizität vieler Moospopulationen zurückzuführen und wurde bereits vielfach bestätigt (HAGERUP, 1935; JENDRALSKI, 1955; ATANASIU, 1971; KALLIO & HEINONEN, 1973; PITKIN, 1975; LONGTON & GREEN, 1979; FURNESS & GRIME, 1982; PROCTOR, 1982; KALLIO & SAARNIO, 1986; LONGTON, 1988; SVEINBJÖRNSON & OECHEL, 1992). Wie andere Untersuchungen zeigen, besteht für viele Moose im Sommerhalbjahr ein positiver Zusammenhang zwischen Temperatur und Mooswachstum (KALLIO & SAARNIO, 1986; VITT, 1990; ZECHMEISTER, 1995b), was bei genügender Feuchtigkeit zu beträchtlichen Wuchsleitungen auch in dieser Jahreszeit führt. Eine definitive Klärung dieser Frage bedarf aber noch weiterer Untersuchungen.

Tab. 11: Beschreibende Statistik der jährlichen Längen- und Biomassezuwächse der Einzelindividuen von *Abietinella abietina*.

	Länge (mm)	Gewicht (mg)
Anzahl der Proben (n)	173	50
Mittelwert	14,01	38,18
Median	14	38
Stand. Abweichung	4,07	14,95
Standard Fehler	0,309	2,11
Minimum	5	10
Maximum	25	68
Variations Koeffizient	29,06	39,16

Die Korrelationsanalyse zeigt einen hoch signifikanten Zusammenhang ($p = 0.01$) zwischen Biomassezuwachs und Längenzuwachs. Die Varianzanalyse ($n = 49$) ist für die Faktoren Biomassezuwachs/Längenwachstum bei $p=0.05$ signifikant. Dies ist bei Moosen durchaus nicht immer der Fall (RINCON & GRIME, 1989; ZECHMEISTER, 1995b) und vorwiegend auf die Ausbildung einer äußerst regelmäßigen Verzweigung von *Abietinella abietina* an sonnigen bzw. halbschattigen Standorten zurückzuführen.

4.1.2 Biomasseuntersuchungen pro Flächeneinheit

Aus in der Einleitung erwähnten Gründen wurden für alle Monitoringarten auch die annuellen Zuwächse pro Flächeneinheit gemessen. Die Anzahl der Proben pro Moosart wurde einerseits dem aktuellen Wissensstand (z. B. für *Hylocomium splendens* relativ hoch) als auch dem Häufigkeitsanteil der Moosarten im Programm angepaßt.

Die Ergebnisse von *Hylocomium splendens* (Tab. 12.; $n=12$) sind gut vergleichbar mit den Einzelergebnissen aus der Pilotstudie (ZECHMEISTER, 1994, 1995b). In diesen Arbeiten wurden für einzelne Moosstämmchen heimischer Populationen durchschnittlich 15 % höhere Werte gefunden als bei denen skandinavischer Populationen (TAMM, 1953; RÜHLING, 1985). Dies bestätigt sich nun auch in bezug auf den annuellen Zuwachs pro Flächeneinheit. Die durchschnittlichen Werte für *Hylocomium splendens* in Skandinavien betragen $116 \pm 14 \text{ g m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ (RÜHLING, 1985), die Werte der österreichischen Populationen liegen bei $127 \pm 61 \text{ g m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$.

Tab. 12: Beschreibende Statistik der Daten zum annuellen Wachstum pro Flächeneinheit ($\text{g/m}^2/\text{Jahr}$) der untersuchten Moosarten.

	<i>Pleurozium schreberi</i>	<i>Hylocomium splendens</i>	<i>Hypnum cupressiforme</i>	<i>Abietinella abietina</i>
n	53	12	16	9
Mittelwert	161,1	127,3	187,68	144,1
Median	149	110	188	140
Stand. Abweich.	56,03	60,92	62,16	45,25
Standard Fehler	7,69	17,58	15,54	15,08
Minimum	63	69	91	97
Maximum	254	260	279	213
Var.Koeff.	34,78	47,87	33,1	31,39

Der Variationskoeffizient heimischer Moose ist allerdings relativ hoch, was die großen individuellen Unterschiede der einzelnen Standortpopulationen bei unterschiedlichen (mikro)klimatischen Bedingungen unterstreicht (BUSBY et al. 1978; VITT, 1990).

Die in dieser Teiluntersuchung am häufigsten analysierte Moosart ($n = 53$) ist *Pleurozium schreberi*. Dieses Moos ist zwar in allen am internationalen Untersuchungsprogramm teilnehmenden Ländern die meist verwendete Monitoringart, begleitende Biomasseuntersuchungen liegen aber kaum vor.

Die relativ großen annuellen Zuwächse pro Flächeneinheit dieser Art in Österreich sind bemerkenswert. Sie sind um über 20 % größer als die von *Hylocomium splendens* und deutlich höher als die von PAKARINEN & RINNE (1979) gemessenen Werte an finnischen Populationen ($98 \text{ g m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$).

Die größten annuellen Zuwächse pro Flächeneinheit sind bei *Hypnum cupressiforme* ($n = 16$) gefunden worden. Dies ist zweifelsfrei auf die große Anzahl an Einzelindividuen pro Flächeneinheit sowie den dichten Wuchs der Filze zurückzuführen, welche bisweilen bereits als Decken anzusprechen sind.

Trotz größter Biomassezuwächse der Einzelindividuen hat *Abietinella abietina* ($n = 9$) eine im Verhältnis zu den anderen Monitoringarten geringere Biomasse pro Flächeneinheit, am ehesten noch mit der von *Hylocomium splendens* vergleichbar. Der Variationskoeffizient ist geringer als bei den anderen Moosarten. Dies dürfte auf vergleichbare klimatische Bedingungen an den untersuchten Standorten zurückzuführen sein.

Die Korrelationsanalyse zeigt für keine der untersuchten Moosarten einen signifikanten Zusammenhang ($p=0.05$) zwischen den Faktoren Wachstum pro Flächeneinheit und Seehöhe (Varianzanalysen für diese beiden Faktoren signifikant bei $p=0.05$).

Diese Tatsache muß darauf zurückgeführt werden, daß alle Probenahmepunkte in dieser Untersuchung deutlich unterhalb der Waldgrenze liegen und somit in allen untersuchten Populationen einer Art im weitesten Sinn vergleichbare klimatische Bedingungen geherrscht haben. Deutliche Veränderungen hinsichtlich Biomasse treten erst zwischen Populationen über der Wald- bzw. Baumgrenze und jenen tieferer Lagen auf (ZECHMEISTER, 1994; 1995b).

4.2 Korrelation der Schwermetallkonzentrationen in unterschiedlichen Moosarten

Wie vergleichbare Untersuchungen in der Pilotstudie (ZECHMEISTER, 1994) und in anderen europäischen Teilnehmerländern gezeigt haben (THÖNI, 1996; THÖNI et al., 1996; WOLTER-BEEK et al., 1995; HERPIN et al., 1994; SCHMID-GROB et al., 1992; ROSS, 1990) haben unterschiedliche Moosarten bisweilen unterschiedliche Aufnahmekapazitäten und dementsprechend unterschiedliche Konzentrationen an denselben Standorten. Wenn man potentielle mikrotopographische Unterschiede zwischen Parallelproben ausschließt, sind diese Abweichungen primär auf morphologische Variabilitäten (Wuchsformen) und unterschiedliche Mengen an Ionentauschkapazitäten in den Zellwänden zurückzuführen.

Zwischen den Arten *Hylocomium splendens* und *Pleurozium schreberi* scheinen allgemein kaum größere Unterschiede bei Parallelproben aufzutreten (THÖNI, 1996; HERPIN et al., 1994; ZECHMEISTER, 1994).

THÖNI (1996) findet auch zwischen *Hypnum cupressiforme* und den beiden eben genannten Arten kaum signifikante Unterschiede in der Aufnahmekapazität. Dies steht aber in Widerspruch zu den in der österreichischen Pilotstudie gefundenen Ergebnissen. In *Hypnum* wurden in Österreich bei Parallelproben zumeist größere Konzentrationen an Schwermetallen gefunden als in den Vergleichsarten (ZECHMEISTER, 1994). Die Unterschiede der Ergebnisse

dürften darin begründet sein, daß in der Schweiz nur *Hypnum cupressiforme* von Totholzstrünken gesammelt wurde, während 1991 in Österreich aus Standortgründen auch terrestrisches *Hypnum cupressiforme* gesammelt werden mußte. Die primären Wuchsformen von *Hypnum cupressiforme* sind aber kompakte, dem Substrat angepreßte Decken. Diese neigen gerade bei terrestrischen Moosen zu einer größeren Verunreinigung mit Bodenteilchen, wodurch ein direkter Vergleich mit anderen Arten erschwert wird.

In der vorliegenden Studie wurde eben auch aus genannten Gründen nur in unausweichlichen Situationen auf *Hypnum cupressiforme* zurückgegriffen. In diesen Fällen wurde epiphytisches *Hypnum* (von Strünken) bevorzugt, terrestrisches *Hypnum* wurde weitgehend vermieden.

Aufgrund der geographischen und klimatischen Situation mußte in Österreich die Art *Abietinella abietina* neu ins Programm aufgenommen werden. Bislang lagen noch keinerlei Daten für dies Art bezüglich der Aufnahmekapazität von Schwermetallen vor. Deshalb wurden an 7 Standorten Vergleichsproben mit *Hypnum cupressiforme* gesammelt. Aus klimatischen und arealkundlichen Gründen kommt diese Art fast nur gemeinsam mit *Hypnum cupressiforme* und nicht mit anderen Monitoringarten vor. Dies ist in Bezug auf die Vergleichbarkeit ein Nachteil, aus Aufsammlungsgründen aber wiederum ein großer Vorteil, weil mittels dieser Art Großräume abgedeckt werden können die ansonst nicht beprobbar wären.

Die Schwermetallkonzentrationen in *Abietinella abietina* und *Hypnum cupressiforme* wurden mittels mehrerer statistischer Verfahren miteinander verglichen. Abb. 30 und 31 zeigen die aus dem Vergleich der Konzentrationen an Parallelstandorten errechneten Regressionsgeraden als Grafik und als Formel. Weiters ist in den einzelnen Abbildungen der Korrelationskoeffizient und dessen Signifikanz bei $p=0.05$ (*) angegeben.

Bei Pb, V, Cu, Ni, As und Hg zeigt sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen *Hypnum cupressiforme* und *Abietinella abietina*. Relativ große Schwankungsbreiten treten bei Cd, Co, Mo und Zn auf.

Die Quotienten der Mittelwerte zwischen den einzelnen Vergleichsproben sind in Tab. 13 ersichtlich. Ein Quotient von 1 würde auf eine völlig gleiche Aufnahmekapazität beider Moose schließen lassen.

Tab. 13: Quotienten der Mittelwerte zwischen den Vergleichsproben von *Abietinella abietina* und *Hypnum cupressiforme*.

	Pb	V	S	Zn	Fe	Cu	Cr	Ni	Cd	Mo	Co	As	Hg
Quotient	0,96	0,85	1,1	0,97	0,73	1,1	0,78	0,82	0,92	0,9	0,61	0,73	0,86

Die Quotienten liegen durchwegs um 1 oder darunter. Dies läßt im direkten Vergleich der beiden Moosarten auf gleichmäßige Aufnahmekapazität bzw. leicht erhöhte Konzentrationen in *Hypnum cupressiforme* schließen. Dieses Phänomen wurde, wie bereits erwähnt, auch beim Vergleich von *Hypnum* mit den anderen Monitoringarten gefunden (ZECHMEISTER, 1994). *Abietinella abietina* zeigt im Vergleich mit *Hypnum* ähnliche Quotienten wie *Hylocomium splendens* oder *Pleurozium schreberi* (ZECHMEISTER, 1994) mit dieser Art. *Abietinella* scheint demnach ähnliche Aufnahmekapazitäten wie diese beiden bewährten Monitoringarten zu haben. Ein direkter Vergleich dieser Moose war aufgrund zu unterschiedlicher Standortansprüche dieser Arten nicht möglich.

Da für die Anwendung von Umrechnungskoeffizienten zwischen einzelnen Arten eine statistisch besser abgesicherte Datenmenge notwendig wäre, als dies in den bisherigen Untersuchungen der Fall war, wurde in Übereinstimmung mit den meisten anderen Teilnehmeran der internationalen Studie auf eine Umrechnung verzichtet.

Der Fehler, der durch die Anwendung unterschiedlicher Arten auftritt, scheint für den Fall der bisher getesteten Monitoringarten sehr gering zu sein.

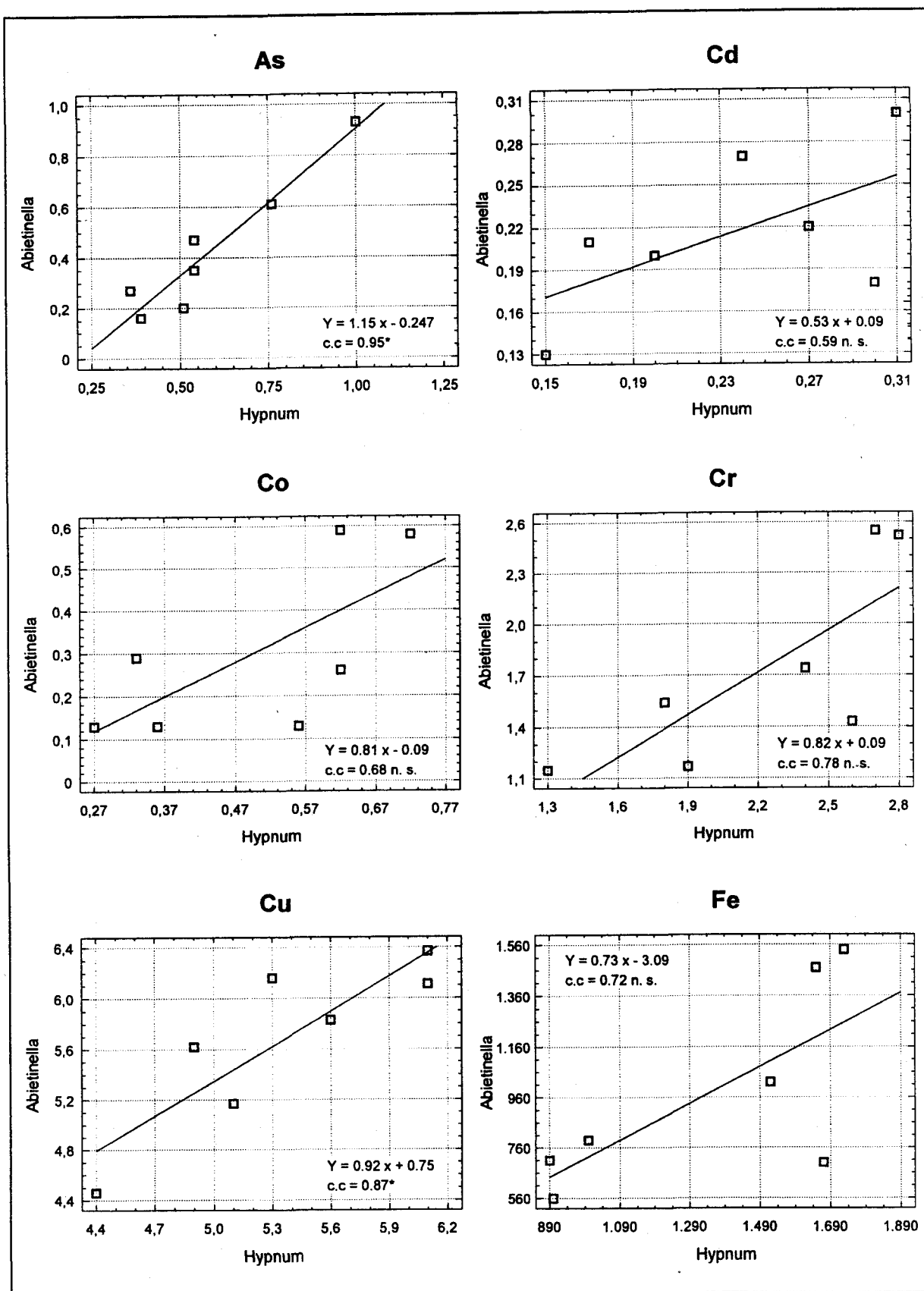


Abb. 30: Grafik und Formel der Regressionsgeraden ($kx + d$) erstellt aus den Paralellproben von *Hypnum cupressiforme* (unabhängige Variable) und *Abietinella abietina* (abhängige Variable). (Korrelationskoeffizient = c.c. Signifikanz = * bei $p = 0.05$) für die Metalle As, Cd, Co, Cr, Cu und Fe.

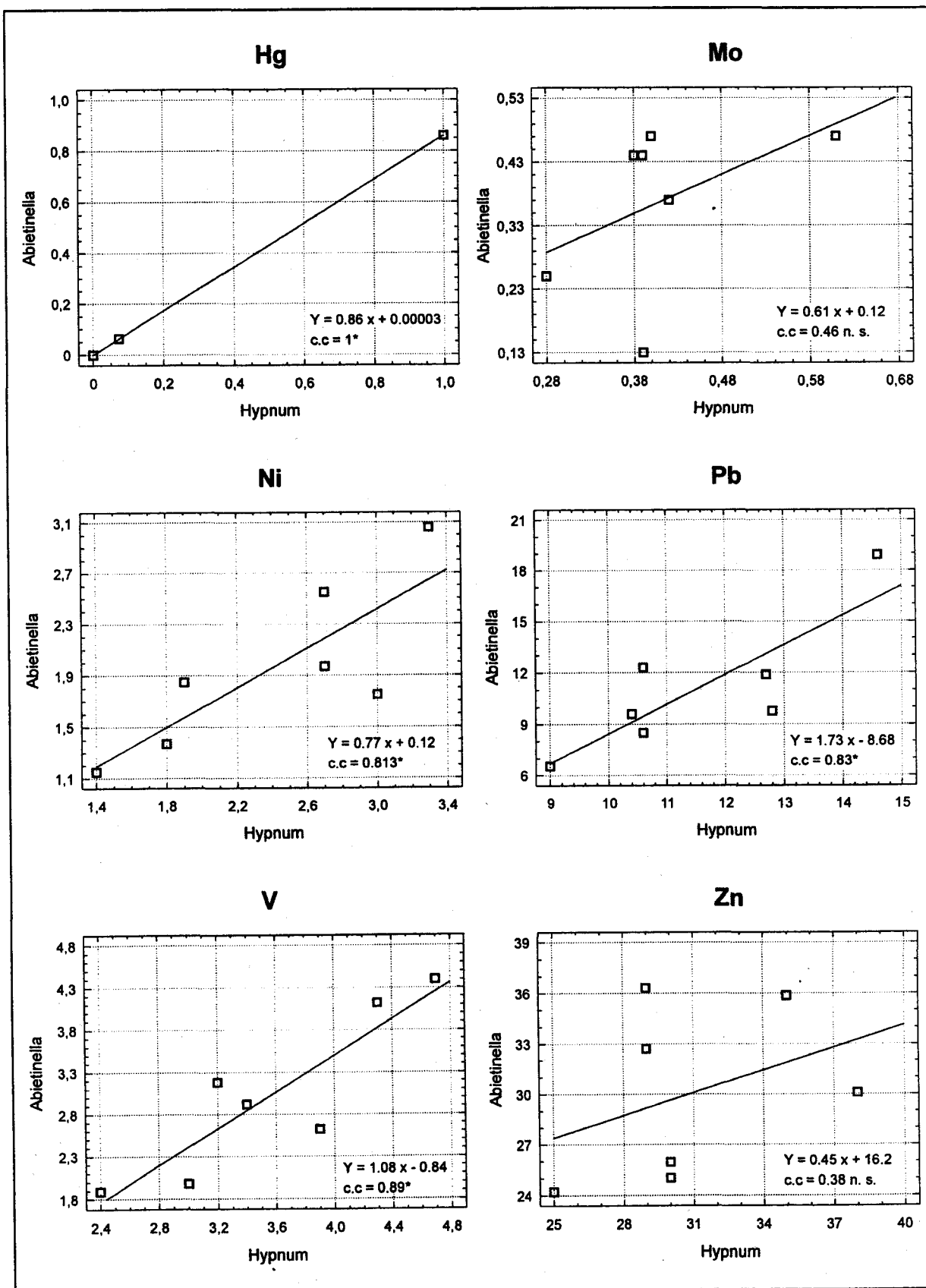


Abb. 31: Grafik und Formel der Regressionsgeraden ($kx + d$) erstellt aus den Parallellproben von *Hypnum cupressiforme* (unabhängige Variable) und *Abietinella abietina* (abhängige Variable). (Korrelationskoeffizient = c.c. Signifikanz = * bei $p = 0.05$) für die Metalle Hg, Mo, Ni, Pb, V und Zn.

5 DISKUSSION

Die vorliegende Studie liefert ein im großen und ganzen schlüssiges Bild der atmosphärischen Schwermetalldepositionen in Österreich. Einerseits werden klar umgrenzte Einzelemittenten (z. B. in Treibach-Althofen) oder Problemzonen (z. B. unteres Inntal) ausgewiesen, andererseits wird ein Überblick über die von einer Vielzahl an Einzelfaktoren bestimmte Hintergrundsituation gegeben.

Die in dieser Arbeit angewandte Methode ist vermutlich der am besten geeignete Versuch mittels Bioindikatoren aktuelle Erhebungen zur regionalen, nationalen und internationalen Schwermetallsituation durchzuführen bzw. vergleichbare Zeitreihen zu dieser Thematik zu erheben (Kapitel 1). Trotzdem sollten in künftigen Untersuchungen bestimmte Probleme genügend beachtet bzw. an deren Überwindung gearbeitet werden.

Die Methodik der Aufsammlung der Moosproben ist weitgehend standardisiert, die aufsammlungsbedingte Fehlerquote kann durch ein gut geschultes Team auf ein Minimum reduziert werden. In künftigen Untersuchungen, welche auch die zeitliche Variabilität der Schwermetalldepositionen erfassen wollen, sollten die Proben aufgrund standörtlicher Variabilitäten und mikrotopographischer Inkohärenzen (MARTIN & COUGHTREY, 1982; SUCHARA, in Vorb.) an weitgehend denselben Stellen wieder gewonnen werden wie bei den letztjährigen Aufsammlungen. Wie auch die Erfahrungen in anderen Länder bewiesen haben, gewährleistet die Konsistenz und Erfahrungheit eines längerfristig tätigen Teams die Vergleichbarkeit und Qualität der erzielten Daten.

Mittels der Moosmethode können aufgrund der Ergebnisse dieser (Kapitel 4) und anderer Arbeiten der jüngeren Vergangenheit (z. B. THÖNI, 1996) nunmehr nicht nur Konzentrationen, sondern auch Flächendepositionen für ganze Regionen erhoben werden. Sollen aber die Depositionsraten zu konkreten Einzelpunkten ermittelt werden, so müssen, wie die Untersuchungen dieser Studie deutlich gezeigt haben, konkrete Wuchsdaten der Indikatorart für diesen Einzelstandort vorliegen. Die Variabilität der annuellen Biomasse pro Flächeneinheit in den einzelnen Moospopulationen dürfte noch bedeutend höher sein als dies durch das untersuchte Material hervorgeht, da überwiegend solche Proben aufgearbeitet wurden, die sich durch relativ dichten, gleichmäßigen Wuchs auszeichneten und dementsprechend unter $\pm$ optimalen Bedingungen wachsen konnten. An Standorten mit 'moosfeindlichen' Wachstumsbedingungen, also in Toleranzgrenzbereichen, kann es zu bedeutend geringeren Biomassezuwächsen pro Flächeneinheit kommen als dargestellt. Solche Schwankungen können auch durchaus innerhalb eines Sammelpunktes auftreten.

Künftige Aufsammlungen sollten deshalb flächenbezogen durchgeführt werden, vor allem wenn Depositionswerte erstellt werden sollen. Diese Form der Aufsammlung ist sicherlich in manchen Regionen (z. B. Nordosten oder Südostabdachung) nur sehr schwer durchführbar und in Einzelfällen überhaupt nicht möglich. Der deutlich erhöhte Aufwand in der Aufbereitung ($> 300\%$) muß weiters in Betracht gezogen werden, ebenso wie die Tatsache, daß auch unter diesen Sammelbedingungen weiterhin mehrere Teilproben pro Sammelpunkt entnommen und aufgearbeitet werden müßten.

Die Ermittlung zusätzlicher Effizienzfaktoren zur Schwermetallaufnahmekapazität der einzelnen Arten (Kapitel 3.9), vor allem für Moose des pannonischen Gebietes, wäre ebenfalls wünschenswert, da die Aufnahmeeffizienz der Moose für Schwermetalle in Zusammenhang mit den klimatischen Bedingungen eines Raumes stehen dürfte. Wie die Erfahrungen dieser Studie gezeigt haben (Kapitel 3.8), sollten dabei Bergerhoff-Sammler und nicht WADOS zum Einsatz kommen, zumal, wenn der trockene Anteil der Deposition im WADOS nicht analysiert wird.

Ein weiteres Problemfeld, dem in künftigen Untersuchungen bedeutend mehr Augenmerk geschenkt werden muß, ist der Aufschluß und die Analytik der aufbereiteten Proben, vor allem wenn die Vergleichbarkeit der Daten der einzelnen Länder gewährleistet sein soll.

Die im internationalen Untersuchungsprogramm verwendeten Analyse- und Aufschlußmethoden divergieren zum Teil beträchtlich und reichen vom Mikrowellenaufschluß (z. B. Schweiz, Tschechische Republik) über den Druckaufschluß (z. B. Deutschland) bis zum offenen Aufschluß (z. B. Österreich, Schweden). Zum Teil werden die Proben gemahlen (z. B. Finnland, Österreich), zum Teil nicht (z. B. Schweden, Polen). An Analysegeräten werden AAS (Flamme, Graphitrohr, Hydridgenerator) und ICP (MS und ES) verwendet (RÜHLING, 1994a). Eine Standardisierung wäre wünschenswert, zumal mit den einzelnen Methoden zum Teil beträchtlich divergierende Ergebnisse erzielt werden (z. B. STEINNES *et al.*, 1997; Kapitel 3.6).

Für die Darstellung der Ergebnisse wurden eine Vielzahl an Methoden verwendet. Farbige Punktkarten der zu Klassen zusammengefaßten Einzelkonzentrationen oder die beschreibende statistische Darstellung in Form der 'Notched Box & Whisker Plots' sind reale Wiedergaben einer vorgefundenen Situation. Der Einsatz der optisch einprägsamen interpolierten Karten auf nationaler Ebene und deren Interpretation muß aber in einem topographisch stark reliefierten Gebirgsland wie Österreich differenziert betrachtet werden. Die tatsächlichen Depositionsmuster folgen zumeist geomorphologischen und daraus resultierenden klimatischen Bedingungen (talorientierte Winde, Inversionen, Staulagen etc.) und nicht mathematischen Modellen, zumal wenn diese die Vielzahl an Einflußfaktoren nicht berücksichtigen können, oder aufgrund des Kartenmaßstabes darauf verzichtet werden muß. Außerdem wird der Höhenabhängigkeit der Schwermetallbelastung keinerlei Rechnung getragen (ZECHMEISTER, 1995a). Die Interpolationen beziehen sich demnach nur auf Standorte, welche den allgemeinen Kriterien für die Auswahl eines Sammelpunktes entsprechen (Kapitel 2.1.1).

6 LITERATUR

- ADRIANO, D. C. (1986): *Trace elements in the terrestrial environment*. Springer. N. Y.
- AMT DER OÖ. LANDESREGIERUNG. MESSBERICHT. (1993): Saurer Regen in Oberösterreich. Meßbericht 6 (10-Jahresmeßbericht). Amt der OÖ Landesregierung. Linz.
- ATANASIU, L. (1971): Photosynthesis and respiration of three mosses at winter low temperatures. *Bryologist* 74: 23-27.
- BARRIE, L. A. & SCHEMENAUER, R. S. (1989): Wet deposition of heavy metals. In: PACYNA, J. M. & OTTAR, B. 1989. (eds.): *Control and fate of atmospheric trace metals*. Kluwer Academic Press. Dordrecht. 203-231.
- BATES, J. W. (1992): Mineral nutrient acquisition and retention by bryophytes. *Journal of Bryology* 17: 223-240.
- BERG, T.; RØSET, O. & STEINNES, E. (1995): Moss (*Hylocomium splendens*) used as biomonitor of atmospheric trace element deposition: estimation of uptake efficiencies. *Atmospheric Environment* 29: 353-360.
- BERICHT ÜBER DEN ZUSTAND DER TIROLER BÖDEN 1988 (1989): Bodenkataster. Amt der Tiroler Landesregierung. Innsbruck.
- BROWN, D. H. (1984): Uptake of mineral elements and their use in pollution monitoring. In DYER, A. F. & DUCKET, J. G. (eds.): *The experimental biology of bryophytes*. Academic Press. London. 55-62.
- BROWN, D. H. & BATES J. W. (1990): Bryophytes and nutrient cycling. *Botanical J. of the Linnean Society* 104: 129-147.
- BROWN, D. H. & BROWN, R. M. (1990): Reproducibility of sampling for element analysis using bryophytes. In: LIETH, H. & MARKERT, B. (eds.): *Element concentration cadasters in ecosystems*. Weinheim.
- BUSBY, J. R.; BLISS, L. C. & HAMILTON, C. D. (1978): Microclimate control of growth rates and habitats of the boreal forest mosses, *Tomenthypnum nitens* and *Hylocomium splendens*. *Ecological Monographs* 48: 95-110.
- CHRISTEN, H. R. (1973): *Grundlagen der allgemeinen und anorganischen Chemie*. Sauerländer. Salle.
- ENGLISCH M.; KARRER, G. & MUTSCH, F. (1992): Österreichische Waldbodenzustandsinventur. Teil I: Methodische Grundlagen. *Mitteilungen der FBVA* 168: 5-21.
- FOWLER, D.; GALLAGHER, M. W. & LOVETT, G. M. (1993): Fog, cloud water and fog deposition. In: LÖVBLAD, G.; ERISMAN, J. W. & FOWLER D. *Models and Methods for the quantification of atmospheric input to ecosystems*. Nordiske Seminar – og Arbejdsrapporter 1993:573. Nordisk Council of Ministers. Copenhagen. 51-73.
- FRIEDLAND A. J. (1992): The use of organic forest soils as indicators of atmospheric deposition of trace metals. In: VERRY, E. S. & VERMETTE, S. J. (eds.) (1992): *The deposition and fate of trace metals in our environment*. USDA-Forest service. General Technical Report. NC 150, 97-104.
- FURNESS, S. B. & GRIME, J. P. (1982): Growth rate and temperature responses in bryophytes. *Journal of Ecology* 70: 525-536.
- GALLOWAY, J. N.; THORNTON, J. D.; NORTON, S. A.; VOLCHOK, H. L. & MCLEAN, R. A. (1982): Trace metals in atmospheric deposition: A review and Assessment. *Atmospheric Environment* 16: 1.677-1.700.
- GJENGEDAL, E. & STEINNES, E. (1990): Uptake of metal ions in moss from artificial precipitation. *Environm.Monitor.Ass.* 14: 77-87.
- HAGERUP, O. (1935): Zur Periodizität im Laubwechsel der Moose. *Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Biol. Meddels.* 11: 1-88.
- HERPIN, U.; MARKERT, B.; SIEWERS, U. & LIETH, H. (1994): Monitoring der Schwermetallbelastung in der Bundesrepublik Deutschland mit Hilfe von Moosanalysen. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Ökologie, Forschungsbericht 108 02 087.

- HUSZ, G. (1987): Bodenzustandserhebung Vorarlberg 1986. Lebensraum Vorarlberg. Bd. 2. Vorarlberger Landesregierung. Bregenz.
- JENDRALSKI, U. (1955): Die Jahresperiodizität in der Entwicklung der Laubmoose im Rheinlande. *Decheniana* 108: 105-163.
- KALLIO, P. & HEINONEN, S. (1973): Ecology of *Racomitrium lanuginosum* (Hedw.) Brid. Report from the Kevo Subarctic Research Station 10: 43-54.
- KALLIO, P. & SAARNIO, E. (1986): The effect on mosses of transplantation to different latitudes. *Journal of Bryology* 14: 159-178.
- KILIAN, W. (ed.) (1992): Österreichische Waldbodenzustandsinventur. Ergebnisse. 2. Bd. Mitteilungen der FBVA 168: 1-147.
- KOVAR, A. & PUXBAUM, H. (1992): Nasse Depositionen im Ostalpenraum. Bericht 14/92. TU Wien.
- LANNEFORS, H.; HANSSON, H. & GRANAT, L. (1983): Background aerosol composition in Southern Sweden – Fourteen micro and macro constituents measured in seven particle size intervals at one site during one year. *Atmospheric Environment* 17: 87-101.
- LEBLANC, F. & De SLOOVER, J. L. (1970): Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. *Can.J.Bot.* 48: 1485-1496.
- LEHNINGER, A. L. (1977): Biochemie. Verlag Chemie. Weinheim.
- LONGTON, R. E. (1988): The biology of polar bryophytes and lichens. Cambridge, Cambridge University Press.
- LONGTON, R. E. & GREEN, S. W. (1969): The growth and reproductive cycle of *Pleurozium schreberi* (Brid.). *Mitt. Ann. Bot.* 33: 83-105.
- MÄGDEFRAU, K. (1982): Life-forms of bryophytes. In Smith AJE, ed. *Bryophyte ecology*. London: Chapman & Hall, 45-58.
- MARKERT, B. (1992): Presence and significance of naturally occurring chemical elements of the periodic system in the plant organism and consequences for future investigations on inorganic environmental chemistry in ecosystems. *Vegetatio* 103: 1-30.
- MARTIN, M. & COUGHTREY, P. (1982): Biological monitoring of heavy metal pollution. Land and air. *Appl. Sc. Publ. N. Y.*
- MERIAN, E. (ed.) (1991): Metals and their compounds in the environment. VCH. Weinheim.
- MUTSCH, F. 1992a. Österreichische Waldbodenzustandsinventur Teil VI: Schwermetalle. Mitteilungen der FBVA 168: 145-192.
- MUTSCH, F. (1992b): Österreichische Waldbodenzustandsinventur Teil IV: Lithogene Hauptnährstoffe. Mitteilungen der FBVA 168: 59-88.
- NORDHORN-RICHTER, G. & DÜLL, R. (1982): Monitoring air pollutants by mapping the bryophyte flora. In: STEUBING, L. & JÄGER, H. J. (eds.): *Monitoring of air pollutants by plants*. Junk Publ. The Hague.
- NEUMANN, M. (1991): Waldschaden-Beobachtungssystem. FBVA-Berichte 49: 7-13.
- NIEDERÖSTERREICHISCHE BODENZUSTANDSINVENTUR (1994): Amt der Niederösterreichischen Landesregierung. Wien.
- NOWAK, H. (1990): Vereinfachte Landschaftsgliederung in Österreich. UBA-IB 228. Wien.
- OBERÖSTERREICHISCHER BODENKATASTER, BODENZUSTANDSINVENTUR (1993): Amt der OÖ Landesregierung. Linz.
- ORTHOFFER, R. (1996): Abschätzung der Emissionen von ausgewählten Schwermetallen in die Atmosphäre für Österreich im Stichjahr 1994 gemäß CORINAIR 1994. Bericht. UBA. Wien.
- PACYN, J. M. & OTTAR, B. (eds.) (1989): Control and fate of atmospheric trace metals. Kluwer Academic Press. Dordrecht.
- PAKARINEN, P. & RINNE, R. J. K. (1979): Growth rates and heavy metal concentrations of five moss species in paludified spruce forests. *Lindbergia* 5: 77-83.

- PITKIN, H. P. (1975): Variability and seasonality of the growth of some corticolous pleurocarpous mosses. *Journal of Bryology* 8: 337-356.
- PROCTOR, M. C. F. (1982): Physiological ecology: water relations, light and temperature responses, carbon balance. In: Smith A.J.E., (ed). *Bryophyte ecology*, London: Chapman & Hall, 333-381.
- RINCON, E. & GRIME, J. P. (1989): An analysis of seasonal patterns of bryophyte growth in a natural habitat. *Journal of Ecology* 77: 447-455.
- ROSS, H. B. (1990): On the use of mosses (*Hylocomium splendens* and *Pleurozium schreberi*) for estimating atmospheric trace metal deposition. *Water, Air, Soil Pollution* 50, 63-76.
- RUIJGROOK, W.; NICHOLSON, K. W. & DAVIDSON C. I. (1993): Dry deposition of particles. In: LÖVBLAD, G.; ERISMAN, J. W. & FOWLER, D. (eds.): *Models and Methods for the quantification of atmospheric input to ecosystems*. Nordiske Seminar – og Arbejdsrapporter 1993:573. Nordisk Council of Ministers. Copenhagen. 147-162.
- RÜHLING, Å. (1985): Mätning av metalldeposition genom mossanalys. Rapport. IVL B-publication Stockholm 782: 1-10.
- RÜHLING, Å. (ed.) (1994a): Atmospheric heavy metal deposition in Europe – estimation based on moss analysis. *NORD* 1994, 9: 1-53.
- RÜHLING, Å. (1994b): Monitoring of atmospheric heavy-metal deposition in Europe using bryophytes and humus samples as indicators. Proposal for an international programme 1995. Lund.
- RÜHLING, Å.; STEINNES, E. & BERG, T. (1997): Atmospheric heavy metal deposition in Northern Europe 1995. *NORD* 1996, 37: 1-46.
- RÜHLING, Å & TYLER, G. (1970): Sorption and retention of heavy metals in the woodland moss *Hylocomium splendens* (Hedw.) Br. et Sch. *Oikos* 21: 92-97.
- RÜHLING, Å.; RASMUSSEN, L.; PILEGAARD, K.; MÄKINEN, A. & STEINNES, E. (1987): Survey of atmospheric heavy metal deposition in the Nordic countries in 1985 – monitored by moss analysis. *Nordisk Ministerråd, NORD* 1987, 21: 1-44.
- RÜHLING, Å.; BRUMELIS, G.; GOLTSOVA, N.; KVIETKUS, K.; KUBIN, E.; LIIV, S.; MAGNUSSON, S.; MÄKINEN, A.; PILEGAARD, K.; RASMUSSEN, L.; SANDER, E. & STEINNES, E. (1992): Atmospheric heavy metal deposition in Northern Europe 1990. *NORD* 1992, 12: 1-41.
- RUPPERT, H. 1991. Natürliche Spurenmetallgehalte im Boden und ihre anthropogene Überprägung. *Mitt. Österr. Geolog. Ges.* 83: 243-265.
- SALZBURGER BODENZUSTANDSINVENTUR (1993): Amt der Salzburger Landesregierung. Salzburg.
- SCHMID-GROB, I.; THÖNI, L. & HERTZ, J. (1992): Applicability of the moss *Hypnum cupressiforme* Hedw. s.l. for biomonitoring of heavy metals: 2. A comparison with the moss *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp. and the freights in bulk precipitation in Switzerland. *Metal compounds in environment and life* 4: 153-162.
- STEINNES, E. (1985): Use of mosses in heavy metal deposition studies. *EMEP/CCC Report* 3/85: 161-170.
- STEINNES, E., RÜHLING, Å., LIPPO, H. & MÄKINEN, A. (1997): Nordic-baltic metal deposition survey 1995: Intercalibration of moss and soil humus reference samples. in prep.
- STEINHAUSER, F. (1972): Niederschlagskarte von Österreich für das Normaljahr 1901-1950. Maßstab 1:500.000. Hydrographisches Zentralbüro im BM für Land- und Forstwirtschaft. Wien.
- STREIT, B. (1994): *Lexikon Ökotoxikologie*. VCH. Weinheim.
- SVEINBJÖRNSON, B. & OECHEL, W. C. (1992): Controls on growth and productivity of bryophytes: environmental limitations under current and anticipated conditions. In: BATES, J. W.; FARMER, A. M. (eds.) *Bryophytes and lichens in a changing environment*, Oxford: Clarendon Press, 77-102.
- TAMM, C. O. (1953): Growth, yield and nutrition in carpets of a forest moss (*Hylocomium splendens*). *Meddelanden Fran Statens Skogsforskningsinstitut* 43: 1-140.
- TAYLOR, F. G & WHITERSPOON, J. P. (1972): Retention of simulated fallout particles by lichens and mosses. *Health Physics* 23: 867-869.

- THALMANN, F.; SCHERMANN, O.; SCHROLL, E. & HAUSBERGER, G. (1989): Geochemischer Atlas der Republik Österreich. Geologische Bundesanstalt. Wien.
- THÖNI, L. (1996): Vergleich von Elementkonzentrationen in drei Biomonitoringmoosen untereinander und mit Depositionsfrachten im Bulksammler nach Bergerhoff. Bericht. BUWAL. Zürich.
- THÖNI, L.; SCHNYDER, N. & KRIEG, F. (1996): Comparison of metal concentrations in three species of mosses and metal freights in bulk precipitations. *Fresenius J. Anal. Chem.* 354. 703-708.
- UMWELTBUNDESAMT (1992): Bericht über die Umweltsituation an ausgewählten langjährigen Industriestandorten. BM f. Umwelt, Jugend und Familie. Wien.
- UMWELTKONTROLLBERICHT 1996. Umweltsituation in Österreich. 4. Umweltkontrollbericht des BM für Umwelt an den Nationalrat. Umweltbundesamt, Wien.
- VERNET, J. P. (1991): Heavy metals in the environment. Elsevier. Amsterdam.
- VERRY, E. S. & VERMETTE, S. J. (eds.) (1992): The deposition and fate of trace metals in our environment. USDA-Forest service. MN.
- VITT, D. H. (1990): Growth and production dynamics of boreal mosses over climatic, chemical and topographic gradients. *Botanical Journal of the Linnean Society* 104: 35-59.
- WINIWARTER, W. & SCHNEIDER, M. (1995): Abschätzung der Schwermetallemissionen in Österreich. Reports UBA 95-108. Umweltbundesamt. Wien.
- WOLTERBEEK, H.; KUIK, P.; VERBURG, T. G.; HERPIN, U.; MARKERT, B. & THÖNI, L. (1995): Moss interspecies comparisons in trace element concentrations. *Environmental Monitoring and Assessment* 35, 263-286.
- ZECHMEISTER, H. G. (1994): Biomonitoring der Schwermetalldeposition mittels Moosen in Österreich. Umweltbundesamt, Monographien Bd. M-042, Wien, 1-168.
- ZECHMEISTER, H. G. (1995a): Correlation between altitude and heavy metal deposition in the Alps. *Environmental Pollution* 89: 73-80.
- ZECHMEISTER, H. G. (1995b): Growth rates of five pleurocarpous moss species under various climatic conditions. *Bryologist* 18: 455-468.
- ZECHMEISTER, H. G. 1996. Biomonitoring mittels Moosen. Integrated Monitoring Series. IM-Rep-005. Umweltbundesamt. Wien.

ANHANG

Anhang 1: Liste aller Sammelpunkte.....	111
Anhang 2: Flächendeposition an Standorten mit Daten zur annuellen Biomasse der Monitoringarten	123
Anhang 3: Tabelle für den Vergleich der Schwermetallkonzentrationen in Moos- und Bodenproben (gegliedert nach Horizonten) aus vergleichbaren Standorten	127
Anhang 4: Tabelle aller Schwermetallkonzentrationen an allen beprobten Standorten	140

Anhang 1: Liste aller Sammelpunkte.

EndNr. = Durchlaufende Arbeitsnummer aller Proben;

K.Nr. = Nummer des Sammelpunktes auf Karte 1a;

ÖK = Österreichkarte 1:50.000 (Österr. Bundesamt f. Eich- und Vermessungswesen);

Bdl. = Bundesland;

Reg. = Region nach NOWAK (1990);

Bez. = Politischer Bezirk;

Gem. = Gemeinde;

Länge = Geographische Länge;

Breite = Geographische Breite;

WBS = Interne Nummerierung der Waldschadensforschung (WBS);

SM92 (S) = Standortsnummer in der Pilotstudie;

IP = Intensiv Plot der FBVA;

PW = Untersuchungsfläche Peter Weiß.

EndNr.	K.Nr.	ÖK	Bdl.	Reg.	Bez.	Gem.	Länge	Breite
1-5-1-P	1	5	N	1	Gmünd	Alt-Nagelberg	14°59'30"	48°52'10"
1-6-1-P	2	6	N	1	Waidhofen/Thaya	Kautzen	15°11'30"	48°56'40"
1-7-1-P	3	7	N	1	Waidhofen/Thaya	Göpfritzschlag	15°20'10"	48°52'50"
1-8-1-P	4	8	N	1	Hollabrunn	Geras	15°38'10"	48°46'30"
2-9-1-A	5	9	N	2	Hollabrunn	Hardegg	15°51'40"	48°51'
2-9-1-R		9	N	2	Hollabrunn	Hardegg	15°51'40"	48°51'
2-11-1-A	6	11	N	2	Mistelbach	Drasenhofen	16°36'	48°45'50"
2-11-1-HP		11	N	2	Mistelbach	Drasenhofen	16°36'	48°45'50"
1-13-1-HP	7	13	O	1	Schärding	Viechtenstein	13°39'	48°31'30"
1-14-1-P	8	14	O	1	Rohrbach	Ulrichsberg	13°57'10"	48°42'30"
1-14-2-P	9	14	O	1	Rohrbach	Sarleinsbach	13°52'30"	48°33'50"
1-15-1-P	10	15	O	1	Rohrbach	Helfenberg	14°07'	48°32'40"
1-16-1-P	11	16	O	1	Urfahr-Umgebung	Waldburg	14°24'	48°31'
1-17-1-P	12	17	O	1	Freistadt	Schöneben	14°44'	48°33'40"
1-18-1-P	13	18	N	1	Weitra	Groß-Neusiedl	15°02'	48°43'
1-18-2-P	14	18	O	1	Freistadt	Kienau	14°52'30"	48°31'20"
1-19-1-P	15	19	N	1	Zwettl	Jahrings	15°06'	48°35'
1-20-1-P	16	20	N	1	Zwettl	Göpfritz/Wild	15°21'10"	48°43'50"
1-20-2-P	17	20	N	1	Krems	Preinreichs	15°28'50"	48°34'20"
1-21-1-P	18	21	N	1	Krems	Langenlois	15°44'40"	48°32'55"
2-22-1-A	19	22	N	2	Hollabrunn	Sitzendorf	15°57'20"	48°37'50"
2-23-1-A	20	23	N	1	Hollabrunn	Wullersdorf	16°10'05"	48°39'
2-24-1-HP	21	24	N	2	Mistelbach	Hörersdorf	16°34'	48°37'10"
2-24-2-A	22	24	N	2	Mistelbach	Ernstbrunn	16°21'10"	48°32'
2-24-2-HP		24	N	2	Mistelbach	Ernstbrunn	16°21'10"	48°32'
2-25-1-A	23	25	N	2	Gänserndorf	Neusiedl/Zaya	16°45'10"	48°35'30"
2-25-1-HP		25	N	2	Gänserndorf	Neusiedl/Zaya	16°45'10"	48°35'30"
2-26-1-A	24	26	N	2	Mistelbach	Bernhardsthal	16°53'	18°42'40"
4-28-1-P	25	28	O	4	Braunau	St. Peter am Hart	13°8'35"	48°15'20"
4-29-1-HP	26	29	O	4	Ried/Innkreis	Mörschwang	13°23'20"	48°18'
1-30-1-P	27	30	O	1	Schärding	Kopfinger	13°41'10"	48°27'
4-31-1-HP	28	31	O	4	Eferding	Hinzenbach	13°57'35"	48°18'05"
1-32-1-P	29	32	O	1	Urfahr-Umgebung	Gramastetten	14°13'	48°24'

EndNr.	K.Nr.	ÖK	Bdl.	Reg.	Bez.	Gem.	Länge	Breite
1-33-1-P	30	33	O	1	Urfahr-Umgebung	Altenberg	14°21'	48°21'
1-34-1-P	31	34	O	1	Perg	Tragwein	14°37'	48°19'
1-35-1-P	32	35	O	1	Perg	Linden	14°57'	48°23'40"
1-36-1-P	33	36	N	1	Zwettl	Aschelberg	15°12'30"	48°22'
1-37-1-P	34	37	N	1	Krems	Weißkirchen	15°26'	48°24'40"
2-38-1-HP	35	38	N	2	Tulln	Grafenwörth	15°48'30"	48°24'
4-39-1-A	36	39	N	4	Tulln	Sieghartskirchen	16°00'50"	48°15'40"
2-40-1-A	37	40	N	2	Hollabrunn	Stranzendorf	16°07'	48°27'20"
2-41-1-A	38	41	N	2	Mistelbach	Schleinbach	16°30'05"	48°25'30"
2-42-1-A	39	42	N	2	Gänserndorf	Raggendorf	16°41'30"	48°23'20"
2-43-1-A	40	43	N	2	Gänserndorf	Weiden/March	16°52'	48°17'50"
2-43-1-HP		43	N	2	Gänserndorf	Weiden/March	16°52'	48°17'50"
4-44-1-HP	41	44	O	4	Braunau	St.Radegund	12°45'35"	48°05'50"
4-45-1-P	42	45	O	4	Braunau	Überackern	12°46'35"	48°12'05"
4-45-2-P	43	45	O	4	Braunau	Tarsdorf	12°52'25"	48°06'10"
4-46-1-P	44	46	O	4	Braunau	Maria Schmolln	13°13'75"	48°08'55"
4-47-1-P	45	47	O	4	Ried/Innkreis	Pattigham	13°30'30"	48°9'30"
4-47-2-P	46	47	O	4	Vöcklabruck	Fornach	13°23'25"	48°03'10"
4-48-1-P	47	48	O	4	Grieskirchen	Gaspolthofen	13°43'30"	48°7'35"
4-49-1-P	48	49	O	4	Wels-Land	Lambach	13°54'30"	48°05'05"
4-50-1-P	49	50	O	4	Linz-Land	Kematen/Krems	14°15'10"	48°00'
4-51-1-HP	50	51	N	4	Amstetten	Ernsthofen	14°29'40"	48°02'55"
4-52-1-HP	51	52	O	4	Perg	Saxen	14°48'10"	48°11'20"
4-53-1-HP	52	53	N	4	Amstetten	St.Georgen/Ybbsfeld	14°56'30"	48°08'30"
4-54-1-HP	53	54	N	4	Melk	Pöchlarn	15°09'40"	48°11'25"
5-55-1-HP	54	55	N	5	St.Pölten-Land	Kirchberg/Pielach	15°20'20"	48°00'25"
4-56-1-HP	55	56	N	4	St.Pölten	Phyra	15°40'40"	48°07'35"
5-57-1-HP	56	57	N	5	Mödling	Wienerwald	16°03'05"	48°07'10"
5-57-2-A		57	N	5	Lilienfeld	Kaumberg	15°52'50"	48°03'05"
5-57-2-H	57	57	N	5	Lilienfeld	Kaumberg	15°52'50"	48°03'05"
2-58-1-A	58	58	N	2	Baden	Gumpoldskirchen	16°16'20"	48°03'
2-58-1-HP		58	N	2	Baden	Gumpoldskirchen	16°16'20"	48°03'
2-58-1-R		58	N	2	Baden	Gumpoldskirchen	16°16'20"	48°03'
2-59-1-A	59	59	N	2	Bruck/Leitha	Ebergassing	16°32'	48°03'50"
2-60-1-A		60	N	2	Gänserndorf	Leopoldsdorf	16°42'10"	48°11'50"
2-61-1-A	60	61	N	2	Bruck/Leitha	Wolfsthal	16°59'30"	48°07'50"
4-63-1-H	61	63	S	4	Salzburg-Umgebung	Anthering	12°59'	47°52'50"
4-64-1-HP	62	64	S	4	Salzburg-Umgebung	Eugendorf	13°7'55"	47°49'35"
5-65-1-HP	63	65	O	5	Vöcklabruck	Tiefgraben	13°21'12"	47°52'55"
5-66-1-HP	64	66	O	5	Vöcklabruck	Weyregg/Attersee	13°36'30"	47°51'20"
5-67-1-HP	65	67	O	5	Gmunden	Grünau/Almtal	13°58'35"	47°51'20"
5-68-1-P	66	68	O	5	Kirchdorf/Krems	Molln	14°19'55"	47°54'25"
5-69-1-HP	67	69	O	5	Steyr-Land	Reichraming	14°26'35"	47°51'35"

EndNr.	K.Nr	ÖK	Bdl.	Reg.	Bez.	Gem.	Länge	Breite
5-69-1-H		69	O	5	Steyr-Land	Reichraming	14°26'35"	47°51'35"
5-70-1-P	68	70	O	5	Steyr-Land	Weyer-Land	14°42'20"	47°50'50"
5-71-1-HP	69	71	N	5	Amstetten	Ybbssitz	14°54'10"	47°58'20"
5-72-1-H	70	72	St	5	Bruck/Mur	St.Sebastian	15°13'25"	47°47'30"
5-73-1-P	71	73	N	5	Lilienfeld	St.Ägyd	15°28'40"	47°49'
5-74-1-P	72	74	N	5	Wr.Neustadt	Rohr im Gebirge	15°46'40"	47°54'13"
5-74-2-HP		74	N	5	Neunkirchen	Schwarzau/Gebirge	15°42'26"	47°46'05"
5-74-2-P	73	74	N	5	Neunkirchen	Schwarzau/Gebirge	15°42'33"	47°45'57"
5-75-1-P	74	75	N	5	Baden	Pottenstein	16°00'12"	47°57'10"
5-75-2-HP	75	75	N	5	Neunkirchen	Schrattenbach	15°57'15"	47°46'39"
6-76-1-P	76	76	B	6	Mattersburg	Bad Sauerbrunn	16°19'22"	47°46'07"
2-77-1-A	77	77	B	2	Eisenstadt-U	Leithaprodersdorf	16°32'10"	47°55'
2-77-1-HP		77	B	2	Eisenstadt-U	Leithaprodersdorf	16°32'10"	47°55'
2-78-1-A	78	78	B	2	Eisenstadt-U	Oggau	16°39'30"	47°50'55"
2-78-1-HP		78	B	2	Eisenstadt-U	Oggau	16°39'30"	47°50'55"
2-79-1-HP	79	79	B	2	Neusiedl	Nickelsdorf	17°04'10"	47°57'
4-82-1-P	80	82	V	4	Bregenz	Langen/Bregenz	9°49'50"	47°30'25"
5-84-1-H	81	84	T	5	Reutte	Schattwald	10°28'	47°31'20"
5-85-1-P	82	85	T	5	Reutte	Vils	10°31'55"	47°32'
5-88-1-H	83	88	T	5	Schwaz	Achenkirch	11°38'20"	47°34'50"
5-89-1-H	84	89	T	5	Kufstein	Thiersee	12°02'10"	47°34'35"
5-90-1-H	85	90	T	5	Kufstein	Ebbs	12°15'10"	47°37'40"
5-91-1-H	86	91	T	5	Kitzbühel	Kirchdorf in Tirol	12°24'10"	47°34'40"
5-92-1-HP	87	92	S	5	Zell am See	Unken	12°43'30"	47°39'30"
5-94-1-H	88	94	S	5	Hallein	St.Koloman	13°13'65"	47°39'10"
5-95-1-H	89	95	S	5	Hallein	Rußbach	13°29'30"	47°35'20"
5-96-1-H	90	96	St	5	Liezen	Altaussee	13°45'20"	47°38'35"
5-97-1-HP	91	97	St	5	Liezen	Bad Mitterndorf	13°51'65"	47°35'65"
5-98-1-H	92	98	O	5	Kirchdorf	Hinterstoder	14°09'30"	47°43'40"
5-99-1-P	93	99	St	5	Liezen	Hall	14°26'57"	47°37'36"
5-100-1-H	94	100	St	5	Liezen	Johnsbach	14°35'32"	47°34'39"
5-101-1-P	95	101	St	5	Liezen	Wildalpen	14°55'34"	47°38'51"
5-102-1-H	96	102	St	5	Bruck/Mur	Gußwerk	15°17'33"	47°38'27"
6-103-1-P	97	103	St	6	Mürzzuschlag	Veitsch	15°25'46"	47°35'07"
6-104-1-P	98	104	St	6	Mürzzuschlag	Spital/Semmering	15°44'21"	47°35'44"
6-104-2-P	99	104	St	6	Mürzzuschlag	Spital/Semmering	15°47'01"	47°34'54"
6-105-1-P	100	105	N	6	Neunkirchen	Trattenbach	15°54'44"	47°36'22"
6-106-1-P	101	106	N	6	Neunkirchen	Scheiblingkirchen	16°08'10"	47°38'57"
3-107-1-P	102	107	B	3	Oberpullendorf	Markt St.Martin	16°25'08"	47°32'26"
3-108-1-HP	103	108	B	3	Oberpullendorf	Deutschkreuz	16°36'48"	47°34'38"
2-109-1-HP	104	109	B	2	Neusiedl	Apetlon	16°52'30"	47°44'30"
5-111-1-HP	105	111	V	5	Dornbirn	Dornbirn	9°46'50"	46°25'40"
5-111-2-H	106	111	V	5	Feldkirch	Laterns	9°45'20"	47°15'25"

EndNr.	K.Nr.	OK	Bdl.	Reg.	Bez.	Gem.	Länge	Breite
5-112-1-H	107	112	V	5	Bregenz	Riefensberg	9°59'35"	47°29'05"
5-112-2-P	108	112	V	5	Bregenz	Schoppemau	10°02'35"	47°17'05"
5-113-1-P	109	113	V	5	Bregenz	Mittelberg	10°11'	47°22'
5-114-1-P	110	114	T	5	Reutte	Hinterhornbach	10°26'20"	47°21'
5-115-1-H	111	115	T	5	Reutte	Heiterwang	10°46'	47°25'50"
5-115-2-H	112	115	T	5	Imst	Imst	10°44'05"	47°15'25"
5-116-1-H	113	116	T	5	Reutte	Ehrwald	10°54'30"	47°23'
5-117-1-H	114	117	T	5	Innsbruck-Land	Zirl	11°12'20"	47°17'25"
5-118-1-H	115	118	T	5	Schwaz	Vomp	11°29'35"	47°26'35"
5-118-2-H	116	118	T	5	Innsbruck-Land	Absam	11°33'	47°18'40"
6-119-1-H	117	119	T	6	Schwaz	Buch	11°45'30"	47°21'20"
5-120-1-P	118	120	T	5	Kufstein	Breitenbach	11°56'30"	47°28'10"
6-120-2-P	119	120	T	6	Schwaz	Bruck	11°51'25"	47°23'25"
6-121-1-H	120	121	T	6	Kitzbüchel	Brixen im Thale	12°13'10"	47°27'20"
6-122-1-P	121	122	T	6	Kufstein	Fieberbrunn	12°31'50"	47°28'35"
6-122-2-P	122	122	T	6	Kitzbüchel	Jochberg	12°24'20"	47°19'55"
6-123-1-H	123	123	S	6	Zell am See	Saalbach	12°37'20"	47°23'
6-124-1-P	124	124	S	6	Zell am See	Dienten	12°59'30"	47°23'
5-125-1-H	125	125	S	5	St.Johann/Pongau	Werfenweng	13°15'20"	47°27'30"
6-125-2-H	126	125	S	5	St.Johann/Pongau	Großarl	13°14'	47°17'30"
5-126-1-H	127	126	S	5	Hallein	Annaberg	13°25'30"	47°29'
6-126-2-H	128	126	S	6	St.Johann/Pongau	Untertauern	13°30'	47°20'05"
6-127-1-H	129	127	St	6	Liezen	Pichl-Preunegg	13°36'25"	47°21'50"
6-128-1-P	130	128	St	6	Liezen	St.Nikolei/Sölkta	14°	47°22'20"
6-129-1-H	131	129	St	6	Liezen	Donnersbach	14°08'20"	47°27'10"
6-130-1-P	132	130	St	6	Murau	Oberwölz-Umgebung	14°20'10"	47°21'5"
6-131-1-P	133	131	St	6	Leoben	Wald/Schoberpaß	14°39'49"	47°25'41"
5-132-1-H	134	132	St	5	Leoben	Trofaiach	15°02'09"	47°29'45"
6-133-1-P	135	133	St	6	Leoben	Niklasdorf	15°10'14"	47°22'21"
6-134-1-P	136	134	St	6	Weiz	Fladnitz	15°27'02"	47°21'12"
6-135-1-P	137	135	St	6	Hartberg	Saifen-Boden	15°46'48"	47°19'38"
6-136-1-P	138	136	St	6	Hartberg	Riegersberg	15°51'56"	47°25'56"
3-136-2-P	139	136	St	3	Hartberg	St.Johann i.d. Haide	16°02'35"	47°18'14"
6-137-1-P	140	137	N	6	Wiener Neustadt	Hochneukirchen	16°13'41"	47°25'55"
3-138-1-HP	141	138	B	3	Oberpullendorf	Frankenau	16°33'46"	47°29'25"
6-138-2-P	142	138	B	6	Oberwart	Rechnitz	16°25'17"	47°17'59"
5-141-1-H	143	141	V	5	Bludenz	Nenzing	9°41'05"	47°09'20"
5-142-1-H	144	142	V	5	Bludenz	Lorüns	9°51'30"	47°07'20"
5-143-1-H	145	143	T	5	Reutte	Steeg	10°16'	47°14'55"
6-143-2-H	146	143	T	6	Landeck	St.Anton	10°13'	47°05'50"
6-144-1-H	147	144	T	6	Landeck	See	10°28'30"	47°05'
6-145-1-P	148	145	T	6	Landeck	Feichten/Kaunertal	10°44'50"	47°40"
6-146-1-P	149	146	T	6	Imst	Ötztal/Bhf.	10°50'30"	47°13'35"

EndNr.	K.Nr.	ÖK	Bdl.	Reg.	Bez.	Gem.	Länge	Breite
6-146-2-P	150	146	T	6	Imst	Umhausen	10°55'40"	47°7'15"
6-147-1-P	151	147	T	6	Innsbruck-Land	Griess/Sellrain	11°8'20"	47°11'40"
6-147-2-P	152	147	T	6	Innsbruck-Land	Neustift	11°19'20"	47°4'20"
6-150-1-P	153	150	T	6	Schwarz	Hippach	11°50'5"	47°11'55"
6-151-1-P	154	151	S	6	Zell am See	Krimml	12°10'40"	47°10'50"
6-152-1-P	155	152	T	6	Lienz	Matrei	12°32'40"	47°00'50"
6-153-1-P	156	153	S	6	Zell am See	Uttendorf	12°35'30"	47°12'40"
6-154-1-P	157	154	S	6	St.Johann/Pongau	Bad Hofgastein	13°04'30"	47°10'
6-155-1-P	158	155	S	6	St.Johann/Pongau	Bad Gastein	13°08'	47°05'20"
6-156-1-H	159	156	S	6	Tamsweg	Muhr	13°30'	47°05'25"
6-157-1-H	160	157	S	6	Tamsweg	Tamsweg	13°49'30"	47°09'40"
6-157-2-H	161	157	S	6	Tamsweg	Manapfarr	13°45'10"	47°09'20"
6-158-1-H	162	158	St	6	Murau	Schöder	14°04'35"	47°14'35"
6-158-2-H	163	158	St	6	Murau	Stadl/Mur	14°00'10"	47°02'10"
6-159-1-H	164	159	St	6	Murau	Oberwölz	14°17'85"	47°11'10"
6-160-1-H	165	160	St	6	Judenburg	Oberkurzheim	14°31'10"	47°13'50"
6-160-2-H	166	160	St	6	Murau	Mühlen	14°28'55"	47°02"
6-161-1-P	167	161	St	6	Judenburg	Obdach	14°43'30"	47°01'40"
6-162-1-P	168	162	St	6	Knittelfeld	St.Margareten	14°52'25"	47°13'37"
6-162-2-P	169	162	St	6	Voitsberg	Gößnitz	14°56'41"	47°04'31"
6-163-1-P	170	163	St	6	Voitsberg	Voitsberg	15°11'50"	47°02'48"
6-164-1-P	171	164	St	6	Graz-Umgebung	St.Radegund	15°29'44"	47°11'39"
3-165-1-P	172	165	St	3	Weiz	St.Ruprecht/Raab	15°38'44"	47°08'24"
3-166-1-P	173	166	St	3	Hartberg	Ebersdorf	15°58'14"	47°12'25"
3-167-1-P	174	167	B	3	Güssing	Rauchenwarth	16°13'07"	47°10'36"
3-168-1-P	175	168	B	3	Güssing	Eberau	16°26'55"	47°04'58"
6-169-1-H	176	169	V	6	Bludenz	St.Gallenkirch	9°54'40"	46°57'40"
6-169-2-P	177	169	V	6	Bludenz	Gaschurn	10°04'	46°56'35"
6-171-1-H	178	171	T	6	Landeck	Pfunds	10°32'10"	46°57'30"
6-173-1-P	179	173	T	6	Imst	Sölden	11°02'25"	46°54'55"
6-178-1-P	180	178	T	6	Lienz	Bruggen	12°22'25"	46°54'40"
6-178-2-P	181	178	T	6	Lienz	Strassen	12°27'	46°46'
6-179-1-P	182	179	T	6	Lienz	Schlaiten	12°37'50"	46°53'20"
6-180-1-P	183	180	K	6	Spittal	Mörtschach	12°55'	46°55'30"
6-180-2-H	184	180	T	6	Lienz	Nikolsdorf	12°55'10"	46°47'25"
6-181-1-P	185	181	K	6	Spittal	Oberveillach	13°12'25"	46°56'20"
6-181-2-P	186	181	K	6	Spittal	Greifenburg	13°10'15"	46°46"
6-182-1-P	187	182	K	6	Spittal	Eisentratten	13°34'	46°56'30"
6-183-1-HP	188	183	K	6	Spittal	Radenthein	13°45'	46°49'
6-184-1-P	189	184	K	6	Feldkirchen	Patergassen	13°52'	46°49'40"
6-185-1-P	190	185	K	6	St.Veit	Weitensfeld	14°13'	46°51'25"
6-186-1-P	191	186	K	6	St.Veit	Pöckstein	14°26'30"	46°53'20"
6-187-1-P	192	187	K	6	Wolfsberg	Wolfsberg	14°41'25"	46°51'30"

EndNr.	K.Nr.	ÖK	Bdl.	Reg.	Bez.	Gem.	Länge	Breite
6-188-1-P	193	188	K	6	Wolfsberg	Theißenegg	14°54'03"	46°54'17"
6-189-1-P	194	189	St	6	Deutschlandsberg	Trahtütten	15°07'54"	46°49'42"
3-190-1-P	195	190	St	3	Leibnitz	Wildon	15°31'05"	46°52'22"
3-190-2-P	196	190	St	3	Leibnitz	Kaindorf	15°30'34"	46°47'19"
3-191-1-P	197	191	St	3	Feldbach	Kirchberg/Raab	15°46"	46°58'20"
3-192-1-P	198	192	St	3	Feldbach	Stainz	15°55'06"	46°49'20"
3-193-1-P	199	193	B	3	Jennersdorf	St.Martin/Raab	16°05'28"	46°54'40"
7-196-1-H	200	196	T	7	Lienz	Obertilliach	12°35'50"	46°42'10"
7-197-1-P	201	197	K	7	Hermagor	St.Jakob/Lesachtal	12°55"	46°41'30"
7-197-2-H	202	197	K	7	Hermagor	Dellach/Gailtal	13°03'40"	46°38'50"
7-198-1-P	203	198	K	7	Hermagor	Gundersheim	13°08'10"	46°37'40"
7-198-2-P	204	198	K	7	Hermagor	Tröpolach	13°17'	46°33'40"
7-199-1-P	205	199	K	7	Hermagor	Vorderberg	13°29'30"	46°35'40"
6-200-1-P	206	200	K	6	Villach-Land	Fresach	13°40'30"	46°43'10"
7-200-2-P	207	200	K	7	Villach-Land	Wertschach	13°36'10"	46°37"
7-201-1-P	208	201	K	7	Villach-Land	Velden	14°04'20"	46°38'20"
7-202-1-P	209	202	K	7	Klagenfurt-Land	Klagenfurt	14°17'15"	46°41'10"
7-203-1-P	210	203	K	7	Völkermarkt	Sittersdorf	14°33'30"	46°32'30"
7-204-1-P	211	204	K	7	Völkermarkt	Völkermarkt	14°39'	46°41'10"
7-204-2-P	212	204	K	7	Völkermarkt	Globasnitz	14°42'40"	46°32'10"
6-205-1-P	213	205	K	6	Wolfsberg	Lavamünd	15°00'10"	46°40'50"
3-206-1-P	214	206	St	3	Deutschlandsberg	Großradl	15°15'17"	46°39'16"
3-207-1-P	215	207	St	3	Leibnitz	Schloßberg	15°30'21"	46°37'30"
3-208-1-P	216	208	St	3	Radkersburg	Weinburg/Saßbach	15°41'46"	46°44'47"
7-211-1-H	217	211	K	7	Klagenfurt-Land	Feistritz/Rosental	14°09'30"	46°29'40"
7-212-1-P	218	212	K	7	Klagenfurt-Land	Zell-Pfarre	14°23'10"	46°28'
7-213-1-HP	219	213	K	7	Völkermarkt	Eisenkappel	14°39'	46°27'30"

EndNr.	See- höhe	Standort	Soziologie	Art	WBS	SM92/ PW/IP
1-5-1-P	500	Lichtung	Fichtenwald	Pleurozium		
1-6-1-P	620	Lichtung	Fichten-Buchen-Tannen	Pleurozium	3E+05	PW3/IP
1-7-1-P	580	Lichtung	Fichten-Tannen	Pleurozium	3E+05	
1-8-1-P	540	Lichtung	Rotföhrenmischforst	Pleurozium	3E+05	
2-9-1-A	420	Trockenrasen	Silikat-TR	Abietinella		S3
2-9-1-R	420	Trockenrasen	Silikat-TR	Rhytidium		S3
2-11-1-A	330	Trockenrasen	Kalk-TR	Abietinella		
2-11-1-HP	330	Trockenrasen	Kalk-TR	Hypnum		
1-13-1-HP	700	Lichtung	Mischwald	Hypnum	4E+05	
1-14-1-P	960	Lichtung	Fichtenwald	Pleurozium	4E+05	S4/PW1
1-14-2-P	550	Waldrand	Fichten-Tannenwald	Pleurozium		
1-15-1-P	640	Lichtung	Eichen-Buchen	Pleurozium	4E+05	
1-16-1-P	720	Lichtung	Rotföhrenwald	Pleurozium	4E+05	
1-17-1-P	870	Moor	Rote Bultmoosgesellschaft	Pleurozium		WADOS
1-18-1-P	590	Rain	Reitgrasflur-Bestand	Pleurozium		
1-18-2-P	950	Moor	Rote Bultmoosgesellschaft	Pleurozium		S5
1-19-1-P	610	Lichtung	Fichtenwald	Pleurozium	3E+05	
1-20-1-P	570	Lichtung	Fichtenwald	Pleurozium		
1-20-2-P	540	Lichtung	Rotföhren-Eichen	Pleurozium	3E+05	
1-21-1-P	520	Lichtung	Fichten-Rotföhrenforst	Pleurozium	3E+05	
2-22-1-A	320	Trockenrasen	Furchenschwingel-TR	Abietinella		
2-23-1-A	310	Trockenrasen	Kalk-TR	Abietinella		
2-24-1-HP	240	Lichtung	Eichenwald	Hypnum	3E+05	
2-24-2-A	350	Trockenrasen	Kalk-TR	Abietinella		S6
2-24-2-HP	350	Trockenrasen	Kalk-TR	Hypnum		S6
2-25-1-A	280	Trockenrasen	Löß-TR	Abietinella		
2-25-1-HP	280	Trockenrasen	Löß-TR	Hypnum		
2-26-1-A	170	Lichtung	Rotföhrenforst	Pleurozium		
4-28-1-P	370	Lichtung	Fichtenforst	Pleurozium		
4-29-1-HP	400	Lichtung	Fichten-Tannenforst	Hypnum	4E+05	
1-30-1-P	605	Lichtung	Fichten-Buchenwald	Pleurozium	4E+05	
4-31-1-HP	410	Lichtung	Fichtenforst	Hypnum		
1-32-1-P	530	Lichtung	Fichtenwald	Pleurozium	4E+05	
1-33-1-P	480	Lichtung	Eichen-Rotföhrenwald	Pleurozium	4E+05	
1-34-1-P	360	Waldrand	Rotföhren-Eichen	Pleurozium	4E+05	PW4
1-35-1-P	880	Waldrand	Fichtenwald	Pleurozium	4E+05	
1-36-1-P	860	Schlagfläche	Fichtenforst	Pleurozium	3E+05	PW5/IP
1-37-1-P	500	Lichtung	Rotföhren-Buchenwald	Pleurozium	3E+05	
2-38-1-HP	185	Ufer	Totholz/Weidengebüsch	Hypnum	3E+05	
4-39-1-A	260	Trockenrasen	Trespenwiese	Abietinella		WADOS
2-40-1-A	260	Trockenrasen	Furchenschwingel-TR	Abietinella		
2-41-1-A	260	Trockenrasen	Sand-TR	Abietinella		
2-42-1-A	200	Trockenrasen	Furchenschwingel-TR	Abietinella		

EndNr.	See- höhe	Standort	Soziologie	Art	WBS	SM92/ PW/IP
2-43-1-A	140	Trockenrasen	Alkali-Rasensteppe	Abietinella		
2-43-1-HP	140	Trockenrasen	Alkali-Rasensteppe	Hypnum		
4-44-1-HP	420	Lichtung	Buchenwald	Hypnum	4E+05	
4-45-1-P	390	Lichtung	Fichtenforst	Pleurozium	4E+05	
4-45-2-P	460	Lichtung	Fichten-Föhrenforst	Pleurozium	4E+05	IP
4-46-1-P	540	Lichtung	Fichten-Buchenwald	Pleurozium		
4-47-1-P	650	Lichtung	Mischwald	Pleurozium		
4-47-2-P	690	Lichtung	Buchenmischwald	Pleurozium	4E+05	PW6
4-48-1-P	500	Lichtung	Fichten-Buchenwald	Pleurozium	4E+05	
4-49-1-P	340	Lichtung	Pappel-Auwald	Pleurozium		
4-50-1-P	375	Lichtung	Fichten-Buchenwald	Pleurozium		
4-51-1-HP	360	Lichtung	Fichten-Föhrenforst	Hypnum	3E+05	
4-52-1-HP	235	Lichtung	Pappelauwald	Hypnum	4E+05	
4-53-1-HP	320	Lichtung	Buchen-Fichtenforst	Hypnum	3E+05	
4-54-1-HP	325	Lichtung	Fichten-Rotföhrenforst	Hypnum	3E+05	
5-55-1-HP	680	Lichtung	Fichten-Buchenwald	Hypnum	3E+05	
4-56-1-HP	390	Lichtung	Buchen-Fichtenwald	Hypnum	3E+05	
5-57-1-HP	520	Lichtung	Buchenwald	Hypnum	3E+05	IP
5-57-2-A	520	Lichtung	Buchenwald	Abietinella		
5-57-2-H	520	Lichtung	Buchenwald	Hylocomium		
2-58-1-A	340	Trockenrasen	Kalk-TR	Abietinella		S11
2-58-1-HP	340	Trockenrasen	Kalk-TR	Hypnum		S11
2-58-1-R	340	Trockenrasen	Kalk-TR	Rhytidium		S11
2-59-1-A	220	Trockenrasen	Fiederzwenken-TR	Abietinella		
2-60-1-A	145	Trockenrasen	Ruderalisierter TR	Abietinella		
2-61-1-A	170	Trockenrasen	Fiederzwenken TR	Abietinella	3E+05	
4-63-1-H	403	Lichtung	Laubmischwald	Hylocomium	5E+05	
4-64-1-HP	640	Lichtung	Mischwald	Hypnum	5E+05	
5-65-1-HP	890	Lichtung	Mischwald	Hypnum	4E+05	IP
5-66-1-HP	910	Lichtung	Mischwald	Hypnum	4E+05	
5-67-1-HP	760	Lichtung	Laubmischwald	Hypnum	4E+05	
5-68-1-P	1.055	Weide	Weide	Pleurozium		S12/4
5-69-1-HP	850	Lichtung	Buchenmischwald	Hypnum		PW7/IM
5-69-1-H	850	Lichtung	Buchenmischwald	Hylocomium		PW7/IM
5-70-1-P	730	Lichtung	Buchen-Fichtenwald	Pleurozium	4E+05	
5-71-1-HP	700	Lichtung	Buchenmischwald	Hypnum	3E+05	PW8
5-72-1-H	1.140	Lichtung	Buchenmischwald	Hylocomium	6E+05	
5-73-1-P	1.025	Lichtung	Buchenmischwald	Pleurozium		
5-74-1-P	815	Lichtung	Fichten-Lärchenforst	Pleurozium	3E+05	PW9
5-74-2-HP	600	Weide	Epiphyt	Hypnum		WADOS
5-74-2-P	660	Waldrand	Buchenmischwald	Pleurozium		WADOS
5-75-1-P	740	Waldrand	Kalkmagerrasen	Pleurozium	3E+05	
5-75-2-HP	900	Schlag	Fichten-Buchenforst	Hypnum	3E+05	

EndNr.	See- höhe	Standort	Soziologie	Art	WBS	SM92/ PW/IP
6-76-1-P	385	Lichtung	Föhren-Eichenwald	Pleurozium	1E+05	IP
2-77-1-A	230	Trockenrasen	Kalk-TR	Abietinella		
2-77-1-HP	230	Trockenrasen	Kalk-TR	Hypnum	1E+05	
2-78-1-A	150	Trockenrasen	Kalk-TR	Abietinella		S15
2-78-1-HP	150	Trockenrasen	Kalk-TR	Hypnum		S15
2-79-1-HP	130	Trockenrasen	Fiedergras-TR	Hypnum		
4-82-1-P	665	Niedermoor	Pfeifengraswiese	Pleurozium		
5-84-1-H	1.180	Waldrand	Buchen-Fichtenwald	Hylocomium	7E+05	PW10
5-85-1-P	820	Hochmoor	Rote Bultmoosgesellschaft	Pleurozium		S16
5-88-1-H	915	Lichtung	Buchenmischwald	Hylocomium		W, S17/1, PW11-13
5-89-1-H	900	Lichtung	Buchenmischwald	Hylocomium	7E+05	
5-90-1-H	860	Lichtung	Mischwald	Hylocomium	7E+05	
5-91-1-H	730	Lichtung	Mischwald	Hylocomium	7E+05	
5-92-1-HP	630	Schlag	Mischwald	Hypnum	5E+05	
5-94-1-H	980	Zwergstrauchheide	Heidelbeer-Gebüsch	Hylocomium		WADOS
5-95-1-H	980	Lichtung	Mischwald	Hylocomium	5E+05	S20
5-96-1-H	860	Lichtung	Buchen-Tannenwald	Hylocomium		
5-97-1-HP	1.320	Lichtung	Buchen-Tannenwald	Hypnum	6E+05	
5-98-1-H	1.150	Lichtung	Buchen-Tannenwald	Hylocomium	4E+05	
5-99-1-P	855	Schlag	Fichtenforst	Pleurozium	6E+05	PW16
5-100-1-H	630	Zwergstrauchheide	Alpenrosen-Gebüsch	Hylocomium	6E+05	
5-101-1-P	880	Waldrand	Fichtenforst	Pleurozium	6E+05	
5-102-1-H	1.270	Lichtung	Fichtenwald	Hylocomium	6E+05	
6-103-1-P	1.100	Lichtung	Fichtenforst	Pleurozium	6E+05	
6-104-1-P	1.000	Schlag	Fichtenforst	Pleurozium		S21
6-104-2-P	1.500	Zwergstrauchheide	Heidelbeer-Gebüsch	Pleurozium	6E+05	PW15
6-105-1-P	900	Lichtung	Fichtenforst	Pleurozium	3E+05	
6-106-1-P	565	Lichtung	Fichten-Föhrenforst	Pleurozium	3E+05	IP
3-107-1-P	340	Rain	Reitgras-Bestand	Pleurozium	1E+05	
3-108-1-HP	220	Schlag	Eichenforst	Hypnum		
2-109-1-HP	110	Trockenrasen	Sand-TR	Hypnum		S22
5-111-1-HP	790	Lichtung	Buchen-Tannenwald	Hypnum	8E+05	
5-111-2-H	1.005	Lichtung	Buchenwald	Hylocomium	8E+05	
5-112-1-H	1.325	Lichtung	Mischwald	Hylocomium	8E+05	IP
5-112-2-P	1.040	Schuttflur	Schuttflur	Hylocomium		S23
5-113-1-P	1.020	Lichtung	Buchen-Fichtenwald	Pleurozium	8E+05	
5-114-1-P	1.200	Lichtung	Fichtenforst	Pleurozium	7E+05	
5-115-1-H	1.120	Lichtung	Fichtenforst	Hylocomium	7E+05	
5-115-2-H	1.020	Lichtung	Eichen-Rotföhrenwald	Hylocomium	7E+05	
5-116-1-H	1.040	Lichtung	Fichten-Lärchenwald	Hylocomium	7E+05	IP
5-117-1-H	1.045	Lichtung	Rotföhrenwald	Hylocomium	7E+05	
5-118-1-H	1.120	Lichtung	Mischwald	Hylocomium	7E+05	

EndNr.	See- höhe	Standort	Soziologie	Art	WBS	SM92/ PW/IP
5-118-2-H	800	Lichtung	Fichtenforst	Hylocomium		
6-119-1-H	1.120	Lichtung	Fichtenwald	Hylocomium	7E+05	
5-120-1-P	620	Lichtung	Fichtenwald	Pleurozium		
6-120-2-P	730	Lichtung	Fichtenwald	Pleurozium	7E+05	PW18/IP
6-121-1-H	1.130	Schlag	Fichtenforst	Hylocomium	7E+05	
6-122-1-P	820	Lichtung	Buchenmischwald	Pleurozium		S24
6-122-2-P	1.160	Lichtung	Fichtenwald	Pleurozium	7E+05	IP
6-123-1-H	1.180	Lichtung	Fichtenforst	Hylocomium	5E+05	
6-124-1-P	1.390	Lichtung	Fichten-Buchenwald	Pleurozium	5E+05	
5-125-1-H	1.000	Lichtung	Buchen-Tannenwald	Hylocomium		WADOS
6-125-2-H	1.300	Lichtung	Fichten-Lärchenwald	Hylocomium		
5-126-1-H	960	Lichtung	Fichten-Tannenwald	Hylocomium	5E+05	IP
6-126-2-H	1.080	Lichtung	Fichten-Buchenwald	Hylocomium	5E+05	
6-127-1-H	1.500	Lichtung	Fichtenwald	Hylocomium	6E+05	
6-128-1-P	1.190	Schlag	Zwergstrauchheide	Pleurozium		
6-129-1-H	810	Schlag	Zwergstrauchheide	Hylocomium		S25
6-130-1-P	1.370	Lichtung	Fichten-Buchenwald	Pleurozium	6E+05	
6-131-1-P	1.340	Lichtung	Fichtenwald	Pleurozium	6E+05	
5-132-1-H	1.080	Lichtung	Fichten-Lärchenforst	Hylocomium		S26
6-133-1-P	960	Lichtung	Fichten-Buchenwald	Pleurozium	6E+05	IP
6-134-1-P	1.180	Lichtung	Bürstlingsrasen	Pleurozium		
6-135-1-P	595	Waldrand		Pleurozium		S27
6-136-1-P	860	Schlag	Fichtenforst	Pleurozium	6E+05	
3-136-2-P	420	Lichtung	Fichtenforst	Pleurozium	6E+05	
6-137-1-P	720	Lichtung	Fichten-Föhrenforst	Pleurozium	1E+05	
3-138-1-HP	290	Lichtung	Eichenwald	Hypnum	1E+05	IP
6-138-2-P	345	Lichtung	Föhrenforst	Pleurozium		S29
5-141-1-H	1.090	Lichtung	Mischwald	Hylocomium	8E+05	
5-142-1-H	635	Lichtung	Föhrenwald	Hylocomium		S30
5-143-1-H	1.180	Lichtung	Fichten-Latschenwald	Hylocomium		S31
6-143-2-H	1.560	Lichtung	Fichtenwald	Hylocomium		
6-144-1-H	1.320	Lichtung	Fichtenwald	Hylocomium		
6-145-1-P	1.590	Waldrand	Fichten-Lärchenwald	Pleurozium	7E+05	
6-146-1-P	700	Lichtung	Rotföhrenwald	Pleurozium		S33
6-146-2-P	1.210	Lichtung	Fichtenwald	Pleurozium		S32
6-147-1-P	1.510	Lichtung	Fichten-Lärchenwald	Pleurozium	7E+05	
6-147-2-P	1.640	Schlag	Fichten-Lärchenwald	Pleurozium	7E+05	PW17
6-150-1-P	1.180	Waldrand	Trockenwiese	Pleurozium		S34
6-151-1-P	1.650	Zwergstrauchheide	Alpenrosen-Gebüsch	Pleurozium		
6-152-1-P	1.320	Waldrand	Zwergstrauchheide	Pleurozium	7E+05	
6-153-1-P	1.080	Waldrand	Bürstlingsrasen	Pleurozium	5E+05	
6-154-1-P	1.395	Lichtung	Fichtenforst	Pleurozium		S35/P8
6-155-1-P	1.550	Lichtung	Fichtenwald	Hylocomium	5E+05	PW19

EndNr.	See- höhe	Standort	Soziologie	Art	WBS	SM92/ PW/P
6-156-1-H	1.370	Schlag	Fichtenwald	Hylocomium	5E+05	
6-157-1-H	1.380	Lichtung	Fichtenforst	Hylocomium	5E+05	
6-157-2-H	1.170	Lichtung	Fichtenforst	Hylocomium		WADOS
6-158-1-H	1.400	Schlag	Brombeer-Gebüsch	Hylocomium		
6-158-2-H	1.190	Lichtung	Lärchen-Fichtenwald	Hylocomium	6E+05	
6-159-1-H	1.350	Lichtung	Fichten-Lärchenwald	Hylocomium	6E+05	
6-160-1-H	1.150	Lichtung	Fichten-Lärchenwald	Hylocomium	6E+05	PW20
6-160-2-H	1.030	Lichtung	Buchen-Fichtenforst	Hylocomium		S36
6-161-1-P	930	Lichtung	Fichtenforst	Pleurozium	4E+05	
6-162-1-P	840	Lichtung	Fichtenwald	Pleurozium	6E+05	
6-162-2-P	1.500	Subalpine Rasen	Bürstlingsrasen	Pleurozium	6E+05	
6-163-1-P	510	Lichtung	Buchen-Föhrenwald	Pleurozium	6E+05	
6-164-1-P	880	Lichtung	Fichten-Föhrenforst	Pleurozium	6E+05	
3-165-1-P	505	Schlag	Nadelforst	Pleurozium	6E+05	PW21
3-166-1-P	360	Lichtung	Föhrenforst	Pleurozium	6E+05	
3-167-1-P	300	Lichtung	Buchenwald	Pleurozium	1E+05	
3-168-1-P	260	Lichtung	Föhrenforst	Pleurozium		
6-169-1-H	1.640	Zwergstrauchheide	Alpenrosen-Gebüsch	Hylocomium	8E+05	
6-169-2-P	1.520	Zwergstrauchheide	Alpenrosen-Gebüsch	Pleurozium		S37pp
6-171-1-H	1.340	Lichtung	Fichtenwald	Hylocomium	7E+05	
6-173-1-P	1.840	Lichtung	Lärchen-Fichtenwald	Pleurozium	7E+05	
6-178-1-P	1.440	Lichtung	Fichtenwald	Pleurozium	7E+05	
6-178-2-P	1.780	Schlag	Arnika-Wiese	Pleurozium	7E+05	PW22
6-179-1-P	1.320	Waldrand	Heidelbeer-Gebüsch	Pleurozium	7E+05	
6-180-1-P	1.180	Lichtung	Fichtenwald	Pleurozium		
6-180-2-H	1.050	Waldrand	Heidelbeer-Gebüsch	Hylocomium	7E+05	
6-181-1-P	1.030	Lichtung	Fichtenforst	Pleurozium	2E+05	
6-181-2-P	1.180	Lichtung	Fichten-Tannenwald	Pleurozium	2E+05	IP
6-182-1-P	1.420	Lichtung	Fichtenforst	Pleurozium	2E+05	
6-183-1-HP	1.590	Lichtung	Fichten-Lärchenwald	Hypnum	2E+05	
6-184-1-P	1.070	Lichtung	Fichtenwald	Pleurozium		S38
6-185-1-P	1.020	Lichtung	Fichten-Föhrenwald	Pleurozium	2E+05	
6-186-1-P	700	Waldrand	Fichtenforst	Pleurozium	2E+05	
6-187-1-P	1.420	Waldrand	Fichtenwald	Pleurozium	2E+05	PW24
6-188-1-P	1.150	Lichtung	Lärchen-Fichtenforst	Pleurozium	2E+05	
6-189-1-P	970	Schlag	Fichtenforst	Pleurozium		S39
3-190-1-P	500	Lichtung	Fichten-Buchenforst	Pleurozium	6E+05	
3-190-2-P	370	Lichtung	Laubmischwald	Pleurozium		WADOS
3-191-1-P	370	Lichtung	Fichten-Tannenforst	Pleurozium		
3-192-1-P	370	Lichtung	Buchen-Föhrenwald	Pleurozium		S40
3-193-1-P	340	Lichtung	Fichtenforst	Pleurozium	1E+05	
7-196-1-H	1.550	Waldrand	Heidelbeer-Gebüsch	Hylocomium	7E+05	
7-197-1-P	970	Waldrand	Fichten-Lärchenwald	Pleurozium		S41

EndNr.	See- höhe	Standort	Soziologie	Art	WBS	SM92/ PW/IP
7-197-2-H	750	Lichtung	Fichten-Tannen- Buchenwald	Hylocomium		
7-198-1-P	950	Waldrand	Fichten-Tannen- Buchenwald	Pleurozium		
7-198-2-P	1.580	Waldrand	Fichten-Lärchenwald	Pleurozium		WADOS
7-199-1-P	730	Lichtung	Fichten-Tannen- Buchenwald	Pleurozium	2E+05	
6-200-1-P	740	Lichtung	Fichten-Buchenwald	Pleurozium	2E+05	IP
7-200-2-P	1.070	Lichtung	Fichten-Föhrenforst	Pleurozium	2E+05	PW23
7-201-1-P	650	Lichtung	Fichten-Föhrenwald	Pleurozium	2E+05	
7-202-1-P	560	Lichtung	Fichtenforst	Pleurozium	2E+05	
7-203-1-P	470	Lichtung	Rotföhrenwald	Pleurozium		S 43
7-204-1-P	540	Lichtung	Föhrenwald	Pleurozium	2E+05	
7-204-2-P	760	Lichtung	Fichten-Buchenwald	Pleurozium	2E+05	
6-205-1-P	1.330	Lichtung	Fichtenforst	Pleurozium	2E+05	
3-206-1-P	760	Waldrand	Heidekrautflur	Pleurozium	6E+05	
3-207-1-P	670	Wiese	Bürstlingsrasen	Pleurozium	6E+05	PW25/IP
3-208-1-P	260	Lichtung	Buchenmischwald	Pleurozium	6E+05	
7-211-1-H	820	Lichtung	Buchenwald	Hylocomium		
7-212-1-P	1.060	Lichtung	Fichtenwald	Pleurozium	2E+05	
7-213-1-HP	850	Schlag	Buchenwald	Hypnum		

Anhang 2: Flächendeposition an Standorten mit Daten zur annuellen Biomasse der Monitoringarten.

Aufn.Nr = Aufnahmenummer der Gesamttabelle im Anhang entsprechend;

A = gemessener annueller Biomassezuwachs;

A* = aus dem Gesamtdatensatz gemittelter Biomassezuwachs der einzelnen Arten;

% Abw. = prozentuelle Abweichung des Depositionswertes errechnet aus gemittelten bzw. tatsächlich gemessenen Biomassezuwächsen;

 $\mu\text{g/g}$ = Konzentration pro g Trockengewicht Moos;

 $\mu\text{g/m}^2/\text{yr}$ = Depositionswert errechnet aus echten Biomassedaten;

 $\mu\text{g/m}^2/\text{yr}^*$ = Depositionswert errechnet aus gemittelten Biomassedaten;

E = Effizienzfaktor.

Aufn.Nr	A	A*	% Abw.	Pb (E = 100 %)			V (E = 51 %)			Zn (E = 63 %)		
				$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/m}^2/\text{yr}$	$\mu\text{g/m}^2/\text{yr}^*$	$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/m}^2/\text{yr}$	$\mu\text{g/m}^2/\text{yr}^*$	$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/m}^2/\text{yr}$	$\mu\text{g/m}^2/\text{yr}^*$
2-9-1A	96,7	144,0	148,91	19,4	1.876,0	2.793,6	2,8	530,9	790,6	36	5.525,7	8.228,6
2-11-1A	213,0	144,0	67,61	9,6	2.044,8	1.382,4	3,2	1.336,5	903,5	25	8.452,4	5.714,3
2-22-1A	193,0	144,0	74,61	10,2	1.968,6	1.468,8	4,1	1.551,6	1.157,6	37	11.334,9	8.457,1
4-39-1A	115,5	144,0	124,68	11,9	1.374,5	1.713,6	3,1	702,1	875,3	34	6.233,3	7.771,4
2-40-1A	140,0	144,0	102,86	8,8	1.232,0	1.267,2	3,5	960,8	988,2	30	6.666,7	6.857,1
2-61-1A	103,3	144,0	139,40	16,7	1.725,1	2.404,8	7,8	1.579,9	2.202,4	40	6.558,7	9.142,9
2-77-1A	100,0	144,0	144,00	18,9	1.890,0	2.721,6	4,1	803,9	1.157,6	36	5.714,3	8.228,6
5-88-1H	239,4	127,0	53,05	11,1	2.657,3	1.409,7	1,6	751,1	398,4	32	12.160,0	6.450,8
5-94-1H	131,0	127,0	96,95	5,5	720,5	698,5	1,0	256,9	249,0	24	4.990,5	4.838,1
5-118-1H	92,1	127,0	137,89	11,4	1.049,9	1.447,8	1,4	252,8	348,6	48	7.017,1	9.676,2
5-125-1H	112,0	127,0	113,39	13,1	1.467,2	1.663,7	1,2	263,5	298,8	38	6.755,6	7.660,3
5-141-1H	103,2	127,0	123,06	18,0	1.857,6	2.286,0	1,8	364,2	448,2	55	9.009,5	11.087,3
6-143-1H	260,1	127,0	48,83	8,3	2.158,8	1.054,1	1,2	612,0	298,8	30	12.385,7	6.047,6
6-157-2H	76,0	127,0	167,11	4,4	334,4	558,8	1,1	163,9	273,9	22	2.654,0	4.434,9
2-24-1HP	170,9	188,0	110,01	9,5	1.623,6	1.786,0	1,7	569,7	626,7	26	7.053,0	7.758,7
2-24-2HP	230,6	188,0	81,53	9,5	2.190,7	1.786,0	1,7	768,7	626,7	26	9.516,8	7.758,7
4-53-1HP	92,9	188,0	202,37	16,4	1.523,6	3.083,2	1,6	291,5	589,8	41	6.045,9	12.234,9
4-56-1HP	115,4	188,0	162,91	11,3	1.304,0	2.124,4	1,4	316,8	516,1	36	6.594,3	10.742,9
5-74-2HP	212	188,0	88,68	7,2	1.526,4	1.353,6	1,1	457,3	405,5	44	14.806,3	13.130,2
2-78-1HP	208	188,0	90,38	10,6	2.204,8	1.992,8	2,4	978,8	884,7	30	9.904,8	8.952,4
2-79-1HP	243,0	188,0	77,37	9,6	2.332,8	1.804,8	3,0	1.429,4	1.105,9	25	9.642,9	7.460,3
2-109-1HP	134,0	188,0	140,30	8,3	1.112,2	1.560,4	2,6	683,1	958,4	30	6.381,0	8.952,4
1-5-1P	147,3	161,0	109,30	8,1	1.193,1	1.304,1	1,4	404,4	442,0	28	6.546,7	7.155,6
1-6-1P	181,0	161,0	88,95	11,6	2.099,6	1.867,6	2,3	816,3	726,1	37	10.630,2	9.455,6
1-7-1P	100,0	161,0	161,00	12,5	1.250,0	2.012,5	2,0	392,2	631,4	37	5.873,0	9.455,6
1-8-1P	133,0	161,0	121,05	8,1	1.077,3	1.304,1	2,2	573,7	694,5	31	6.544,4	7.922,2
1-14-1P	181,0	161,0	88,95	8,0	1.448,0	1.288,0	0,9	319,4	284,1	28	8.044,4	7.155,6
1-14-2P	184,0	161,0	87,50	7,2	1.324,8	1.159,2	1,2	432,9	378,8	28	8.177,8	7.155,6
1-17-1P	251,6	161,0	63,99	7,5	1.887,0	1.207,5	1,4	690,7	442,0	25	9.984,1	6.388,9
1-18-1P	175,8	161,0	91,58	6,4	1.125,1	1.030,4	2,4	827,3	757,6	29	8.092,4	7.411,1
1-18-2P	254,2	161,0	63,34	8,9	2.262,4	1.432,9	1,2	598,1	378,8	34	13.718,7	8.688,9
1-19-1P	201,0	161,0	80,10	8,2	1.648,2	1.320,2	1,5	591,2	473,5	27	8.614,3	6.900,0
1-20-1P	212,0	161,0	75,94	10,7	2.268,4	1.722,7	1,9	789,8	599,8	35	11.777,8	8.944,4
1-20-2P	143,7	161,0	112,04	9,6	1.379,5	1.545,6	2,1	591,7	662,9	32	7.299,0	8.177,8
1-32-1P	234,0	161,0	68,80	6,6	1.544,4	1.062,6	2,8	1.284,7	883,9	30	11.142,9	7.666,7

Aufn.Nr	A	*A	% Ab.w	Pb (E=100 %)			V (E=51 %)			Zn (E=53 %)		
				µg/g	µg/m²/yr	*µg/m²/yr	µg/g	µg/m²/yr	*µg/m²/yr	µg/g	µg/m²/yr	*µg/m²/yr
1-33-1P	158,3	161,0	101,71	9,8	1.551,3	1.577,8	1,5	465,6	473,5	60	15.076,2	15.333,3
1-35-1P	141,4	161,0	113,86	7,8	1.102,9	1.255,8	1,2	332,7	378,8	30	6.733,3	7.666,7
1-36-1P	196,0	161,0	82,14	9,5	1.862,0	1.529,5	2,1	807,1	662,9	32	9.955,6	8.177,8
5-70-1P	148,8	161,0	108,20	10,3	1.532,6	1.658,3	1,5	437,6	473,5	22	5.196,2	5.622,2
5-73-1P	195,4	161,0	82,40	8,4	1.641,4	1.352,4	1,3	498,1	410,4	32	9.925,1	8.177,8
5-74-2P	177,0	161,0	90,96	7,3	1.292,1	1.175,3	1,1	381,8	347,3	26	7.304,8	6.644,4
4-82-1P	236,5	161,0	68,08	10,6	2.506,9	1.706,6	1,3	602,8	410,4	46	17.268,3	11.755,6
6-105-1P	157,0	161,0	102,55	11,6	1.821,2	1.867,6	1,4	431,0	442,0	32	7.974,6	8.177,8
6-120-2P	89,0	161,0	180,90	18,2	1.619,8	2.930,2	0,9	157,1	284,1	65	9.182,5	16.611,1
6-134-1P	232,0	161,0	69,40	8,1	1.879,2	1.304,1	1,0	454,9	315,7	28	10.311,1	7.155,6
6-162-1P	144,0	161,0	111,81	8,0	1.152,0	1.288,0	1,1	310,6	347,3	34	7.771,4	8.688,9
3-190-2P	109,0	161,0	147,71	18,3	1.994,7	2.946,3	1,8	384,7	568,2	30	5.190,5	7.666,7
7-198-2P	111,0	161,0	145,05	10,2	1.132,2	1.642,2	1,7	370,0	536,7	44	7.752,4	11.244,4
6-200-1P	96,0	161,0	167,71	7,8	748,8	1.255,8	1,1	207,1	347,3	36	5.485,7	9.200,0
3-208-1P	232,0	161,0	69,40	10,0	2.320,0	1.610,0	1,3	591,4	410,4	38	13.993,7	9.711,1

Aufn.Nr	Fe (E=60 %)			Cu (E=57 %)			Cr (E=67 %)			Ni (E=50 %)		
	µg/g	µg/m²/yr	*µg/m²/yr	µg/g	µg/m²/yr	*µg/m²/yr	µg/g	µg/m²/yr	*µg/m²/yr	µg/g	µg/m²/yr	*µg/m²/yr
2-9-1A	1.050	169.225,0	252.000,0	7,9	1.340,2	1.995,8	2,1	303,1	451,3	3,7	715,6	1.065,6
2-11-1A	790	280.450,0	189.600,0	5,2	1.943,2	1.313,7	1,5	476,9	322,4	1,8	766,8	518,4
2-22-1A	2.220	714.100,0	532.800,0	7,2	2.437,9	1.818,9	3,2	921,8	687,8	3,7	1.428,2	1.065,6
4-39-1A	1.640	315.700,0	393.600,0	6,4	1.296,8	1.616,8	3,5	603,4	752,2	3,0	693,0	864,0
2-40-1A	1.510	352.333,3	362.400,0	5,4	1.326,3	1.364,2	2,5	522,4	537,3	2,6	728,0	748,8
2-61-1A	940	161.836,7	225.600,0	5,9	1.069,2	1.490,5	1,7	262,1	365,4	3,0	619,8	864,0
2-77-1A	1.540	256.666,7	369.600,0	6,4	1.122,8	1.616,8	2,5	373,1	537,3	3,1	620,0	892,8
5-88-1H	270	107.730,0	57.150,0	7,0	2.940,0	1.559,6	0,6	214,4	113,7	0,9	430,9	228,6
5-94-1H	210	45.850,0	44.450,0	4,4	1.011,2	980,4	0,5	97,8	94,8	0,7	183,4	177,8
5-118-1H	270	41.445,0	57.150,0	6,9	1.114,9	1.537,4	0,6	82,5	113,7	0,7	128,9	177,8
5-125-1H	290	54.133,3	61.383,3	7,2	1.414,7	1.604,2	0,6	100,3	113,7	1,4	313,6	355,6
5-141-1H	340	58.480,0	71.966,7	8,0	1.448,4	1.782,5	0,7	107,8	132,7	1,1	227,0	279,4
6-143-1H	280	121.380,0	59.266,7	5,1	2.327,2	1.136,3	0,6	232,9	113,7	0,7	364,1	177,8
6-157-2H	490	62.066,7	103.716,7	4,2	560,0	935,8	0,8	90,7	151,6	0,9	136,8	228,6
2-24-1HP	510	145.265,0	159.800,0	4,9	1.469,1	1.616,1	1,0	255,1	280,6	2,4	820,3	902,4
2-24-2HP	510	196.010,0	159.800,0	4,9	1.982,4	1.616,1	1,0	344,2	280,6	2,4	1.106,9	902,4
4-53-1HP	660	102.190,0	206.800,0	6,3	1.026,8	2.077,9	1,5	208,0	420,9	2,5	464,5	940,0
4-56-1HP	460	88.473,3	144.133,3	6,3	1.275,5	2.077,9	1,0	172,2	280,6	2,9	669,3	1.090,4
5-74-2HP	310	109.533,3	97.133,3	4,5	1.673,7	1.484,2	0,7	221,5	196,4	0,8	339,2	300,8
2-78-1HP	890	308.533,3	278.866,7	5,6	2.043,5	1.847,0	1,3	403,6	364,8	1,4	582,4	526,4
2-79-1HP	930	376.650,0	291.400,0	5,1	2.174,2	1.682,1	1,4	507,8	392,8	2,1	1.020,6	789,6
2-109-1HP	1.280	285.866,7	401.066,7	5,2	1.222,5	1.715,1	2,3	460,0	645,4	2,0	536,0	752,0
1-5-1P	300	73.650,0	80.500,0	6,7	1.731,4	1.892,5	0,8	175,9	192,2	1,8	530,3	579,6
1-6-1P	480	144.800,0	128.800,0	6,7	2.127,5	1.892,5	1,3	351,2	312,4	2,1	760,2	676,2
1-7-1P	520	86.666,7	139.533,3	9,2	1.614,0	2.598,6	1,0	149,3	240,3	1,9	380,0	611,8

Aufn.Nr	Fe (E=60 %)			Cu (E=57 %)			Cr (E=67 %)			Ni (E=50 %)		
	µg/g	µg/m²/yr	*µg/m²/yr	µg/g	µg/m²/yr	*µg/m²/yr	µg/g	µg/m²/yr	*µg/m²/yr	µg/g	µg/m²/yr	*µg/m²/yr
1-8-1P	740	164.033,3	198.566,7	10,3	2.403,3	2.909,3	1,8	357,3	432,5	3,0	798,0	966,0
1-14-1P	180	54.300,0	48.300,0	6,6	2.095,8	1.864,2	0,4	108,1	96,1	1,0	362,0	322,0
1-14-2P	300	92.000,0	80.500,0	4,9	1.581,8	1.384,0	0,5	137,3	120,1	1,0	368,0	322,0
1-17-1P	350	146.766,7	93.916,7	4,6	2.030,5	1.299,3	0,7	262,9	168,2	1,1	553,5	354,2
1-18-1P	1.270	372.110,0	340.783,3	4,9	1.511,3	1.384,0	1,2	314,9	288,4	1,1	386,8	354,2
1-18-2P	280	118.626,7	75.133,3	5,8	2.586,6	1.638,2	0,5	189,7	120,1	0,8	406,7	257,6
1-19-1P	520	174.200,0	139.533,3	3,9	1.375,3	1.101,6	0,7	210,0	168,2	1,1	442,2	354,2
1-20-1P	460	162.533,3	123.433,3	4,6	1.710,9	1.299,3	0,8	253,1	192,2	1,8	763,2	579,6
1-20-2P	800	191.600,0	214.666,7	5,2	1.310,9	1.468,8	1,0	214,5	240,3	1,5	431,1	483,0
1-32-1P	540	210.600,0	144.900,0	5,1	2.093,7	1.440,5		0,0	0,0	1,0	468,0	322,0
1-33-1P	320	84.426,7	85.866,7	6,5	1.805,2	1.836,0	4,7	1.110,5	1.129,4	1,2	379,9	386,4
1-35-1P	290	68.343,3	77.816,7	4,3	1.066,7	1.214,6	2,4	506,5	576,7	0,9	254,5	289,8
1-36-1P	640	209.066,7	171.733,3	5,1	1.753,7	1.440,5	2,2	643,6	528,7	1,6	627,2	515,2
5-70-1P	270	66.960,0	72.450,0	3,9	1.018,1	1.101,6	0,7	155,5	168,2	0,7	208,3	225,4
5-73-1P	240	78.160,0	64.400,0	4,5	1.542,6	1.271,1	0,6	175,0	144,2	0,7	273,6	225,4
5-74-2P	230	67.850,0	61.716,7	3,3	1.024,7	932,1	0,6	158,5	144,2	0,7	247,8	225,4
4-82-1P	220	86.716,7	59.033,3	5,9	2.448,0	1.666,5	0,5	176,5	120,1	1,2	567,6	386,4
6-105-1P	290	75.883,3	77.816,7	4,3	1.184,4	1.214,6	0,6	140,6	144,2	1,2	376,8	386,4
6-120-2P	250	37.083,3	67.083,3	13,8	2.154,7	3.897,9	0,4	53,1	96,1	0,9	160,2	289,8
6-134-1P	300	116.000,0	80.500,0	4,6	1.872,3	1.299,3	0,9	311,6	216,3	0,9	417,6	289,8
6-162-1P	380	91.200,0	101.966,7	5,3	1.338,9	1.497,0	1,2	257,9	288,4	3,1	892,8	998,2
3-190-2P	380	69.033,3	101.966,7	7,0	1.338,6	1.977,2	0,8	130,1	192,2	1,3	283,4	418,6
7-198-2P	330	61.050,0	88.550,0	9,8	1.908,4	2.768,1	0,7	116,0	168,2	1,7	377,4	547,4
6-200-1P	290	46.400,0	77.816,7	6,7	1.128,4	1.892,5	0,7	100,3	168,2	1,2	230,4	386,4
3-208-1P	270	104.400,0	72.450,0	4,5	1.831,6	1.271,1	0,7	242,4	168,2	1,2	556,8	386,4

Aufn.Nr	Cd (E=61 %)			Mo (E=53 %)			Co (E=50 %)			As (E=31 %)		
	µg/g	µg/m²/yr	*µg/m²/yr	µg/g	µg/m²/yr	*µg/m²/yr	µg/g	µg/m²/yr	*µg/m²/yr	µg/g	µg/m²/yr	*µg/m²/yr
2-9-1A	0,19	30,1	44,9	0,35	63,9	95,1	0,44	85,1	126,7	0,39	121,7	181,2
2-11-1A	0,18	62,9	42,5	0,37	148,7	100,5	0,29	123,5	83,5	0,27	185,5	125,4
2-22-1A	0,15	47,5	35,4	0,31	112,9	84,2	0,86	332,0	247,7	0,58	361,1	269,4
4-39-1A	0,18	34,1	42,5	0,58	126,4	157,6	0,54	124,7	155,5	0,34	126,7	157,9
2-40-1A	0,15	34,4	35,4	0,32	84,5	86,9	0,66	184,8	190,1	0,68	307,1	315,9
2-61-1A	0,30	50,8	70,8	0,26	50,7	70,6	0,26	53,7	74,9	0,29	96,6	134,7
2-77-1A	0,30	49,2	70,8	0,47	88,7	127,7	0,58	116,0	167,0	0,93	300,0	432,0
5-88-1H	0,24	94,2	50,0	0,38	171,6	91,1	0,13	62,2	33,0	0,07	54,1	28,7
5-94-1H	0,20	43,0	41,6	0,32	79,1	76,7	0,13	34,1	33,0	0,07	29,6	28,7
5-118-1H	0,26	39,3	54,1	0,27	46,9	64,7	0,13	23,9	33,0	0,07	20,8	28,7
5-125-1H	0,20	36,7	41,6	0,26	54,9	62,3	0,13	29,1	33,0	0,16	57,8	65,5
5-141-1H	0,39	66,0	81,2	0,76	148,0	182,1	0,39	80,5	99,1	0,07	23,3	28,7
6-143-1H	0,20	85,3	41,6	0,38	186,5	91,1	0,13	67,6	33,0	0,07	58,7	28,7
6-157-2H	0,11	13,7	22,9	0,13	18,6	31,2	0,13	19,8	33,0	0,18	44,1	73,7

Aufn.Nr	Cd (E=61 %)			Mo (E=53 %)			Co (E=50 %)			As (E=31 %)		
	µg/g	µg/m²/yr	*µg/m²/yr	µg/g	µg/m²/yr	*µg/m²/yr	µg/g	µg/m²/yr	*µg/m²/yr	µg/g	µg/m²/yr	*µg/m²/yr
2-24-1HP	0,32	89,7	98,6	0,25	80,6	88,7	0,31	106,0	116,6	0,16	88,2	97,0
2-24-2HP	0,32	121,0	98,6	0,25	108,8	88,7	0,31	143,0	116,6	0,16	119,0	97,0
4-53-1HP	0,44	67,0	135,6	0,37	64,9	131,2	0,47	87,3	176,7	0,07	21,0	42,5
4-56-1HP	0,51	96,5	157,2	0,13	28,3	46,1	0,35	80,8	131,6	0,07	26,1	42,5
5-74-2HP	0,77	267,6	237,3	0,31	124,0	110,0	0,13	55,1	48,9	0,70	478,7	424,5
2-78-1HP	0,15	51,1	46,2	0,39	153,1	138,3	0,39	162,2	146,6	0,54	362,3	327,5
2-79-1HP	0,18	71,7	55,5	0,29	133,0	102,9	0,36	175,0	135,4	0,25	196,0	151,6
2-109-1HP	0,29	63,7	89,4	0,37	93,5	131,2	0,50	134,0	188,0	0,50	216,1	303,2
1-5-1P	0,17	41,1	44,9	0,13	36,1	39,5	0,13	38,3	41,9	0,07	33,3	36,4
1-6-1P	0,21	62,3	55,4	0,13	44,4	39,5	0,13	47,1	41,9	0,14	81,7	72,7
1-7-1P	0,25	41,0	66,0	0,26	49,1	79,0	0,13	26,0	41,9	0,07	22,6	36,4
1-8-1P	0,23	50,1	60,7	0,13	32,6	39,5	0,39	103,7	125,6	0,13	55,8	67,5
1-14-1P	0,20	59,3	52,8	0,13	44,4	39,5	0,13	47,1	41,9	0,07	40,9	36,4
1-14-2P	0,17	51,3	44,9	0,13	45,1	39,5	0,13	47,8	41,9	0,07	41,5	36,4
1-17-1P	0,21	86,6	55,4	0,26	123,4	79,0	0,13	65,4	41,9	0,07	56,8	36,4
1-18-1P	0,22	63,4	58,1	0,13	43,1	39,5	0,42	147,7	135,2	0,34	192,8	176,6
1-18-2P	0,17	70,8	44,9	0,13	62,4	39,5	0,13	66,1	41,9	0,07	57,4	36,4
1-19-1P	0,25	82,4	66,0	0,29	110,0	88,1	0,13	52,3	41,9	0,07	45,4	36,4
1-20-1P	0,19	66,0	50,1	0,30	120,0	91,1	0,65	275,6	209,3	0,07	47,9	36,4
1-20-2P	0,26	61,2	68,6	0,29	78,6	88,1	0,30	86,2	96,6	0,07	32,4	36,4
1-32-1P	0,17	65,2	44,9	0,43	189,8	130,6	0,27	126,4	86,9	0,07	52,8	36,4
1-33-1P	0,31	80,4	81,8	0,30	89,6	91,1	0,13	41,2	41,9	0,07	35,7	36,4
1-35-1P	0,22	51,0	58,1	0,28	74,7	85,1	0,13	36,8	41,9	0,07	31,9	36,4
1-36-1P	0,21	67,5	55,4	0,29	107,2	88,1	0,44	172,5	141,7	0,07	44,3	36,4
5-70-1P	0,31	75,6	81,8	0,30	84,2	91,1	0,13	38,7	41,9	0,07	33,6	36,4
5-73-1P	0,31	99,3	81,8	0,34	125,4	103,3	0,13	50,8	41,9	0,07	44,1	36,4
5-74-2P	0,20	58,0	52,8	0,32	106,9	97,2	0,13	46,0	41,9	0,07	40,0	36,4
4-82-1P	0,33	127,9	87,1	0,48	214,2	145,8	0,13	61,5	41,9	0,07	53,4	36,4
6-105-1P	0,25	64,3	66,0	0,26	77,0	79,0	0,13	40,8	41,9	0,07	35,5	36,4
6-120-2P	0,62	90,5	163,6	0,27	45,3	82,0	0,13	23,1	41,9	0,07	20,1	36,4
6-134-1P	0,21	79,9	55,4	0,40	175,1	121,5	0,13	60,3	41,9	0,07	52,4	36,4
6-162-1P	0,18	42,5	47,5	0,82	222,8	249,1	0,42	121,0	135,2	0,07	32,5	36,4
3-190-2P	0,33	59,0	87,1	0,99	203,6	300,7	0,32	69,8	103,0	0,07	24,6	36,4
7-198-2P	0,31	56,4	81,8	0,99	207,3	300,7	0,34	75,5	109,5	0,07	25,1	36,4
6-200-1P	0,21	33,0	55,4	0,80	144,9	243,0	0,35	67,2	112,7	0,07	21,7	36,4
3-208-1P	0,34	129,3	89,7	0,75	328,3	227,8	0,13	60,3	41,9	0,07	52,4	36,4

Anhang 3: Tabelle für den Vergleich der Schwermetallkonzentrationen in Moos- und Bodenproben
(gegliedert nach Horizonten) aus vergleichbaren Standorten.

Horizonte: Auflage (=Humus);

Mineralbodenhorizont 0-10 cm;

Mineralbodenhorizont 30-50 cm;

EndNr. = Standortnummer der Moosaufsammlung 95;

WBS = Nummer der WBS Probe/fläche;

= fehlender Vergleichswert;

% = prozentueller Unterschied zwischen Boden und Moosprobe;

Moosprobe = 100 %.

EndNr.	WBS	Horizont	Cu		Zn		Co		Cr		Ni		Pb		Cd		Fe									
			WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %								
1-6-1-P	313701	Auflage	10	6,7	149	49	37	132	2	0,13	1.538	7	1,3	538	10	2,1	476	112	11,6	966	0,57	0,21	271	3.100	480	846
		0-10	5	6,7	75	44	37	119	3	0,13	2.308	10	1,3	769	8	2,1	381	26	11,6	224	0,09	0,21	43	12.200	480	2.542
		30-50	5	6,7	75	66	37	178	7	0,13	5.385	14	1,3	1.077	15	2,1	714	10	11,6	86	0,12	0,21	57	13.800	480	2.875
1-7-1-P	313702	Auflage	11	9,2	120	53	37	143	2	0,13	1.538	7	1,0	700	6	1,9	316	89	12,5	712	0,72	0,25	288	3.400	520	654
		0-10	8	9,2	87	36	37	97	6	0,13	4.615	13	1,0	1.300	7	1,9	368	18	12,5	144	0,12	0,25	48	11.300	520	2.173
		30-50	11	9,2	120	52	37	141	10	0,13	7.692	18	1,0	1.800	13	1,9	684	9	12,5	72	0,11	0,25	44	15.900	520	3.058
1-8-1-P	304701	Auflage	12	10,3	117	50	31	161	5	0,39	1.282	6	1,8	333	10	3,0	333	66	8,10	815	0,71	0,23	309	3.700	740	500
		0-10	5	10,3	49	31	31	100	6	0,39	1.538	9	1,8	500	10	3,0	333	18	8,10	222	0,11	0,23	48	10.100	740	1.365
		30-50	2	10,3	19	24	31	77	7	0,39	1.795	5	1,8	278	7	3,0	233	8	8,10	99	0,1	0,23	43	6.600	740	892
1-13-1-HP	409703	Auflage	#	8,5	#	#	49	#	#	0,38	#	#	1,1	#	#	2,3	#	#	13,8	#	#	0,66	#	#	580	#
		0-10	18	8,5	212	66	49	135	12	0,38	3.158	46	1,1	4.182	26	2,3	1.130	33	13,8	239	0,04	0,66	6	27.800	580	4.793
		30-50	24	8,5	282	79	49	161	17	0,38	4.474	55	1,1	5.000	38	2,3	1.652	15	13,8	109	0,2	0,66	30	33.100	580	5.707
1-14-1-P	408701	Auflage	23	6,6	348	60	28	214	1	0,13	769	6	0,4	1.500	7	1,0	700	195	8,0	2.438	0,77	0,20	385	3.200	180	1.778
		0-10	10	6,6	152	30	28	107	1	0,13	769	6	0,4	1.500	5	1,0	500	100	8,0	1.250	0,96	0,20	430	6.600	180	3.667
		30-50	17	6,6	258	51	28	182	2	0,13	1.538	27	0,4	6.750	12	1,0	1.200	26	8,0	325	0,12	0,20	60	31.400	180	17.444
1-15-1-P	408703	Auflage	13	5,0	260	102	32	319	5	0,13	3.846	7	0,6	1.167	8	0,7	1.143	60	6,2	968	0,7	0,20	350	5.900	340	1.735
		0-10	4	5,0	80	49	32	153	8	0,13	6.154	13	0,6	2.167	12	0,7	1.714	23	6,2	371	0,13	0,20	65	15.000	340	4.412
		30-50	4	5,0	80	59	32	184	9	0,13	6.923	17	0,6	2.833	9	0,7	1.286	21	6,2	339	0,11	0,20	55	18.600	340	5.471
1-16-1-P	402701	Auflage	10	4,7	213	59	34	174	8	0,13	6.154	17	0,7	2.429	9	1,0	900	57	7,2	792	0,28	0,19	147	14.000	370	3.784
		0-10	8	4,7	170	71	34	209	14	0,13	10.769	29	0,7	4.143	14	1,0	1.400	26	7,2	361	0,11	0,19	58	26.600	370	7.189
		30-50	8	4,7	170	81	34	238	15	0,13	11.538	31	0,7	4.429	16	1,0	1.600	18	7,2	250	0,03	0,19	16	31.100	370	8.405
1-19-1-P	316703	Auflage	13	3,9	333	60	27	222	6	0,13	4.615	10	0,7	1.429	7	1,1	636	57	8,2	695	0,61	0,25	244	8.300	520	1.596
		0-10	8	3,9	205	66	27	244	12	0,13	9.231	18	0,7	2.571	11	1,1	1.000	25	8,2	305	0,2	0,25	80	22.900	520	4.404
		30-50	8	3,9	205	64	27	237	9	0,13	6.923	17	0,7	2.429	9	1,1	818	20	8,2	244	0,2	0,25	80	18.500	520	3.558

Endnr.	WBS	Horizont	Cu		Zn		Co		Cr		Ni		Pb		Cd		Fe									
			WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %								
1-20-2-P	306704	Auflage	20	5,2	385	105	32	328	8	0,30	2.667	12	1,0	1.200	14	1,5	933	90	9,6	938	1,79	0,26	688	5,000	800	625
		0-10	16	5,2	308	29	32	91	9	0,30	3.000	8	1,0	800	15	1,5	1.000	20	9,6	208	0,14	0,26	54	10,400	800	1.300
		30-50	17	5,2	327	19	32	59	12	0,30	4.000	15	1,0	1.500	15	1,5	1.000	12	9,6	125	0,09	0,26	35	8,600	800	1.075
1-21-1-P	306702	Auflage	19	6,4	297	121	37	327	6	0,41	1.463	9	1,0	900	11	1,8	611	59	12,8	461	1,33	0,34	391	9,700	670	1.448
		0-10	22	6,4	344	55	37	149	8	0,41	1.951	9	1,0	900	11	1,8	611	31	12,8	242	0,39	0,34	115	20,600	670	3.075
		30-50	23	6,4	359	48	37	130	10	0,41	2.439	9	1,0	900	11	1,8	611	15	12,8	117	0,06	0,34	18	26,600	670	3.970
2-24-1-HP	309701	Auflage	19	4,9	388	79	26	304	8	0,31	2.581	9	1,0	900	18	2,4	750	32	9,5	337	0,96	0,32	300	4,900	510	961
		0-10	10	4,9	204	48	26	185	11	0,31	3.548	23	1,0	2.300	22	2,4	917	31	9,5	326	0,18	0,32	56	16,500	510	3.235
		30-50	24	4,9	490	61	26	235	17	0,31	5.484	35	1,0	3.500	38	2,4	1.583	21	9,5	221	0,09	0,32	28	27,300	510	5.353
4-29-1-HP	407701	Auflage	13	6,3	206	46	35	131	7	0,85	824	13	0,9	1.444	18	2,0	900	20	8,9	225	0,3	0,42	71	6,600	440	1.500
		0-10	14	6,3	222	64	35	183	15	0,85	1.765	30	0,9	3.333	35	2,0	1.750	24	8,9	270	0,23	0,42	55	23,200	440	5.273
		30-50	13	6,3	206	57	35	163	13	0,85	1.529	34	0,9	3.778	37	2,0	1.850	24	8,9	270	0,2	0,42	48	22,700	440	5.159
1-30-1-P	409701	Auflage	15	9,2	163	62	50	124	4	0,13	3.077	15	0,5	3.000	8	1,2	667	139	9,6	1.448	0,67	0,30	223	6,900	170	4.059
		0-10	15	9,2	163	47	50	94	7	0,13	5.365	35	0,5	7.000	17	1,2	1.417	34	9,6	354	0,21	0,30	70	23,500	170	13.824
		30-50	14	9,2	152	81	50	162	14	0,13	10.769	44	0,5	8.800	33	1,2	2.750	12	9,6	125	0,11	0,30	37	27,400	170	16.118
1-32-1-P	411703	Auflage	11	5,1	216	77	30	257	5	0,27	1.852	19	#	#	12	1,0	1.200	61	6,6	924	0,49	0,17	288	8,300	540	1.537
		0-10	10	5,1	196	72	30	240	11	0,27	4.074	48	#	#	24	1,0	2.400	30	6,6	455	0,19	0,17	112	26,200	540	4.852
		30-50	11	5,1	216	85	30	283	13	0,27	4.815	62	#	#	32	1,0	3.200	21	6,6	318	0,29	0,17	171	30,000	540	5.556
1-33-1-P	411704	Auflage	10	6,5	154	86	50	143	2	0,13	1.538	9	4,7	191	11	1,2	917	51	9,8	520	0,56	0,31	187	5,300	320	1.656
		0-10	4	6,5	62	37	60	62	5	0,13	3.846	14	4,7	298	14	1,2	1.167	16	9,8	163	0,32	0,31	103	10,400	320	3.250
		30-50	5	6,5	77	47	60	78	8	0,13	6.154	18	4,7	383	17	1,2	1.417	8	9,8	82	0,27	0,31	87	14,900	320	4.656
1-34-1-P	402705	Auflage	6	4,9	122	44	52	85	2	0,43	465	6	3,8	158	4	1,4	286	71	11,0	645	0,24	0,34	71	6,200	900	689
		0-10	2	4,9	41	25	52	48	2	0,43	465	4	3,8	105	1	1,4	71	18	11,0	164	0,01	0,34	3	7,600	900	844
		30-50	3	4,9	61	42	52	81	6	0,43	1.395	6	3,8	158	7	1,4	500	15	11,0	136	0,02	0,34	6	11,000	900	1.222
1-35-1-P	406703	Auflage	13	4,3	302	58	30	193	1	0,13	769	3	2,4	125	6	0,9	667	101	7,8	1.295	0,22	0,22	100	2,900	290	1.000
		0-10	4	4,3	93	16	30	53	2	0,13	1.538	2	2,4	83	1	0,9	111	53	7,8	679	0,18	0,22	82	7,300	290	2.517
		30-50	4	4,3	93	28	30	93	4	0,13	3.077	4	2,4	167	7	0,9	778	34	7,8	436	0,08	0,22	36	15,100	290	5.207
1-36-1-P	306702	Auflage	21	5,1	412	83	32	259	14	0,44	3.182	31	2,2	1.409	26	1,6	1.625	65	9,5	684	0,75	0,21	357	19,600	640	3.063
		0-10	26	5,1	510	75	32	234	17	0,44	3.864	38	2,2	1.727	31	1,6	1.938	29	9,5	305	0,47	0,21	224	26,400	640	4.125
		30-50	26	5,1	510	68	32	213	19	0,44	4.318	43	2,2	1.955	34	1,6	2.125	13	9,5	137	0,21	0,21	100	29,000	640	4.531
1-37-1-P	306708	Auflage	26	7,4	351	121	44	275	11	0,46	2.391	27	1,2	2.250	23	1,6	1.438	97	13,8	703	1,29	0,31	416	14,500	530	2.736
		0-10	24	7,4	324	74	44	168	9	0,46	1.957	45	1,2	3.750	25	1,6	1.563	23	13,8	167	0,36	0,31	116	25,900	530	4.887
		30-50	28	7,4	378	72	44	164	15	0,46	3.261	56	1,2	4.667	32	1,6	2.000	15	13,8	109	0,04	0,31	13	29,900	530	5.642

EndNr.	WBS	Horizont	Cu		Zn		Co		Cr		Ni		Pb		Cd		Fe									
			WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %								
2-38-1-HP	305704	Auflage	22	6,2	355	67	51	131	9	0,59	1,525	7	3,5	200	15	2,3	652	22	8,5	259	0,24	0,32	75	5,400	1,300	415
		0-10	24	6,2	387	63	51	124	14	0,59	2,373	21	3,5	600	33	2,3	1,435	33	8,5	388	0,21	0,32	66	17,600	1,300	1.354
		30-50	20	6,2	323	50	51	98	14	0,59	2,373	21	3,5	600	28	2,3	1,217	19	8,5	224	0,08	0,32	25	15,600	1,300	1.200
4-44-1-HP	401703	Auflage	#	6,8	#	#	23	#	#	0,13	#	#	0,7	#	#	1,1	#	#	4,7	#	#	0,21	#	#	380	#
		0-10	63	6,8	926	82	23	357	24	0,13	18,462	39	0,7	5,571	56	1,1	5,091	33	4,7	702	0,28	0,21	133	30,500	380	8,026
		30-50	80	6,8	1.176	67	23	291	20	0,13	15,385	29	0,7	4,143	47	1,1	4,273	31	4,7	660	0,23	0,21	110	25,200	380	6,632
4-45-1-P	401701	Auflage	17	12,0	142	56	41	137	5	0,13	3,846	11	0,6	1,833	13	1,0	1,300	91	4,9	1,857	0,35	0,24	146	5,700	140	4,071
		0-10	9	12,0	75	39	41	95	9	0,13	6,923	22	0,6	3,667	18	1,0	1,800	29	4,9	592	0,07	0,24	29	17,800	140	12,714
		30-50	13	12,0	108	48	41	117	13	0,13	10,000	25	0,6	4,167	24	1,0	2,400	17	4,9	347	0,11	0,24	46	20,400	140	14,571
4-45-2-P	401702	Auflage	12	6,9	174	45	29	155	6	0,13	4,615	11	0,2	5,500	8	0,7	1,143	93	3,5	2,657	0,41	0,15	273	4,100	90	4,556
		0-10	8	6,9	116	47	29	162	7	0,13	5,385	23	0,2	11,500	15	0,7	2,143	37	3,5	1,057	0,18	0,15	120	20,200	90	22,444
		30-50	13	6,9	188	54	29	186	10	0,13	7,692	27	0,2	13,500	27	0,7	3,857	17	3,5	486	0,16	0,15	107	18,600	90	20,667
4-47-2-P	412701	Auflage	12	7,7	156	47	44	107	3	0,13	2,308	9	0,6	1,500	10	1,5	667	108	11,1	973	0,46	0,31	148	5,700	190	3,000
		0-10	7	7,7	91	18	44	41	3	0,13	2,308	17	0,6	2,833	11	1,5	733	43	11,1	387	0,09	0,31	29	13,000	190	6,842
		30-50	10	7,7	130	28	44	64	7	0,13	5,385	27	0,6	4,500	18	1,5	1,200	18	11,1	162	0,06	0,31	19	18,000	190	9,474
4-48-1-P	401702	Auflage	12	8,4	143	45	39	115	6	0,13	4,615	11	0,6	1,833	8	0,9	889	93	6,7	1,388	0,41	0,22	186	4,100	200	2,050
		0-10	8	8,4	95	47	39	121	7	0,13	5,385	23	0,6	3,833	15	0,9	1,667	37	6,7	552	0,18	0,22	82	20,200	200	10,100
		30-50	13	8,4	155	54	39	138	10	0,13	7,692	27	0,6	4,500	27	0,9	3,000	17	6,7	254	0,16	0,22	73	18,600	200	9,300
4-51-1-HP	301705	Auflage	14	5,4	259	56	38	147	2	0,81	247	18	1,6	1,125	10	3,4	294	56	19,3	290	0,33	0,29	114	6,200	850	729
		0-10	8	5,4	148	32	38	84	4	0,81	494	17	1,6	1,063	14	3,4	412	36	19,3	187	0,07	0,29	24	15,800	850	1,859
		30-50	13	5,4	241	44	38	116	16	0,81	1,975	27	1,6	1,688	21	3,4	618	21	19,3	109	0,03	0,29	10	21,100	850	2,482
4-52-1-HP	406702	Auflage	#	9,8	#	#	80	#	#	1,18	#	#	3,4	#	#	4,0	#	#	7,3	#	#	0,61	#	#	2,350	#
		0-10	55	9,8	561	225	80	281	23	1,18	1,949	47	3,4	1,382	58	4,0	1,450	80	7,3	1,096	0,65	0,61	107	31,100	2,350	1,323
		30-50	47	9,8	480	106	80	133	23	1,18	1,949	37	3,4	1,088	49	4,0	1,225	48	7,3	658	0,47	0,61	77	29,900	2,350	1,272
4-53-1-HP	301703	Auflage	16	6,3	254	75	41	183	5	0,47	1,064	10	1,5	667	12	2,5	480	152	16,4	927	0,66	0,44	150	5,600	660	848
		0-10	7	6,3	111	34	41	83	4	0,47	851	17	1,5	1,133	11	2,5	440	53	16,4	323	0,14	0,44	32	15,500	660	2,348
		30-50	8	6,3	127	46	41	112	12	0,47	2,553	24	1,5	1,600	21	2,5	840	12	16,4	73	0,12	0,44	27	19,700	660	2,985
4-54-1-HP	306701	Auflage	17	7,3	233	87	49	178	7	0,40	1,750	15	1,3	1,154	17	2,1	810	80	12,6	635	0,9	0,41	220	9,300	670	1,388
		0-10	11	7,3	151	51	49	104	12	0,40	3,000	22	1,3	1,692	19	2,1	905	39	12,6	310	0,32	0,41	78	14,100	670	2,104
		30-50	12	7,3	164	45	49	92	13	0,40	3,250	25	1,3	1,923	20	2,1	952	18	12,6	143	0,17	0,41	41	17,300	670	2,582
5-55-1-HP	311703	Auflage	17	5,2	327	114	28	407	9	0,13	6,923	16	1,2	1,333	15	1,4	1,071	243	11,6	2,095	1,19	0,38	313	10,100	650	1,554
		0-10	19	5,2	365	110	28	393	14	0,13	10,769	28	1,2	2,333	25	1,4	1,786	81	11,6	698	1,65	0,38	434	24,600	650	3,785
		30-50	20	5,2	385	74	28	264	19	0,13	14,615	38	1,2	3,167	36	1,4	2,571	50	11,6	431	0,91	0,38	239	30,300	650	4,662

EndNr.	WBS	Horizont	Cu		Zn		Co		Cr		Ni		Pb		Cd		Fe										
			WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %									
4-56-1-HP	311705	Auflage	23	6,3	365	79	36	219	4	0,35	1.143	11	1,0	1.100	4	2,9	138	121	11,3	1.071	0,78	0,51	153	8.500	480	1.848	
		0-10	10	6,3	159	31	36	86	4	0,35	1.143	13	1,0	1.300	1	2,9	34	24	11,3	212	0,12	0,51	24	11.500	460	2.500	
		30-50	16	6,3	254	37	36	103	6	0,35	1.714	27	1,0	2.700	10	2,9	345	13	11,3	115	0,03	0,51	6	16.100	460	3.500	
5-57-1-HP	315701	Auflage	25	7,0	357	108	41	283	5	0,64	781	13	3,3	394	18	3,8	474	79	11,6	681	0,93	0,31	300	7.800	1.750	446	
		0-10	58	7,0	829	96	41	234	20	0,64	3.125	31	3,3	939	32	3,8	842	57	11,6	491	0,26	0,31	84	28.300	1.750	1.617	
		30-50	39	7,0	557	101	41	246	23	0,64	3.594	39	3,3	1.182	39	3,8	1.026	39	11,6	336	0,32	0,31	103	32.200	1.750	1.840	
2-61-1-A	315702	Auflage	26	5,9	441	96	40	240	11	0,26	4.231	15	1,7	882	24	3,0	800	37	16,7	222	0,68	0,30	227	10.800	940	1.149	
		0-10	28	5,9	475	74	40	185	14	0,26	5.385	27	1,7	1.588	36	3,0	1.200	40	16,7	240	0,25	0,30	83	19.100	940	2.032	
		30-50	26	5,9	441	60	40	150	15	0,26	5.769	26	1,7	1.529	37	3,0	1.233	26	16,7	156	0,31	0,30	103	19.400	940	2.064	
4-63-1-H	502702	Auflage	#	7,6	#	#	29	#	#	0,13	#	#	1,9	#	#	0,9	#	#	7,0	#	#	0,20	#	#	300	#	#
		0-10	66	7,6	868	70	29	241	20	0,13	15.385	32	1,9	1.684	46	0,9	5.111	34	7,0	486	0,25	0,20	125	24.100	300	8.033	
		30-50	34	7,6	447	37	29	128	17	0,13	13.077	20	1,9	1.053	34	0,9	3.778	22	7,0	314	0,06	0,20	30	15.600	300	5.200	
4-64-1-HP	502707	Auflage	16	8,2	195	75	40	188	4	0,96	417	11	3,0	367	17	4,1	415	55	24,6	224	0,5	0,45	111	5.700	1.870	305	
		0-10	17	8,2	207	55	40	138	11	0,96	1.146	27	3,0	900	28	4,1	683	29	24,6	118	0,31	0,45	69	18.700	1.870	1.000	
		30-50	28	8,2	341	66	40	165	13	0,96	1.354	33	3,0	1.100	45	4,1	1.098	21	24,6	85	0,23	0,45	51	28.500	1.870	1.524	
5-65-1-HP	412703	Auflage	14	6,7	209	67	65	103	3	0,13	2.308	14	0,8	1.750	14	2,8	500	146	13,9	1.050	0,63	0,43	147	5.400	300	1.900	
		0-10	8	6,7	119	44	65	68	6	0,13	4.615	18	0,8	2.250	13	2,8	464	46	13,9	331	0,2	0,43	47	13.600	300	4.533	
		30-50	9	6,7	134	50	65	77	10	0,13	7.692	22	0,8	2.750	16	2,8	571	25	13,9	180	0,11	0,43	26	15.700	300	5.233	
5-66-1-HP	412705	Auflage	10	6,5	154	57	48	119	3	0,13	2.308	10	0,7	1.429	12	2,7	444	111	21,9	507	0,45	0,56	80	5.500	290	1.897	
		0-10	12	6,5	185	52	48	108	10	0,13	7.692	17	0,7	2.429	21	2,7	778	36	21,9	164	0,11	0,56	20	15.500	290	5.345	
		30-50	16	6,5	246	58	48	121	14	0,13	10.769	24	0,7	3.429	25	2,7	926	21	21,9	96	0,07	0,56	13	19.000	290	6.552	
5-67-1-HP	403704	Auflage	10	6,4	156	230	49	469	3	0,13	2.308	15	0,8	1.875	10	1,3	769	139	13,1	1.061	1,42	0,42	338	6.300	230	2.739	
		0-10	12	6,4	188	325	49	663	8	0,13	6.154	26	0,8	3.250	17	1,3	1.308	191	13,1	1.458	2,68	0,42	638	16.100	230	7.000	
		30-50	9	6,4	141	400	49	816	14	0,13	10.769	35	0,8	4.375	27	1,3	2.077	152	13,1	1.160	1,39	0,42	331	23.400	230	10.174	
5-70-1-P	410711	Auflage	#	3,9	#	#	22	#	#	0,13	#	#	0,7	#	#	0,7	#	#	10,3	#	#	0,31	#	#	270	#	#
		0-10	13	3,9	333	81	22	368	12	0,13	9.231	27	0,7	3.857	33	0,7	4.714	70	10,3	680	1,24	0,31	400	15.700	270	5.815	
		30-50	10	3,9	256	36	22	164	14	0,13	10.769	29	0,7	4.143	36	0,7	5.143	43	10,3	417	0,46	0,31	148	14.600	270	5.407	
5-71-1-HP	301701	Auflage	12	6,8	176	84	47	179	5	0,44	1.136	14	1,1	1.273	18	3,3	545	62	20,7	300	0,61	0,59	103	9.900	590	1.678	
		0-10	9	6,8	132	55	47	117	8	0,44	1.818	14	1,1	1.273	19	3,3	576	35	20,7	169	0,29	0,59	49	12.900	590	2.186	
		30-50	9	6,8	132	44	47	94	11	0,44	2.500	17	1,1	1.545	28	3,3	848	17	20,7	82	0,09	0,59	15	15.900	590	2.695	
5-72-1-H	601703	Auflage	11	9,1	121	109	37	295	5	0,13	3.846	13	0,9	1.444	9	1,2	750	71	14,3	497	1,68	0,57	295	6.400	380	1.684	
		0-10	16	9,1	176	118	37	319	19	0,13	14.615	41	0,9	4.556	34	1,2	2.833	65	14,3	455	2,84	0,57	498	28.500	380	7.500	
		30-50	13	9,1	143	91	37	246	24	0,13	18.462	40	0,9	4.444	35	1,2	2.917	54	14,3	378	1,32	0,57	232	30.600	380	8.053	

Endnr.	WBS	Horizont	Cu		Zn		Co		Cr		Ni		Pb		Cd		Fe									
			WBS	SMPS %	WBS	SMPS %	WBS	SMPS %	WBS	SMPS %	WBS	SMPS %	WBS	SMPS %	WBS	SMPS %	WBS	SMPS %								
5-74-1-P	314702	Auflage	11	4,4	250	120	39	308	7	0,13	5,385	18	1,4	1,286	15	1,6	938	79	19,8	399	2,28	0,35	646	10,800	840	1,262
		0-10	10	4,4	227	94	39	241	10	0,13	7,692	22	1,4	1,571	16	1,6	1,000	75	19,8	379	1,4	0,35	400	15,500	840	1,845
		30-50	9	4,4	205	56	39	144	13	0,13	10,000	33	1,4	2,357	27	1,6	1,688	29	19,8	146	0,77	0,35	220	20,400	840	2,429
5-75-2-HP	310701	Auflage	19	3,2	594	105	26	404	4	0,13	3,077	14	0,5	2,800	20	0,6	3,333	49	7,5	653	0,89	0,21	424	12,100	180	6,722
		0-10	26	3,2	813	144	26	554	16	0,13	12,308	30	0,5	6,000	48	0,6	8,000	52	7,5	693	0,77	0,21	367	34,800	180	19,333
		30-50	26	3,2	813	98	26	377	19	0,13	14,615	35	0,5	7,000	59	0,6	9,833	36	7,5	480	0,37	0,21	176	35,700	180	19,833
5-75-1-P	302701	Auflage	13	3,6	361	152	22	691	7	0,13	5,385	10	0,7	1,429	7	0,6	1,167	78	6,2	1,258	1,07	0,23	465	3,800	290	1,241
		0-10	10	3,6	278	80	22	364	9	0,13	6,923	16	0,7	2,286	14	0,6	2,333	53	6,2	855	0,81	0,23	352	6,800	290	2,345
		30-50	6	3,6	167	28	22	127	11	0,13	8,462	18	0,7	2,571	12	0,6	2,000	32	6,2	516	0,44	0,23	191	6,700	290	2,310
6-76-1-P	101701	Auflage	24	5,5	436	196	37	530	7	0,37	1,892	9	1,0	900	20	2,0	1,000	104	20,3	512	2,88	0,33	873	9,000	710	1,268
		0-10	26	5,5	473	134	37	362	12	0,37	3,243	17	1,0	1,700	21	2,0	1,050	73	20,3	360	0,42	0,33	127	17,100	710	2,408
		30-50	51	5,5	927	138	37	373	16	0,37	4,324	23	1,0	2,300	27	2,0	1,350	53	20,3	261	0,23	0,33	70	20,100	710	2,831
5-84-1-H	707701	Auflage	13	7,3	178	77	30	257	9	0,13	6,923	18	0,8	2,250	24	1,6	1,500	87	8,3	1,048	0,5	0,23	217	12,700	500	2,540
		0-10	12	7,3	164	49	30	163	20	0,13	15,385	21	0,8	2,625	17	1,6	1,063	48	8,3	578	0,04	0,23	17	23,300	500	4,660
		30-50	36	7,3	493	108	30	360	26	0,13	20,000	33	0,8	4,125	59	1,6	3,688	15	8,3	181	0,16	0,23	70	34,600	500	6,920
5-89-1-H	705701	Auflage	28	9,0	289	100	32	313	15	0,79	1,899	22	2,1	1,048	38	4,2	905	57	11,5	496	0,77	0,18	428	11,700	1340	873
		0-10	44	9,0	489	79	32	247	28	0,79	3,544	32	2,1	1,524	60	4,2	1,429	63	11,5	548	0,15	0,18	83	25,200	1340	1,881
		30-50	60	9,0	667	76	32	238	28	0,79	3,544	42	2,1	2,000	83	4,2	1,976	47	11,5	409	0,31	0,18	172	23,000	1340	1,716
5-90-1-H	705704	Auflage	20	10,3	194	120	37	324	9	0,13	6,923	14	0,8	1,750	16	1,1	1,455	147	19,0	774	2,97	0,43	681	9,200	390	2,359
		0-10	10	10,3	97	123	37	332	17	0,13	13,077	28	0,8	3,500	24	1,1	2,182	121	19,0	637	1,53	0,43	356	26,400	390	6,769
		30-50	14	10,3	136	108	37	292	19	0,13	14,615	43	0,8	5,375	40	1,1	3,636	41	19,0	216	2,12	0,43	493	39,100	390	10,026
5-91-1-H	712703	Auflage	13	8,2	159	73	31	235	1	0,13	7,69	6	0,7	857	4	1,0	400	86	11,9	723	1,36	0,25	544	3,800	300	1,267
		0-10	12	8,2	146	99	31	319	8	0,13	6,154	25	0,7	3,571	18	1,0	1,800	98	11,9	824	1,04	0,25	416	23,100	300	7,700
		30-50	8	8,2	98	36	31	116	10	0,13	7,692	17	0,7	2,429	16	1,0	1,600	25	11,9	210	0,37	0,25	148	12,700	300	4,233
5-92-1-HP	505706	Auflage	12	3,8	316	86	38	226	9	0,13	6,923	24	0,6	4,000	20	1,9	1,053	61	8,5	718	0,88	0,58	152	11,100	220	5,045
		0-10	19	3,8	500	80	38	211	25	0,13	19,231	50	0,6	8,333	46	1,9	2,421	74	8,5	871	0,73	0,58	126	35,200	220	16,000
		30-50	23	3,8	605	55	38	145	21	0,13	16,154	40	0,6	6,667	54	1,9	2,842	36	8,5	424	0,74	0,58	128	23,500	220	10,682
5-95-1-H	501704	Auflage	12	6,3	180	51	30	170	6	0,13	4,615	8	0,7	1,143	12	1,7	706	91	10,7	850	0,41	0,22	186	8,500	430	1,977
		0-10	14	6,3	222	49	30	163	17	0,13	13,077	26	0,7	3,714	20	1,7	1,176	46	10,7	430	0,14	0,22	64	30,100	430	7,000
		30-50	24	6,3	381	72	30	240	22	0,13	16,923	32	0,7	4,571	41	1,7	2,412	13	10,7	121	0,17	0,22	77	34,900	430	8,116
5-98-1-H	404704	Auflage	14	6,0	233	160	24	667	6	0,13	4,615	11	0,8	1,375	9	0,9	1,000	151	10,0	1,510	3,31	0,40	828	4,300	370	1,162
		0-10	13	6,0	217	200	24	833	12	0,13	9,231	36	0,8	4,500	25	0,9	2,778	112	10,0	1,120	3,93	0,40	983	17,800	370	4,811
		30-50	#	6,0	#	#	24	#	#	0,13	#	#	0,8	#	#	0,9	#	#	10,0	#	#	0,40	#	#	#	370

Endnr.	WBS	Horizont	Cu		Zn		Co		Cr		Ni		Pb		Cd		Fe									
			WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %								
5-99-1-P	610712	Auflage	14	5,5	255	53	27	196	8	0,13	6,154	12	0,4	3,000	11	0,8	1,375	126	7,8	1,615	0,66	0,18	367	13,100	170	7,706
		0-10	8	5,5	145	36	27	133	14	0,13	10,769	16	0,4	4,000	12	0,8	1,500	67	7,8	859	0,10	0,18	56	26,400	170	15,529
		30-50	36	5,5	655	117	27	433	27	0,13	20,769	29	0,4	7,250	48	0,8	6,000	36	7,8	462	0,67	0,18	372	32,900	170	19,353
5-100-1-H	610706	Auflage	11	4,1	268	185	24	771	7	0,13	5,385	7	0,5	1,400	9	0,8	1,125	143	6,8	2,103	1,99	0,19	1,047	3,800	200	1,900
		0-10	6	4,1	146	255	24	1,063	17	0,13	13,077	15	0,5	3,000	20	0,8	2,500	231	6,8	3,397	2,02	0,19	1,063	8,900	200	4,450
		30-50	8	4,1	195	173	24	721	17	0,13	13,077	14	0,5	2,800	28	0,8	3,500	88	6,8	1,294	0,68	0,19	358	10,600	200	5,300
5-101-1-P	610715	Auflage	10	3,3	303	100	30	333	5	0,13	3,846	8	0,5	1,600	10	#	#	70	7,6	921	0,94	0,71	132	5,100	250	2,040
		0-10	16	3,3	485	62	30	207	18	0,13	13,846	34	0,5	6,800	33	#	#	50	7,6	658	0,46	0,71	65	27,000	250	10,800
		30-50	16	3,3	485	40	30	133	15	0,13	11,538	19	0,5	3,800	29	#	#	31	7,6	408	0,24	0,71	34	16,100	250	6,440
5-102-1-H	601712	Auflage	14	5,5	255	76	31	245	2	0,13	1,538	4	1,0	400	3	0,9	333	101	12,4	815	1,19	0,30	397	1,700	410	415
		0-10	#	5,5	#	#	31	#	#	0,13	#	#	1,0	#	#	0,9	#	#	12,4	#	#	0,30	#	#	410	#
		30-50	#	5,5	#	#	31	#	#	0,13	#	#	1,0	#	#	0,9	#	#	12,4	#	#	0,30	#	#	410	#
6-103-1-P	611703	Auflage	8	5,2	154	49	44	111	4	0,99	404	3	0,9	333	4	1,9	211	48	10,8	444	0,31	0,30	103	1,400	550	255
		0-10	6	5,2	115	23	44	52	7	0,99	707	5	0,9	556	5	1,9	263	34	10,8	315	0,19	0,30	63	14,000	550	2,545
		30-50	5	5,2	96	26	44	59	7	0,99	707	7	0,9	778	7	1,9	368	30	10,8	278	0,05	0,30	17	19,700	550	3,582
6-104-2-P	611708	Auflage	13	3,7	351	45	24	188	1	0,13	769	9	0,4	2,250	14	0,8	1,750	119	5,8	2,052	0,74	0,12	617	5,400	140	3,857
		0-10	19	3,7	514	51	24	213	8	0,13	6,154	23	0,4	5,750	17	0,8	2,125	53	5,8	914	0,14	0,12	117	33,600	140	24,000
		30-50	37	3,7	1,000	106	24	442	22	0,13	16,923	40	0,4	10,000	33	0,8	4,125	40	5,8	690	0,10	0,12	83	50,100	140	35,786
6-105-1-P	310705	Auflage	13	4,3	302	72	32	225	6	0,13	4,615	5	0,6	833	9	1,2	750	65	11,6	560	0,83	0,25	252	4,300	280	1,483
		0-10	11	4,3	256	54	32	169	9	0,13	6,923	14	0,6	2,333	19	1,2	1,583	37	11,6	319	0,11	0,25	44	16,200	290	5,586
		30-50	11	4,3	256	88	32	275	17	0,13	13,077	27	0,6	4,500	36	1,2	3,000	7	11,6	60	0,06	0,25	24	20,400	290	7,034
6-106-1-P	310704	Auflage	16	4,9	327	104	24	433	6	0,13	4,615	16	0,6	2,667	16	0,8	2,000	50	8,4	595	0,47	0,26	181	9,900	270	3,667
		0-10	19	4,9	388	106	24	442	15	0,13	11,538	29	0,6	4,833	33	0,8	4,125	53	8,4	631	0,54	0,26	208	25,000	270	9,259
		30-50	20	4,9	408	95	24	396	18	0,13	13,846	29	0,6	4,833	34	0,8	4,250	45	8,4	536	0,35	0,26	135	24,000	270	8,889
3-107-1-P	101705	Auflage	14	3,7	378	78	27	289	7	0,13	5,385	15	0,7	2,143	9	1,1	818	33	5,8	569	0,42	0,19	221	10,800	360	2,944
		0-10	18	3,7	486	56	27	207	13	0,13	10,000	24	0,7	3,429	18	1,1	1,636	30	5,8	517	0,09	0,19	47	20,300	360	5,639
		30-50	17	3,7	459	48	27	178	15	0,13	11,538	26	0,7	3,714	23	1,1	2,091	23	5,8	397	0,07	0,19	37	21,300	360	5,917
5-111-2-H	804702	Auflage	23	10,0	230	100	42	238	7	0,59	1,186	16	1,5	1,067	32	2,5	1,280	37	21,2	175	0,60	0,32	188	16,200	1120	1,446
		0-10	44	10,0	440	135	42	321	21	0,59	3,559	22	1,5	1,467	54	2,5	2,160	39	21,2	184	0,51	0,32	159	34,800	1120	3,107
		30-50	62	10,0	620	160	42	381	20	0,59	3,390	36	1,5	2,400	75	2,5	3,000	34	21,2	160	0,74	0,32	231	36,900	1120	3,295
5-111-1-HP	803701	Auflage	16	6,0	267	93	30	310	12	0,13	9,231	13	0,9	1,444	14	1,4	1,000	102	11,5	887	0,78	0,33	236	10,100	410	2,463
		0-10	12	6,0	200	56	30	187	12	0,13	9,231	19	0,9	2,111	21	1,4	1,500	41	11,5	357	0,23	0,33	70	19,400	410	4,732
		30-50	23	6,0	383	67	30	223	14	0,13	10,769	28	0,9	3,111	45	1,4	3,214	28	11,5	243	0,38	0,33	115	30,200	410	7,366

EndNr.	WBS	Horizont	Cu		Zn		Co		Cr		Ni		Pb		Cd		Fe						
			WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %					
5-112-1-H	802705	Auflage	15	8,7	172	61	38	161	1	0,13	769	8	1,5	533	176	12,6	1.397	0,74	0,26	285	2.200	260	846
		0-10	3	8,7	34	11	38	29	1	0,13	769	5	1,5	333	23	12,6	183	0,04	0,26	15	5.800	260	2.231
		30-50	23	8,7	264	79	38	208	23	0,13	17.692	55	1,5	3.667	20	12,6	159	0,03	0,26	12	31.800	260	12.231
5-113-1-P	802703	Auflage	8	5,9	136	59	40	148	3	0,13	2.308	11	1,0	1.100	31	9,3	333	0,51	0,22	232	7.000	250	2.800
		0-10	15	5,9	254	76	40	190	14	0,13	10.769	32	1,0	3.200	40	9,3	430	0,53	0,22	241	29.700	250	11.880
		30-50	11	5,9	186	63	40	158	16	0,13	12.308	33	1,0	3.300	26	9,3	280	0,31	0,22	141	28.000	250	11.200
5-114-1-P	707703	Auflage	#	2,9	#	#	18	#	#	0,13	#	#	0,5	#	#	5,7	#	#	0,14	#	#	190	#
		0-10	22	2,9	759	80	18	444	16	0,13	12.308	43	0,5	8.600	16	5,7	281	0,52	0,14	371	24.800	190	13.053
		30-50	31	2,9	1.069	62	18	344	20	0,13	15.385	56	0,5	11.200	29	5,7	509	0,39	0,14	279	23.100	190	12.158
5-115-1-H	710703	Auflage	11	7,0	157	85	31	274	6	0,13	4.615	9	1,0	900	66	10,3	641	0,77	0,26	296	8.700	400	2.175
		0-10	12	7,0	171	57	31	184	9	0,13	6.923	26	1,0	2.600	43	10,3	417	0,97	0,26	373	36.700	400	9.175
		30-50	11	7,0	157	35	31	113	17	0,13	13.077	28	1,0	2.800	32	10,3	311	0,37	0,26	142	20.800	400	5.200
5-115-2-H	702701	Auflage	11	4,3	256	96	28	343	2	0,13	1.538	8	0,6	1.333	66	4,6	1.435	0,72	0,14	514	6.500	230	2.826
		0-10	14	4,3	326	75	28	268	14	0,13	10.769	30	0,6	5.000	60	4,6	1.304	0,46	0,14	329	27.600	230	12.000
		30-50	15	4,3	349	56	28	200	14	0,13	10.769	26	0,6	4.333	21	4,6	457	0,34	0,14	243	17.300	230	7.522
5-116-1-H	710704	Auflage	11	6,4	172	95	48	198	3	0,13	2.308	5	0,7	714	66	8,6	767	0,90	0,24	375	2.300	260	885
		0-10	8	6,4	125	150	48	313	11	0,13	8.462	13	0,7	1.857	205	8,6	2.384	2,97	0,24	1.238	1.600	260	615
		30-50	6	6,4	94	20	48	42	17	0,13	13.077	28	0,7	4.000	40	8,6	465	0,35	0,24	146	3.200	260	1.231
5-117-1-H	717704	Auflage	21	8,4	250	119	34	350	8	0,13	6.154	11	0,9	1.222	111	10,3	1.078	0,83	0,25	332	9.100	430	2.116
		0-10	19	8,4	226	52	34	153	16	0,13	12.308	22	0,9	2.444	66	10,3	641	0,36	0,25	144	15.000	430	3.488
		30-50	17	8,4	202	39	34	115	13	0,13	10.000	27	0,9	3.000	38	10,3	369	0,30	0,25	120	16.600	430	3.860
5-118-1-H	713705	Auflage	8	13,0	62	145	57	254	3	0,45	667	2	1,0	200	73	19,5	374	1,25	0,51	245	1.700	610	279
		0-10	12	13,0	92	273	57	479	11	0,45	2.444	22	2,1	1.048	150	19,5	769	2,84	0,51	557	7.000	610	1.148
		30-50	#	13,0	#	#	57	#	#	0,45	#	#	2,1	#	#	19,5	#	#	0,51	#	#	610	#
6-119-1-H	713702	Auflage	24	9,6	250	76	41	185	0	0,13	0	7	0,8	875	87	13,8	630	1,44	0,41	351	1.500	500	300
		0-10	13	9,6	135	27	41	66	5	0,13	3.846	12	0,8	1.500	128	13,8	928	0,46	0,41	112	17.400	500	3.480
		30-50	29	9,6	302	76	41	185	21	0,13	16.154	31	0,8	3.875	67	13,8	486	0,47	0,41	115	63.600	500	12.720
6-120-2-P	719702	Auflage	24	13,8	174	105	65	162	9	0,13	6.923	7	0,9	778	105	16,2	577	1,32	0,62	213	1.400	250	560
		0-10	16	13,8	116	39	65	60	11	0,13	8.462	16	0,9	1.778	206	16,2	1.132	0,65	0,62	105	33.900	250	13.560
		30-50	33	13,8	239	69	65	106	23	0,13	17.692	33	0,9	3.667	25	16,2	137	0,26	0,62	42	55.300	250	22.120
6-121-1-H	704702	Auflage	22	7,9	278	60	31	194	17	0,13	13.077	35	1,7	2.059	106	10,0	1.060	0,69	0,17	406	30.900	670	4.612
		0-10	34	7,9	430	34	31	110	30	0,13	23.077	52	1,7	3.059	91	10,0	910	0,31	0,17	182	64.000	670	9.552
		30-50	38	7,9	481	36	31	116	30	0,13	23.077	60	1,7	3.529	15	10,0	150	0,32	0,17	188	87.100	670	13.000

Endnr.	WBS	Horizont	Cu		Zn		Co		Cr		Ni		Pb		Cd		Fe										
			WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %									
6-122-2-P	704701	Auflage	12	4,4	273	67	21	319	5	0,13	3,846	11	0,5	2,200	22	0,8	2,750	46	4,2	1,095	0,36	0,05	720	11.200	140	8.000	
		0-10	27	4,4	614	94	21	448	21	0,13	16,154	39	0,5	7,800	49	0,8	6,125	24	4,2	571	0,18	0,05	360	51.300	140	36,643	
		30-50	33	4,4	750	104	21	495	26	0,13	20,000	36	0,5	7,200	58	0,8	7,250	12	4,2	286	0,10	0,05	200	52,700	140	37,643	
6-123-1-H	505702	Auflage	11	4,6	239	68	24	283	6	0,13	4,615	11	0,4	2,750	11	1,4	786	71	5,7	1,246	0,72	0,16	450	12,900	270	4,778	
		0-10	11	4,6	239	64	24	267	26	0,13	20,000	23	0,4	5,750	25	1,4	1,786	71	5,7	1,246	0,29	0,16	181	33,400	270	12,370	
		30-50	12	4,6	261	72	24	300	19	0,13	14,615	27	0,4	6,750	30	1,4	2,143	19	5,7	333	0,03	0,16	19	33,300	270	12,333	
6-124-1-P	505716	Auflage	#	6,8	#	#	33	#	#	0,13	#	#	0,4	#	#	1,0	#	#	8,3	#	#	0,29	#	#	310	#	#
		0-10	11	6,8	162	19	33	58	5	0,13	3,846	11	0,4	2,750	6	1,0	600	85	8,3	1,024	0,14	0,29	48	18,700	310	6,032	
		30-50	34	6,8	500	82	33	248	26	0,13	20,000	42	0,4	10,500	54	1,0	5,400	19	8,3	229	0,04	0,29	14	67,100	310	21,645	
5-128-1-H	501705	Auflage	9	5,3	170	47	24	196	1	0,13	769	1	0,3	333	2	0,7	286	76	6,5	1,169	1,52	0,11	1,382	1,300	110	1,182	
		0-10	3	5,3	57	7	24	29	4	0,13	3,077	1	0,3	333	1	0,7	143	1	6,5	15	0,07	0,11	64	2,400	110	2,182	
		30-50	4	5,3	75	12	24	50	5	0,13	3,846	6	0,3	2,000	7	0,7	1,000	24	6,5	369	0,10	0,11	91	23,700	110	21,545	
6-126-2-H	503705	Auflage	7	6,4	109	51	27	189	5	0,13	3,846	3	0,4	750	9	1,2	750	51	6,6	773	0,32	0,05	640	4,400	190	2,316	
		0-10	9	6,4	141	30	27	111	11	0,13	8,462	8	0,4	2,000	20	1,2	1,667	32	6,6	485	0,10	0,05	200	16,200	190	8,526	
		30-50	17	6,4	266	36	27	133	16	0,13	12,308	9	0,4	2,250	26	1,2	2,167	20	6,6	303	0,03	0,05	60	18,000	190	9,474	
6-127-1-H	613711	Auflage	9	6,4	141	52	27	193	2	0,13	1,538	4	0,5	800	5	1,2	417	64	8,2	780	0,36	0,14	257	4,500	140	3,214	
		0-10	8	6,4	125	32	27	119	7	0,13	5,385	11	0,5	2,200	8	1,2	667	64	8,2	780	0,11	0,14	79	18,300	140	13,071	
		30-50	9	6,4	141	37	27	137	9	0,13	6,923	18	0,5	3,600	11	1,2	917	20	8,2	244	0,04	0,14	29	23,400	140	16,714	
6-130-1-P	606709	Auflage	13	5,2	250	66	28	236	6	0,13	4,615	11	0,7	1,571	13	1,3	1,000	66	6,6	1,000	0,38	0,22	173	12,000	350	3,429	
		0-10	23	5,2	442	68	28	243	19	0,13	14,615	32	0,7	4,571	26	1,3	2,000	53	6,6	803	0,20	0,22	91	39,600	350	11,314	
		30-50	25	5,2	481	75	28	268	22	0,13	16,923	34	0,7	4,857	31	1,3	2,385	32	6,6	485	0,22	0,22	100	44,100	350	12,600	
6-131-1-P	609709	Auflage	9	4,6	196	66	25	264	7	0,13	5,385	6	0,5	1,200	7	1,0	700	78	8,1	963	0,60	0,16	375	6,500	250	2,800	
		0-10	11	4,6	239	42	25	168	14	0,13	10,769	16	0,5	3,200	19	1,0	1,900	40	8,1	494	0,25	0,16	156	24,100	250	9,640	
		30-50	20	4,6	435	57	25	228	18	0,13	13,846	23	0,5	4,600	35	1,0	3,500	12	8,1	148	0,11	0,16	69	30,500	250	12,200	
6-133-1-P	609702	Auflage	14	5,0	280	98	50	196	5	0,34	1,471	10	1,4	714	18	1,6	1,125	69	13,5	511	0,56	0,34	165	9,800	660	1,485	
		0-10	22	5,0	440	91	50	182	10	0,34	2,941	35	1,4	2,500	31	1,6	1,938	39	13,5	289	0,19	0,34	56	30,700	660	4,652	
		30-50	20	5,0	400	78	50	156	14	0,34	4,118	39	1,4	2,786	25	1,6	1,563	24	13,5	178	0,07	0,34	21	35,000	660	5,303	
6-136-1-P	605705	Auflage	14	5,3	264	59	29	203	5	0,25	2,000	16	1,1	1,455	17	2,2	773	47	18,8	250	0,55	0,25	220	10,900	540	2,019	
		0-10	29	5,3	547	50	29	172	24	0,25	9,600	52	1,1	4,727	38	2,2	1,727	19	18,8	101	0,07	0,25	28	44,300	540	8,204	
		30-50	27	5,3	509	41	29	141	27	0,25	10,800	45	1,1	4,091	39	2,2	1,773	8	18,8	43	0,04	0,25	16	42,100	540	7,796	
3-136-2-P	605703	Auflage	10	5,3	189	50	24	208	8	0,13	6,154	8	0,8	1,000	14	1,4	1,000	59	8,8	670	0,49	0,17	288	4,100	340	1,206	
		0-10	8	5,3	151	36	24	150	12	0,13	9,231	24	0,8	3,000	20	1,4	1,429	24	8,8	273	0,06	0,17	35	17,800	340	5,235	
		30-50	16	5,3	302	44	24	183	21	0,13	16,154	33	0,8	4,125	28	1,4	2,000	17	8,8	193	0,01	0,17	6	27,100	340	7,971	

EndNr.	WBS	Horizont	Cu		Zn		Co		Cr		Ni		Pb		Cd		Fe									
			WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %								
6-137-1-P	102707	Auflage	17	5,3	321	94	28	336	10	0,13	7.692	20	0,6	3.333	34	1,4	2.429	71	9,0	789	1,25	0,19	658	9.500	320	2.969
		0-10	20	5,3	377	48	28	171	27	0,13	20.769	47	0,6	7.833	35	1,4	2.500	34	9,0	378	0,11	0,19	58	25.200	320	7.875
		30-50	31	5,3	585	60	28	214	26	0,13	20.000	60	0,6	10.000	52	1,4	3.714	24	9,0	267	0,05	0,19	26	36.600	320	11.438
3-138-1-HP	101706	Auflage	14	4,8	292	57	24	238	8	0,13	6.154	14	1,0	1.400	22	2,0	1.100	44	10,3	427	0,64	0,23	278	7.300	480	1.521
		0-10	14	4,8	292	44	24	183	15	0,13	11.538	26	1,0	2.600	23	2,0	1.150	30	10,3	291	0,11	0,23	48	18.900	480	3.938
		30-50	29	4,8	604	67	24	279	15	0,13	11.538	40	1,0	4.000	47	2,0	2.350	20	10,3	194	0,01	0,23	4	26.300	480	5.479
5-141-1-H	801702	Auflage	11	8,0	138	93	55	169	4	0,39	1.026	11	0,7	1.571	11	1,1	1.000	78	18,0	433	1,03	0,39	264	5.000	340	1.471
		0-10	15	8,0	188	48	55	87	14	0,39	3.590	25	0,7	3.571	32	1,1	2.909	36	18,0	200	0,45	0,39	115	17.600	340	5.176
		30-50	12	8,0	150	23	55	42	15	0,39	3.846	16	0,7	2.286	26	1,1	2.364	22	18,0	122	0,20	0,39	51	9.900	340	2.912
6-145-1-P	711702	Auflage	9	4,6	196	77	25	308	4	0,13	3.077	4	0,7	571	7	1,3	538	104	5,8	1.793	1,38	0,13	1.062	2.300	350	657
		0-10	32	4,6	696	23	25	92	7	0,13	5.385	26	0,7	3.714	14	1,3	1.077	37	5,8	638	0,10	0,13	77	27.800	350	7.943
		30-50	33	4,6	717	24	25	96	9	0,13	6.923	34	0,7	4.857	14	1,3	1.077	30	5,8	517	0,27	0,13	208	37.500	350	10.714
6-147-1-P	717706	Auflage	#	4,3	#	#	34	#	#	0,13	#	#	0,5	#	#	1,3	#	#	9,2	#	#	0,23	#	#	340	#
		0-10	6	4,3	140	19	34	56	6	0,13	4.615	7	0,5	1.400	5	1,3	385	184	9,2	2.000	0,18	0,23	78	16.400	340	4.824
		30-50	9	4,3	209	47	34	138	14	0,13	10.769	19	0,5	3.800	10	1,3	769	24	9,2	261	0,25	0,23	109	42.300	340	12.441
6-147-2-P	716702	Auflage	10	3,8	263	105	34	309	4	0,13	3.077	3	0,5	600	6	0,9	667	60	8,1	741	0,95	0,18	528	2.200	240	917
		0-10	6	3,8	158	28	34	82	2	0,13	1.538	6	0,5	1.200	3	0,9	333	50	8,1	617	0,29	0,18	161	5.500	240	2.292
		30-50	27	3,8	711	124	34	365	5	0,13	3.846	25	0,5	5.000	9	0,9	1.000	73	8,1	901	0,60	0,18	333	26.800	240	11.167
6-152-1-P	708701	Auflage	11	5,2	212	33	26	127	3	0,13	2.308	9	2,0	450	16	2,2	727	44	7,1	620	0,51	0,12	425	7.800	1030	738
		0-10	18	5,2	346	57	26	219	11	0,13	8.462	23	2,0	1.150	31	2,2	1.409	30	7,1	423	0,32	0,12	267	39.200	1030	3.806
		30-50	25	5,2	481	78	26	300	20	0,13	15.385	30	2,0	1.500	44	2,2	2.000	13	7,1	183	0,12	0,12	100	37.700	1030	3.660
6-153-1-P	505717	Auflage	14	2,8	500	69	21	329	11	0,13	8.462	47	1,4	3.357	27	1,2	2.250	56	4,1	1.366	0,40	0,19	211	11.700	400	2.925
		0-10	18	2,8	643	69	21	329	28	0,13	21.538	133	1,4	9.500	81	1,2	6.750	44	4,1	1.073	0,10	0,19	53	35.500	400	8.875
		30-50	24	2,8	857	69	21	329	32	0,13	24.615	143	1,4	10.214	92	1,2	7.667	36	4,1	878	0,12	0,19	63	38.000	400	9.500
6-155-1-P	503711	Auflage	7	5,4	130	46	32	144	1	0,13	769	2	0,6	333	5	1,1	455	61	10,4	587	0,4	0,11	364	1.000	330	303
		0-10	3	5,4	56	8	32	25	3	0,13	2.308	2	0,6	333	2	1,1	182	69	10,4	663	0,19	0,11	173	6.400	330	1.939
		30-50	3	5,4	56	10	32	31	5	0,13	3.846	3	0,6	500	6	1,1	545	20	10,4	192	0,14	0,11	127	11.000	330	3.333
6-156-1-H	504704	Auflage	6	5,6	107	74	29	255	4	0,13	3.077	12	0,5	2.400	7	0,8	876	32	5,2	615	0,40	0,19	211	5.800	230	2.522
		0-10	6	5,6	107	31	29	107	5	0,13	3.846	13	0,5	2.600	11	0,8	1.375	17	5,2	327	0,01	0,19	5	12.900	230	5.609
		30-50	12	5,6	214	40	29	138	10	0,13	7.692	16	0,5	3.200	15	0,8	1.875	6	5,2	115	0,01	0,19	5	14.900	230	6.478
6-157-1-H	504703	Auflage	6	4,5	133	108	25	432	1	0,13	769	4	0,5	800	10	1,2	833	35	5,7	614	0,42	0,11	382	5.500	230	2.391
		0-10	12	4,5	267	90	25	360	9	0,13	6.923	21	0,5	4.200	30	1,2	2.500	30	5,7	526	0,10	0,11	91	33.200	230	14.435
		30-50	18	4,5	400	113	25	452	18	0,13	13.846	28	0,5	5.600	39	1,2	3.250	12	5,7	211	0,14	0,11	127	40.500	230	17.609

Endnr.	WBS	Horizont	Cu		Zn		Co		Cr		Ni		Pb		Cd		Fe									
			WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %								
6-158-2-H	612707	Auflage	9	5,8	155	38	29	131	5	0,13	3,846	6	0,4	1,500	8	3,2	250	57	6,3	905	0,47	0,18	261	7,900	220	3,591
		0-10	8	5,8	138	18	29	62	5	0,13	3,846	9	0,4	2,250	11	3,2	344	51	6,3	810	0,09	0,18	50	21,800	220	9,909
		30-50	13	5,8	224	44	29	152	10	0,13	7,692	19	0,4	4,750	21	3,2	656	17	6,3	270	0,06	0,18	33	32,900	220	14,955
6-159-1-H	612703	Auflage	11	5,3	208	52	27	193	7	0,13	5,385	8	0,5	1,600	9	0,7	1,288	70	5,2	1,346	0,57	0,12	475	9,100	210	4,333
		0-10	15	5,3	283	41	27	152	11	0,13	8,462	11	0,5	2,200	27	0,7	3,857	57	5,2	1,096	0,22	0,12	183	23,400	210	11,143
		30-50	20	5,3	377	49	27	181	14	0,13	10,769	12	0,5	2,400	30	0,7	4,286	51	5,2	981	0,20	0,12	167	26,800	210	12,762
6-160-1-H	606705	Auflage	11	4,9	224	59	29	203	5	0,13	3,846	9	0,5	1,800	14	0,6	2,333	150	5,6	2,679	0,80	0,22	364	7,700	190	4,053
		0-10	14	4,9	286	33	29	114	14	0,13	10,769	11	0,5	2,200	29	0,6	4,833	225	5,6	4,018	0,88	0,22	400	17,600	190	9,263
		30-50	16	4,9	327	28	29	97	19	0,13	14,615	10	0,5	2,000	33	0,6	5,500	36	5,6	643	0,71	0,22	323	17,800	190	9,368
6-161-1-P	406701	Auflage	#	4,8	#	#	28	#	#	0,38	#	#	0,5	#	#	1,2	#	#	4,6	#	#	0,21	#	#	170	#
		0-10	22	4,8	458	60	28	214	16	0,38	4,211	27	0,5	5,400	32	1,2	2,667	21	4,6	457	0,22	0,21	105	18,800	170	11,059
		30-50	20	4,8	417	49	28	175	14	0,38	3,684	25	0,5	5,000	32	1,2	2,667	17	4,6	370	0,19	0,21	90	18,700	170	11,000
6-162-1-P	607701	Auflage	13	5,3	245	83	34	244	7	0,42	1,667	19	1,2	1,583	19	3,1	613	76	8,0	950	0,33	0,18	183	11,700	380	3,079
		0-10	15	5,3	283	63	34	185	12	0,42	2,857	26	1,2	2,167	25	3,1	806	29	8,0	363	0,02	0,18	11	22,700	380	5,974
		30-50	16	5,3	302	65	34	191	14	0,42	3,333	28	1,2	2,333	17	3,1	548	11	8,0	138	0,09	0,18	50	23,600	380	6,211
6-163-1-P	614703	Auflage	15	5,1	294	57	32	178	8	0,30	2,667	11	0,6	1,833	13	1,4	929	96	13,5	711	0,55	0,29	190	7,500	310	2,419
		0-10	13	5,1	255	44	32	138	10	0,30	3,333	26	0,6	4,333	19	1,4	1,357	30	13,5	222	0,11	0,29	38	24,700	310	7,968
		30-50	15	5,1	294	57	32	178	19	0,30	6,333	28	0,6	4,667	25	1,4	1,786	20	13,5	148	0,10	0,29	34	26,300	310	8,484
6-164-1-P	604704	Auflage	15	5,3	283	78	31	252	4	0,46	870	10	0,8	1,250	13	1,4	929	87	11,0	791	0,79	0,20	395	7,400	400	1,850
		0-10	15	5,3	283	58	31	187	10	0,46	2,174	27	0,8	3,375	24	1,4	1,714	36	11,0	327	0,20	0,20	100	22,900	400	5,725
		30-50	19	5,3	358	68	31	219	17	0,46	3,696	32	0,8	4,000	33	1,4	2,357	20	11,0	182	0,19	0,20	95	25,800	400	6,450
3-165-1-P	615704	Auflage	20	5,0	400	93	21	443	9	0,33	2,727	17	0,5	3,400	24	1,1	2,182	54	6,4	844	0,94	0,19	495	12,200	260	4,982
		0-10	22	5,0	440	68	21	324	19	0,33	5,758	36	0,5	7,200	38	1,1	3,455	20	6,4	313	0,11	0,19	58	26,700	260	10,269
		30-50	23	5,0	460	60	21	286	20	0,33	6,061	35	0,5	7,000	37	1,1	3,364	5	6,4	78	0,21	0,19	111	27,300	260	10,500
3-166-1-P	605706	Auflage	14	6,1	230	52	30	173	13	0,42	3,095	17	0,8	2,125	20	1,8	1,111	33	8,8	375	0,31	0,22	141	15,600	380	4,105
		0-10	15	6,1	246	45	30	150	22	0,42	5,238	27	0,8	3,375	23	1,8	1,278	25	8,8	284	0,01	0,22	5	25,500	380	6,711
		30-50	20	6,1	328	49	30	163	21	0,42	5,000	31	0,8	3,875	32	1,8	1,778	16	8,8	182	0,03	0,22	14	28,600	380	7,526
3-167-1-P	102703	Auflage	10	4,7	213	46	23	200	6	0,40	1,500	12	0,7	1,714	16	1,5	1,067	60	6,9	870	0,50	0,24	208	7,300	340	2,147
		0-10	13	4,7	277	46	23	200	15	0,40	3,750	22	0,7	3,143	20	1,5	1,333	20	6,9	290	0,03	0,24	13	16,900	340	4,971
		30-50	21	4,7	447	58	23	252	18	0,40	4,500	29	0,7	4,143	30	1,5	2,000	16	6,9	232	0,05	0,24	21	22,700	340	6,676
6-169-1-H	801701	Auflage	9	7,2	125	50	57	88	2	1,15	174	4	1,6	250	6	3,4	176	78	13,6	574	0,50	0,33	152	2,800	1,100	255
		0-10	29	7,2	403	59	57	104	25	1,15	2,174	46	1,6	2,875	34	3,4	1,000	27	13,6	199	0,12	0,33	36	32,900	1,100	2,991
		30-50	31	7,2	431	52	57	91	24	1,15	2,087	45	1,6	2,813	41	3,4	1,206	19	13,6	140	0,07	0,33	21	34,700	1,100	3,155

Endnr.	WBS	Horizont	Cu		Zn		Co		Cr		Ni		Pb		Cd		Fe									
			WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %								
6-171-1-H	711703	Auflage	14	4,4	318	76	16	475	3	0,34	882	15	0,5	3.000	17	0,6	2.833	42	4,0	1.050	0,4	0,05	800	11.500	250	4.600
		0-10	19	4,4	432	50	16	313	11	0,34	3.235	23	0,5	4.600	31	0,6	5.167	46	4,0	1.150	0,26	0,05	520	22.200	250	8.880
		30-50	30	4,4	682	49	16	306	22	0,34	6.471	17	0,5	3.400	33	0,6	5.500	30	4,0	750	0,24	0,05	480	19.700	250	7.880
6-173-1-P	715701	Auflage	15	3,4	441	89	16	556	2	0,28	714	11	0,6	1.833	10	0,8	1.250	12	3,9	308	0,37	0,13	285	5.200	350	1.486
		0-10	16	3,4	471	53	16	331	4	0,28	1.429	28	0,6	4.667	20	0,8	2.500	10	3,9	256	0,2	0,13	154	24.700	350	7.057
		30-50	19	3,4	559	60	16	375	14	0,28	5.000	32	0,6	5.333	23	0,8	2.875	9	3,9	231	0,06	0,13	46	23.300	350	6.657
6-178-1-P	709702	Auflage	8	4,1	195	71	31	229	1	0,40	250	3	0,5	600	5	1,5	333	34	5,8	586	0,4	0,15	267	3.100	310	1.000
		0-10	33	4,1	805	77	31	248	15	0,40	3.750	34	0,5	6.800	36	1,5	2.400	25	5,8	431	0,23	0,15	153	54.600	310	17.613
		30-50	48	4,1	1.171	92	31	297	28	0,40	7.000	40	0,5	8.000	51	1,5	3.400	14	5,8	241	0,19	0,15	127	46.100	310	14.871
6-178-2-P	714702	Auflage	11	5,0	220	39	28	139	3	0,33	909	5	0,7	714	10	1,6	625	52	9,9	525	0,55	0,14	393	6.000	380	1.579
		0-10	19	5,0	380	81	28	289	14	0,33	4.242	26	0,7	3.714	30	1,6	1.975	37	9,9	374	0,03	0,14	21	47.700	380	12.553
		30-50	25	5,0	500	86	28	307	22	0,33	6.667	27	0,7	3.857	36	1,6	2.250	17	9,9	172	0,04	0,14	29	51.800	380	13.632
6-179-1-P	708702	Auflage	11	4,5	244	55	28	196	2	0,37	541	4	0,8	500	7	1,4	500	51	7,5	680	0,73	0,16	456	3.100	490	633
		0-10	12	4,5	267	33	28	118	9	0,37	2.432	24	0,8	3.000	17	1,4	1.214	46	7,5	613	0,25	0,16	156	29.100	490	5.939
		30-50	13	4,5	289	43	28	154	10	0,37	2.703	27	0,8	3.375	23	1,4	1.643	22	7,5	293	0,16	0,16	100	30.600	490	6.245
6-180-2-H	708701	Auflage	11	5,4	204	33	19	174	3	0,56	536	9	0,9	1.000	16	2,1	782	44	6,6	667	0,51	0,16	319	7.600	720	1.056
		0-10	18	5,4	333	57	19	300	11	0,56	1.964	23	0,9	2.556	31	2,1	1.476	30	6,6	455	0,32	0,16	200	39.200	720	5.444
		30-50	25	5,4	463	78	19	411	20	0,56	3.571	30	0,9	3.333	44	2,1	2.095	13	6,6	197	0,12	0,16	75	37.700	720	5.236
6-181-1-P	206701	Auflage	8	5,2	154	56	24	233	1	0,26	385	9	0,7	1.286	4	1,1	364	70	5,1	1.373	0,48	0,14	343	8.300	340	2.441
		0-10	6	5,2	115	15	24	63	1	0,26	385	11	0,7	1.571	8	1,1	727	43	5,1	843	0,14	0,14	100	12.600	340	3.706
		30-50	6	5,2	115	16	24	67	1	0,26	385	13	0,7	1.857	11	1,1	1.000	7	5,1	137	0,07	0,14	50	16.000	340	4.706
6-181-2-P	206717	Auflage	13	4,8	271	56	25	224	6	0,53	1.132	11	0,8	1.375	16	1,5	1.067	73	6,0	1.217	0,32	0,14	229	13.900	650	2.138
		0-10	21	4,8	438	69	25	276	15	0,53	2.830	28	0,8	3.500	24	1,5	1.800	48	6,0	800	0,27	0,14	193	46.400	650	7.138
		30-50	30	4,8	625	113	25	452	23	0,53	4.340	35	0,8	4.375	40	1,5	2.667	17	6,0	283	0,12	0,14	86	49.400	650	7.600
6-182-1-P	206705	Auflage	13	3,6	361	93	19	489	2	0,13	1.536	11	0,4	2.750	11	0,8	1.375	80	4,6	1.739	0,65	0,11	591	1.460	170	859
		0-10	17	3,6	472	65	19	342	10	0,13	7.692	22	0,4	5.500	23	0,8	2.875	23	4,6	500	0,25	0,11	227	3.610	170	2.124
		30-50	22	3,6	611	70	19	368	12	0,13	9.231	27	0,4	6.750	22	0,8	2.750	9	4,6	196	0,12	0,11	109	5.200	170	3.059
6-183-1-HP	206715	Auflage	#	4,2	#	#	25	#	#	0,38	#	#	2,0	#	#	1,1	#	#	9,2	#	#	0,30	#	380	#	#
		0-10	5	4,2	119	23	25	92	1	0,38	263	5	2,0	250	5	1,1	455	27	9,2	293	0,1	0,30	33	11.700	380	3.079
		30-50	7	4,2	167	31	25	124	2	0,38	526	7	2,0	350	5	1,1	455	17	9,2	185	0,11	0,30	37	14.400	380	3.789
6-185-1-P	202709	Auflage	12	4,2	266	82	29	283	4	0,36	1.111	12	0,7	1.714	12	1,4	857	78	10,7	729	0,66	0,17	388	8.000	410	1.951
		0-10	27	4,2	643	105	29	362	18	0,36	5.000	34	0,7	4.857	27	1,4	1.929	80	10,7	748	0,2	0,17	118	47.900	410	11.683
		30-50	34	4,2	810	131	29	452	21	0,36	5.833	39	0,7	5.571	30	1,4	2.143	27	10,7	252	0,11	0,17	65	49.500	410	12.073

EndNr.	WBS	Horizont	Cu		Zn		Co		Cr		Ni		Pb		Cd		Fe	
			#	WBS SM95 %	#	WBS SM95 %	#	WBS SM95 %	#	WBS SM95 %	#	WBS SM95 %	#	WBS SM95 %	#	WBS SM95 %	#	WBS SM95 %
6-186-1-P	202702	Auflage	20	4,1	89	27	330	23	0,65	43	1,5	2.867	33	11,4	289	0,04	0,25	16
		0-10	20	4,1	89	27	330	23	0,65	43	1,5	2.867	33	11,4	289	0,04	0,25	16
		30-50	28	4,1	112	27	415	34	0,65	51	1,5	3.400	44	11,4	386	0,09	0,25	36
6-187-1-P	209708	Auflage	15	3,7	67	22	305	1	0,26	17	0,4	4.250	10	1,2	833	0,45	0,15	300
		0-10	25	3,7	77	22	350	9	0,26	43	0,4	10.750	32	1,2	2.667	0,28	0,15	187
		30-50	25	3,7	57	22	259	12	0,26	42	0,4	10.500	31	1,2	2.583	0,13	0,15	87
6-188-1-P	209708	Auflage	#	4,6	#	27	#	#	0,27	#	0,5	#	#	0,9	#	#	0,19	#
		0-10	21	4,6	100	27	370	21	0,27	44	0,5	8.800	34	0,9	3.778	0,20	0,19	105
		30-50	25	4,6	109	27	404	18	0,27	53	0,5	10.600	39	0,9	4.333	0,12	0,19	63
3-190-1-P	608705	Auflage	13	6,3	90	32	281	6	0,42	11	0,8	1.375	16	1,5	1.067	0,91	0,27	337
		0-10	14	6,3	53	32	166	15	0,42	27	0,8	3.375	25	1,5	1.667	0,14	0,27	52
		30-50	33	6,3	78	32	244	33	0,42	50	0,8	6.250	52	1,5	3.467	0,28	0,27	104
3-193-1-P	102706	Auflage	13	4,4	98	33	297	5	0,64	7	0,7	1.000	19	3,9	487	1,06	0,28	379
		0-10	25	4,4	64	33	194	21	0,64	31	0,7	4.429	35	3,9	897	0,06	0,28	21
		30-50	40	4,4	90	33	273	25	0,64	44	0,7	6.286	46	3,9	1.179	0,05	0,28	18
7-196-1-H	714701	Auflage	10	4,8	68	26	262	5	0,13	6	0,5	1.200	8	1,0	800	0,51	0,12	425
		0-10	13	4,8	64	26	246	9	0,13	23	0,5	4.600	22	1,0	2.200	0,29	0,12	242
		30-50	15	4,8	71	26	273	11	0,13	27	0,5	5.400	25	1,0	2.500	0,16	0,12	133
7-199-1-P	203702	Auflage	#	4,6	#	36	#	#	0,13	#	0,3	#	#	0,4	#	#	0,29	#
		0-10	31	4,6	58	36	161	13	0,13	20	0,3	6.667	22	0,4	5.500	0,33	0,29	114
		30-50	36	4,6	39	36	108	10	0,13	21	0,3	7.000	17	0,4	4.250	0,08	0,29	28
6-200-1-P	207707	Auflage	13	6,7	56	36	156	1	0,35	13	0,7	1.857	10	1,2	833	0,40	0,21	190
		0-10	12	6,7	61	36	169	9	0,35	25	0,7	3.571	22	1,2	1.833	0,54	0,21	257
		30-50	18	6,7	63	36	175	13	0,35	26	0,7	3.714	26	1,2	2.167	0,04	0,21	19
7-200-2-P	207701	Auflage	15	9,2	110	37	297	6	0,46	9	1,0	900	7	1,6	438	0,99	0,28	354
		0-10	26	9,2	104	37	281	12	0,46	26	1,0	2.600	25	1,6	1.563	0,52	0,28	186
		30-50	34	9,2	104	37	281	15	0,46	33	1,0	3.300	27	1,6	1.688	0,29	0,28	104
7-201-1-P	204703	Auflage	14	6,3	64	26	246	3	0,13	10	0,4	2.500	7	0,6	1.167	1,09	0,16	681
		0-10	13	6,3	35	26	135	5	0,13	22	0,4	5.500	13	0,6	2.167	0,20	0,16	125
		30-50	11	6,3	38	26	146	9	0,13	20	0,4	5.000	17	0,6	2.833	0,12	0,16	75
7-202-1-P	204701	Auflage	13	5,3	52	28	179	1	0,43	2	0,9	222	1	2,1	48	0,25	0,21	119
		0-10	24	5,3	57	29	197	10	0,43	31	0,9	3.444	15	2,1	714	0,67	0,21	319
		30-50	19	5,3	43	29	148	10	0,43	28	0,9	3.111	26	2,1	1.238	0,44	0,21	210

Endnr.	WBS	Horizont	Cu		Zn		Co		Cr		Ni		Pb		Cd		Fe									
			WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %	WBS	SM95 %								
7-204-1-P	208701	Auflage	16	4,8	333	170	25	680	8	0,13	6,154	12	0,6	2,000	15	0,6	2,500	199	6,6	3,015	2,04	0,17	1,200	10,300	280	3,679
		0-10	22	4,8	458	124	25	496	18	0,13	13,846	27	0,6	4,500	27	0,6	4,500	130	6,6	1,970	1,29	0,17	759	29,200	280	10,429
		30-50	#	4,8	#	#	25	#	#	0,13	#	#	0,6	#	#	0,6	#	#	#	6,6	#	#	0,17	#	#	280
7-204-2-P	208705	Auflage	17	4,9	347	189	30	630	6	0,30	2,000	16	0,7	2,286	12	0,9	1,333	395	12,5	3,160	3,73	0,32	1,166	8,100	310	2,613
		0-10	15	4,9	306	144	30	480	17	0,30	5,667	27	0,7	3,857	28	0,9	3,111	108	12,5	864	2,32	0,32	725	19,500	310	6,290
		30-50	10	4,9	204	42	30	140	17	0,30	5,667	11	0,7	1,571	18	0,9	2,000	32	12,5	256	0,67	0,32	209	5,800	310	1,871
6-205-1-P	208703	Auflage	19	6,0	317	50	26	179	3	0,13	2,308	17	0,4	4,250	14	0,8	1,750	105	10,5	1,000	0,31	0,23	135	17,600	190	9,263
		0-10	23	6,0	383	44	28	157	8	0,13	6,154	27	0,4	6,750	16	0,8	2,000	70	10,5	667	0,15	0,23	65	34,400	190	18,105
		30-50	32	6,0	533	83	28	296	16	0,13	12,308	36	0,4	9,000	42	0,8	5,250	28	10,5	267	0,17	0,23	74	4,200	190	2,211
3-206-1-P	602701	Auflage	22	4,8	458	85	31	274	18	0,53	3,396	23	1,2	1,917	25	1,6	1,563	100	11,2	893	0,57	0,30	190	19,500	760	2,566
		0-10	30	4,8	625	82	31	265	21	0,53	3,962	38	1,2	3,167	36	1,6	2,250	67	11,2	598	0,25	0,30	83	39,900	760	5,250
		30-50	37	4,8	771	89	31	287	23	0,53	4,340	45	1,2	3,750	53	1,6	3,313	32	11,2	286	0,23	0,30	77	47,000	760	6,184
3-207-1-P	608703	Auflage	18	3,9	462	99	26	381	14	0,29	4,828	22	0,8	2,750	23	1,7	1,353	119	8,9	1,337	0,89	0,33	300	16,100	340	4,735
		0-10	20	3,9	513	91	26	350	15	0,29	5,172	30	0,8	3,750	29	1,7	1,706	36	8,9	404	0,28	0,33	85	32,500	340	9,559
		30-50	24	3,9	615	114	26	438	23	0,29	7,931	36	0,8	4,500	41	1,7	2,412	28	8,9	315	0,12	0,33	36	38,700	340	11,382
3-208-1-P	608702	Auflage	11	4,5	244	39	38	100	4	0,13	3,077	6	0,7	857	10	1,2	833	66	10,0	660	0,79	0,34	232	8,200	270	3,037
		0-10	16	4,5	356	56	38	147	12	0,13	9,231	29	0,7	4,143	28	1,2	2,333	29	10,0	290	0,11	0,34	32	24,300	270	9,000
		30-50	20	4,5	444	65	38	171	15	0,13	11,538	34	0,7	4,857	23	1,2	1,917	16	10,0	160	0,04	0,34	12	27,100	270	10,037
7-212-1-P	204706	Auflage	14	6,9	203	117	32	366	5	0,37	1,351	5	0,7	714	8	1,4	571	162	14,6	1,110	1,94	0,22	882	5,800	500	1,160
		0-10	28	6,9	406	69	32	216	17	0,37	4,595	18	0,7	2,571	23	1,4	1,643	131	14,6	897	0,37	0,22	168	35,200	500	7,040
		30-50	32	6,9	464	76	32	238	26	0,37	7,027	18	0,7	2,571	41	1,4	2,929	122	14,6	836	0,43	0,22	195	39,900	500	7,980
2-77-1A	101702	Auflage	19	6,4	297	93	36	256	7	0,58	1,207	15	2,5	800	16	3,1	516	45	18,9	238	0,88	0,30	293	7,600	1,540	494
		0-10	22	6,4	344	84	36	233	14	0,58	2,414	33	2,5	1,320	36	3,1	1,161	40	18,9	212	0,92	0,30	307	23,400	1,540	1,519
		30-50	28	6,4	438	62	36	172	18	0,58	3,103	35	2,5	1,400	44	3,1	1,419	32	18,9	169	0,71	0,30	237	22,500	1,540	1,461

Anhang 4: Tabelle aller Schwermetallkonzentrationen an allen beprobten Standorten.

NWG = Nachweisgrenze;

< = Wert unter der Nachweisgrenze;

* = Einzelwert wurde für Auswertung eliminiert;

** = gesamte Probe wurde wegen Sekundärverunreinigung mit Boden eliminiert.

EndNr.	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mo	Ni	Pb	V	S	Zn
1-5-1P	< 0,13	0,17	< 0,25	0,8	6,7	300	0,04	< 0,25	1,8	8,1	1,4	950	28
1-6-1P	0,14	0,21	< 0,25	1,3	6,7	480	0,08	< 0,25	2,1	11,6	2,3	1.300	37
1-7-1P	< 0,13	0,25	< 0,25	1,0	9,2	520	0,07	0,26	1,9	12,5	2,0	1.130	37
1-8-1P	0,13	0,23	0,39	1,8	10,3	740	0,06	< 0,25	3,0	8,1	2,2	1.310	31
2-9-1A	0,39	0,19	0,44	2,1	7,9	1.050	0,07	0,35	3,7	19,4	2,8	1.230	36
2-9-1R	0,44	0,22	0,49	2,3	8,2	1.210	0,07	0,25	2,6	23,0	3,2	1.030	44
2-11-1A	0,27	0,18	0,29	1,5	5,2	790	0,07	0,37	1,8	9,6	3,2	1.240	25
2-11-1HP	0,36	0,30	0,33	1,8	5,1	1.000	0,07	0,42	1,9	10,4	3,2	1.120	30
1-13-1HP	< 0,13	0,66	0,38	1,1	8,5	580	0,06	0,45	2,3	13,8	2,3	1.280	49
1-14-1P	< 0,13	0,20	< 0,25	0,4	6,6	180	0,03	< 0,25	1,0	8,0	0,9	1.210	28
1-14-2P	< 0,13	0,17	< 0,25	0,5	4,9	300	0,04	< 0,25	1,0	7,2	1,2	1.110	28
1-15-1P	< 0,13	0,20	< 0,25	0,6	5,0	340	0,03	< 0,25	0,7	6,2	1,2	1.230	32
1-16-1P	< 0,13	0,19	< 0,25	0,7	4,7	370	0,04	0,25	1,0	7,2	1,3	1.160	34
1-17-1P	< 0,13	0,21	< 0,25	0,7	4,6	350	0,03	0,26	1,1	7,5	1,4	1.140	25
1-18-1P	0,34	0,22	0,42	1,2	4,9	1.270	0,04	< 0,25	1,1	6,4	2,4	1.390	29
1-18-2P	< 0,13	0,17	< 0,25	0,5	5,8	280	0,05	< 0,25	0,8	8,9	1,2	1.240	34
1-19-1P	< 0,13	0,25	< 0,25	0,7	3,9	520	0,04	0,29	1,1	8,2	1,5	930	27
1-20-1P	< 0,13	0,19	0,65	0,8	4,6	460	0,07	0,30	1,8	10,7	1,9	1.190	35
1-20-2P	< 0,13	0,26	0,30	1,0	5,2	800	0,06	0,29	1,5	9,6	2,1	1.170	32
1-21-1P	0,17	0,34	0,41	1,0	6,4	670	0,07	0,34	1,8	12,8	2,3	1.340	37
2-22-1A	0,58	0,15	0,86	3,2	7,2	2.220	0,08	0,31	3,7	10,2	4,1	1.330	37
2-23-1A	0,56	0,19	0,57	2,5	7,3	1.560	0,07	0,40	2,7	10,8	3,6	1.710	43
2-24-2A	0,35	0,27	0,26	1,7	5,6	1.020	0,05	0,44	2,0	12,3	2,9	1.430	33
2-24-1HP	0,16	0,32	0,31	1,0	4,9	510	0,07	0,25	2,4	9,5	1,7	1.200	26
2-24-2HP	0,54	0,24	0,62	2,4	4,9	1.520	0,05	0,38	2,7	10,6	3,4	1.220	29
2-25-1A	0,61	0,20	0,59	2,5	6,2	1.470	0,08	0,44	2,6	11,9	4,4	1.360	36
2-25-1HP	0,76	0,20	0,62	2,7	5,3	1.650	0,09	0,39	2,7	12,7	4,7	1.290	29
2-26-1P	0,32	0,36	0,34	1,5	6,1	840	0,05	0,36	1,8	8,8	2,3	1.480	45
4-28-1P	< 0,13	0,20	< 0,25	0,5	5,2	230	0,08	0,26	1,1	6,0	0,8	1.190	32
4-29-1HP	0,15	0,42	0,85	0,9	6,3	440	0,07	0,32	2,0	8,9	1,3	1.410	35
1-30-1P	< 0,13	0,30	< 0,25	0,5	9,2	170	0,02	0,33	1,2	9,6	1,2	1.220	50
4-31-1HP	< 0,13	0,26	0,43	4,9	10,0	510	0,10	0,66	2,4	13,5	2,6	1.730	66
1-32-1P	< 0,13	0,17	0,27	10,0*	5,1	540	0,05	0,43	1,0	6,6	2,8	1.150	30
1-33-1P	< 0,13	0,31	< 0,25	4,7	6,5	320	0,07	0,30	1,2	9,8	1,5	1.510	60
1-34-1P	0,14	0,34	0,43	3,8	4,9	900	0,08	0,36	1,4	11,0	3,0	1.350	52
1-35-1P	< 0,13	0,22	< 0,25	2,4	4,3	290	0,05	0,28	0,9	7,8	1,2	1.010	30
1-36-1P	< 0,13	0,21	0,44	2,2	5,1	640	0,05	0,29	1,6	9,5	2,1	1.240	32
1-37-1P	0,19	0,31	0,46	1,2	7,4	530	0,07	< 0,25	1,6	13,8	2,0	1.360	44
2-38-1HP	0,41	0,32	0,59	3,5	6,2	1.300	0,06	< 0,25	2,3	8,5	2,8	1.620	51

EndNr.	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mo	Ni	Pb	V	S	Zn
4-39-1A	0,34	0,18	0,54	3,5	6,4	1.640	0,07	0,58	3,0	11,9	3,1	1.470	34
2-40-1A	0,68	0,15	0,66	2,5	5,4	1.510	0,07	0,32	2,6	8,8	3,5	1.350	30
2-41-1A	0,74	0,16	0,64	2,8	6,7	1.640	0,08	<0,25	3,2	8,8	3,6	1.320	32
2-42-1A	1,12	0,13	1,09	4,0	8,6	2.430	0,06	<0,25	4,3	8,4	4,2	1.120	27
2-43-1A	0,20	0,21	<0,25	1,4	4,5	700	0,06	0,25	1,8	6,6	2,6	1.120	24
2-43-1HP	0,51	0,17	0,56	2,6	4,4	1.670	0,10	0,28	3,0	9,0	3,9	960	25
4-44-1HP	<0,13	0,21	<0,25	0,7	6,8	380	0,07	0,31	1,1	4,7	1,0	1.480	23
4-45-1P	<0,13	0,24	<0,25	0,6	12,0	140	0,09	<0,25	1,0	4,9	0,6	1.230	41
4-45-2P	<0,13	0,15	<0,25	0,2	6,9	90	0,05	<0,25	0,7	3,5	0,4	1.150	29
4-46-1P	<0,13	0,26	<0,25	0,6	10,4	160	0,07	<0,25	1,0	7,4	0,9	1.210	37
4-47-1P	0,46	0,26	<0,25	0,7	6,7	410	0,06	<0,25	1,3	9,9	1,3	1.270	39
4-47-2P	<0,13	0,31	<0,25	0,6	7,7	190	0,06	0,29	1,5	11,1	1,3	1.380	44
4-48-1P	<0,13	0,22	<0,25	0,6	8,4	200	0,05	<0,25	0,9	6,7	1,0	1.590	39
4-49-1P	<0,13	0,30	<0,25	0,6	6,0	130	0,04	<0,25	0,9	3,2	0,4	1.310	46
4-50-1P	<0,13	0,22	<0,25	0,5	9,2	160	0,06	<0,25	1,0	5,4	0,7	1.330	40
4-51-1HP	0,27	0,29	0,81	1,6	5,4	850	0,10	0,56	3,4	19,3	2,5	1.220	38
4-52-1HP	0,84	0,61	1,18	3,4	9,8	2.350	0,11	0,49	4,0	7,3	3,1	1.960	80
4-53-1HP	<0,13	0,44	0,47	1,5	6,3	660	0,09	0,37	2,5	16,4	1,6	1.480	41
4-54-1HP	<0,13	0,41	0,40	1,3	7,3	670	0,11	0,34	2,1	12,6	1,9	1.530	49
5-55-1HP	0,2	0,38	<0,25	1,2	5,2	650	0,06	0,51	1,4	11,6	2,0	1.210	28
4-56-1HP	<0,13	0,51	0,35	1,0	6,3	460	0,07	<0,25	2,9	11,3	1,4	1.310	36
5-57-1A	0,37	0,31	0,64	3,3	7,0	1.750	0,05	<0,25	3,8	11,6	4,7	1.400	41
5-57-2H	0,34	0,38	0,41	2,1	10,1	1.230	0,12	0,43	3,8	25,9	3,9	1.610	48
5-57-1HP	0,16	0,27	<0,25	1,0	6,4	520	0,06	0,31	5,8	11,7	1,3	1.420	25
2-58-1A	0,16	0,22	<0,25	1,2	6,1	560	0,07	0,47	1,4	9,8	2,0	1.150	30
2-58-1HP	0,39	0,27	0,36	1,9	6,1	900	0,07	0,61	1,8	12,8	3,0	1.190	38
2-58-1R	0,44	0,21	0,49	1,8	5,8	930	0,07	0,57	1,8	12,1	2,6	1.290	36
2-59-1A	0,59	0,20	0,54	2,3	7,5	1.400	0,09	0,48	2,9	11,1	3,8	1.620	42
2-60-1A **	1,83	0,20	1,57	5,6	8,0	4.100	0,06	0,31	6,7	13,5	6,8	1.350	40
2-61-1A	0,29	0,30	0,26	1,7	5,9	940	0,08	0,26	3,0	16,7	7,8	1.280	40
4-63-1H	<0,13	0,20	<0,25	1,9	7,6	300	–	0,32	0,9	7,0	1,1	1.240	29
4-64-1HP	0,63	0,45	0,96	3,0	8,2	1.870	0,11	0,46	4,1	24,6	4,8	1.380	40
5-65-1HP	<0,13	0,43	<0,25	0,8	6,7	300	0,07	0,36	2,8	13,9	1,7	1.260	65
5-66-1HP	<0,13	0,56	<0,25	0,7	6,5	290	0,08	0,41	2,7	21,9	1,7	1.380	48
5-67-1HP	<0,13	0,42	<0,25	0,8	6,4	230	0,08	0,40	1,3	13,1	1,4	1.270	49
5-68-1P	0,15	0,30	<0,25	2,7	3,4	530	0,09	0,25	1,3	10,7	8,3	1.160	31
5-69-1HP	<0,13	0,19	<0,25	0,6	3,2	260	0,06	0,32	0,8	8,5	1,3	810	18
5-70-1P	<0,13	0,31	<0,25	0,7	3,9	270	0,06	0,30	0,7	10,3	1,5	1.130	22
5-71-1HP	<0,13	0,59	0,44	1,1	6,8	590	0,11	0,41	3,3	20,7	2,7	1.370	47
5-72-1H	<0,13	0,57	<0,25	0,9	9,1	380	0,08	0,44	1,2	14,3	1,9	1.410	37
5-73-1P	<0,13	0,31	<0,25	0,6	4,5	240	0,05	0,34	0,7	8,4	1,3	1.050	32
5-74-2HP	<0,13	0,77	<0,25	0,7	4,5	310	0,08	0,31	0,8	7,2	1,1	1.380	44
5-74-1P	0,42	0,35	<0,25	1,4	4,4	840	0,06	0,37	1,6	19,8	2,3	940	39

EndNr.	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mo	Ni	Pb	V	S	Zn
5-74-2P	< 0,13	0,20	< 0,25	0,6	3,3	230	0,04	0,32	0,7	7,3	1,1	770	26
5-75-2HP	< 0,13	0,21	< 0,25	0,5	3,2	180	0,04	< 0,25	0,6	7,5	1,0	950	26
5-75-1P	< 0,13	0,23	< 0,25	0,7	3,6	290	0,05	0,43	0,6	6,2	1,2	1.000	22
6-76-1P	0,19	0,33	0,37	1,0	5,5	710	0,06	< 0,25	2,0	20,3	2,3	1.150	37
2-77-1A	0,93	0,30	0,58	2,5	6,4	1.540	0,08	0,47	3,1	18,9	4,1	1.280	36
2-77-1HP	1,00	0,31	0,72	2,8	6,1	1.730	0,08	0,40	3,3	14,6	4,3	1.270	35
2-78-1A	0,47	0,13	< 0,25	1,2	5,8	710	0,06	< 0,25	1,1	8,5	1,9	1.240	26
2-78-1HP	0,54	0,15	0,27	1,3	5,6	890	0,05	0,39	1,4	10,6	2,4	1.260	30
2-79-1HP	0,25	0,18	0,36	1,4	5,1	930	0,06	0,29	2,1	9,6	3,0	1.220	25
4-82-1P	< 0,13	0,33	< 0,25	0,5	5,9	220	0,05	0,48	1,2	10,6	1,3	1.240	46
5-84-1H	< 0,13	0,23	< 0,25	0,8	7,3	500	0,05	< 0,25	1,6	8,3	1,5	1.140	30
5-85-1P	< 0,13	0,30	< 0,25	0,8	4,8	260	0,04	1,01	1,0	8,9	1,5	1.090	42
5-88-1H	< 0,13	0,24	< 0,25	0,6	7,0	270	0,06	0,38	0,9	11,1	1,6	1.030	32
5-89-1H	0,30	0,18	0,79	2,1	9,0	1.340	0,08	0,29	4,2	11,5	2,9	1.140	32
5-90-1H	< 0,13	0,43	< 0,25	0,8	10,3	390	0,09	0,40	1,1	19,0	1,8	1.340	37
5-91-1H	< 0,13	0,25	< 0,25	0,7	8,2	300	0,06	0,31	1,0	11,9	1,7	1.100	31
5-92-1HP	< 0,13	0,58	< 0,25	0,6	3,8	220	0,04	< 0,25	1,9	8,5	0,8	1.010	38
5-94-1H	< 0,13	0,20	< 0,25	0,5	4,4	210	0,04	0,32	0,7	5,5	1,0	960	24
5-95-1H	< 0,13	0,22	< 0,25	0,7	6,3	430	0,06	< 0,25	1,7	10,7	1,6	1.050	30
5-96-1H	< 0,13	0,30	< 0,25	0,7	8,1	340	0,08	0,36	1,1	18,7	2,3	1.200	40
5-97-1HP	< 0,13	0,21	< 0,25	0,8	5,5	360	0,09	0,36	0,9	14,0	1,5	1.320	39
5-98-1H	0,13	0,40	< 0,25	0,8	6,0	370	0,07	0,26	0,9	10,0	2,4	1.200	24
5-99-1P	< 0,13	0,18	< 0,25	0,4	5,5	170	0,05	< 0,25	0,8	7,8	1,0	1.070	27
5-100-1H	< 0,13	0,19	< 0,25	0,5	4,1	200	0,05	0,30	0,8	6,8	1,0	990	24
5-101-1P	< 0,13	0,71	< 0,25	0,5	3,3	250	0,04	< 0,25	9,2*	7,6	1,1	1.010	30
5-102-1H	0,23	0,30	< 0,25	1,0	5,5	410	0,06	0,48	0,9	12,4	1,6	1.130	31
6-103-1P	0,32	0,30	0,99	0,9	5,2	550	0,06	0,39	1,9	10,8	1,4	1.110	44
6-104-1P	< 0,13	0,15	< 0,25	0,7	4,0	200	0,04	0,30	0,8	7,0	1,0	980	24
6-104-2P	< 0,13	0,12	< 0,25	0,4	3,7	140	0,03	< 0,25	0,8	5,8	0,8	850	24
6-105-1P	< 0,13	0,25	< 0,25	0,6	4,3	290	0,05	0,26	1,2	11,6	1,4	1.010	32
6-106-1P	< 0,13	0,26	< 0,25	0,6	4,9	270	0,05	< 0,25	0,8	8,4	1,0	1.110	24
3-107-1P	0,13	0,19	< 0,25	0,7	3,7	360	0,03	< 0,25	1,1	5,8	1,2	1.190	27
3-108-1HP	0,33	0,27	0,66	1,3	4,7	700	0,06	0,31	2,4	10,8	2,1	1.200	27
2-109-1HP	0,50	0,29	0,50	2,3	5,2	1.280	0,05	0,37	2,0	8,3	2,6	1.100	30
5-111-2H	0,31	0,32	0,59	1,5	10,0	1.120	0,09	0,44	2,5	21,2	2,7	1.410	42
5-111-1HP	< 0,13	0,33	< 0,25	0,9	6,0	410	0,06	0,43	1,4	11,5	1,3	1.540	30
5-112-1H	< 0,13	0,26	< 0,25	0,6	8,7	260	0,06	0,31	1,5	12,6	1,5	1.280	38
5-112-2P	< 0,13	0,23	< 0,25	0,6	5,3	240	0,04	< 0,25	1,0	9,0	1,3	1.020	39
5-113-1P	< 0,13	0,22	< 0,25	0,5	5,9	250	0,06	0,30	1,0	9,3	1,1	1.110	40
5-114-1P	< 0,13	0,14	< 0,25	0,4	2,9	190	0,03	< 0,25	0,5	5,7	0,9	760	18
5-115-1H	< 0,13	0,26	< 0,25	0,7	7,0	400	0,07	0,66	1,0	10,3	1,6	1.160	31
5-115-2H	< 0,13	0,14	< 0,25	0,5	4,3	230	0,05	0,29	0,6	4,6	0,9	930	28
5-116-1H	< 0,13	0,24	< 0,25	0,5	6,4	260	0,05	0,47	0,7	8,6	1,3	1.160	48

EndNr.	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mo	Ni	Pb	V	S	Zn
5-117-1H	0,13	0,25	< 0,25	0,8	8,4	430	0,08	0,34	0,9	10,3	1,3	1.130	34
5-118-2H	0,27	0,51	0,45	1,0	13,0	610	0,09	0,27	2,1	19,5	1,7	1.440	57
5-118-1H	< 0,13	0,26	< 0,25	0,6	6,9	270	0,07	0,27	0,7	11,4	1,4	1.100	48
6-119-1H	0,39	0,41	< 0,25	0,7	9,6	500	0,15	< 0,25	0,8	13,8	1,5	1.080	41
5-120-1P	< 0,13	0,39	< 0,25	0,6	16,7	310	0,08	< 0,25	1,1	13,7	1,0	1.230	45
6-120-2P	< 0,13	0,62	< 0,25	0,4	13,8	250	0,11	0,27	0,9	18,2	0,9	1.150	65
6-121-1H	0,30	0,17	< 0,25	0,6	7,9	670	0,08	< 0,25	1,7	10,0	1,1	1.340	31
6-122-1P	< 0,13	0,14	< 0,25	0,3	6,4	180	0,04	< 0,25	0,6	5,3	0,6	1.000	25
6-122-2P	< 0,13	< 0,1	< 0,25	0,5	4,4	140	0,04	< 0,25	0,8	4,2	0,5	900	21
6-123-1H	< 0,13	0,16	< 0,25	0,4	4,6	270	0,04	< 0,25	1,4	5,7	0,8	760	24
6-124-1P	0,18	0,29	< 0,25	0,4	6,8	310	0,05	< 0,25	1,0	8,3	1,0	1.140	33
5-125-1H	0,16	0,20	< 0,25	0,6	7,2	290	0,07	0,26	1,4	13,1	1,2	1.080	38
6-125-2H	< 0,13	0,11	< 0,25	0,4	6,8	140	0,07	< 0,25	1,0	6,9	0,9	1.080	30
5-126-1H	< 0,13	0,11	< 0,25	0,3	5,3	110	0,07	< 0,25	0,7	6,5	0,8	910	24
6-126-2H	< 0,13	< 0,1	< 0,25	0,4	6,4	190	0,08	< 0,25	1,2	6,6	1,0	1.100	27
6-127-1H	< 0,13	0,14	< 0,25	0,5	6,4	140	0,08	< 0,25	1,2	8,2	1,0	1.050	27
6-128-1P	< 0,13	0,12	< 0,25	0,2	5,8	70	0,03	< 0,25	0,4	2,1	0,3	1.030	26
6-129-1H	< 0,13	< 0,10	< 0,25	0,3	5,2	110	0,04	< 0,25	0,6	3,2	0,4	1.060	24
6-130-1P	< 0,13	0,22	< 0,25	0,7	5,2	350	0,06	< 0,25	1,3	6,6	1,3	1.020	28
6-131-1P	< 0,13	0,16	< 0,25	0,5	4,6	250	0,08	< 0,25	1,0	8,1	0,8	870	25
5-132-1H	< 0,13	0,17	< 0,25	0,7	4,5	340	0,08	0,48	1,0	9,2	1,0	830	27
6-133-1P	< 0,13	0,34	0,34	1,4	5,0	660	0,14	0,70	1,6	13,5	1,2	1.050	50
6-134-1P	< 0,13	0,21	< 0,25	0,9	4,6	300	0,05	0,40	0,9	8,1	1,0	1.100	28
6-135-1P	< 0,13	0,17	< 0,25	0,8	4,0	420	0,04	< 0,25	1,1	7,4	1,2	850	22
6-136-1P	0,13	0,25	0,25	1,1	5,3	540	0,10	0,30	2,2	18,8	2,2	1.140	29
3-136-2P	< 0,13	0,17	< 0,25	0,8	5,3	340	0,05	< 0,25	1,4	8,8	1,3	950	24
6-137-1P	< 0,13	0,19	< 0,25	0,6	5,3	320	0,05	< 0,25	1,4	9,0	1,1	1.090	28
3-138-1HP	0,20	0,23	< 0,25	1,0	4,8	480	0,07	< 0,25	2,0	10,3	1,7	1.000	24
6-138-2P	< 0,13	0,18	< 0,25	1,2	4,6	620	0,04	< 0,25	2,7	5,5	1,3	1.010	26
5-141-1H	< 0,13	0,39	0,39	0,7	8,0	340	0,10	0,76	1,1	18,0	1,8	1.250	55
5-142-1H	< 0,13	0,33	0,33	2,8	8,4	760	0,07	0,46	2,4	13,6	2,8	1.350	47
6-143-1H	< 0,13	0,20	< 0,25	0,6	5,1	280	0,06	0,38	0,7	8,3	1,2	1.030	30
6-143-2H	< 0,13	0,23	< 0,25	0,6	6,4	320	0,09	0,26	1,4	9,5	1,3	1.080	34
6-144-1H	< 0,13	0,22	< 0,25	0,6	7,3	340	0,06	< 0,25	1,8	5,7	1,1	1.140	33
6-145-1P	< 0,13	0,13	< 0,25	0,7	4,6	350	0,05	< 0,25	1,3	5,8	1,2	810	25
6-146-1P	< 0,13	0,17	< 0,25	0,6	4,6	310	0,04	0,27	0,6	6,1	1,0	950	23
6-146-2P	0,13	0,16	< 0,25	0,4	3,2	250	0,03	< 0,25	0,5	5,1	0,8	750	22
6-147-1P	< 0,13	0,23	< 0,25	0,5	4,3	340	0,05	< 0,25	1,3	9,2	1,2	870	34
6-147-2P	< 0,13	0,18	< 0,25	0,5	3,8	240	0,04	< 0,25	0,9	8,1	1,1	870	34
6-150-1P	1,34*	0,52	0,52	0,9	7,2	860	0,04	< 0,25	2,1	11,0	1,2	1.130	50
6-151-1P	< 0,13	0,22	< 0,25	0,7	4,4	420	0,04	< 0,25	0,9	8,7	1,4	910	32
6-152-1P	0,20	0,12	< 0,25	2,0	5,2	1.030	0,04	< 0,25	2,2	7,1	1,8	830	26
6-153-1P	< 0,13	0,19	< 0,25	1,4	2,8	400	0,04	< 0,25	1,2	4,1	1,2	820	21

EndNr.	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mo	Ni	Pb	V	S	Zn
6-154-1P	0,17	0,13	< 0,25	0,4	4,2	100	0,02	< 0,25	0,6	2,4	0,4	780	20
6-155-1H	< 0,13	0,11	< 0,25	0,6	5,4	330	0,06	< 0,25	1,1	10,4	1,3	950	32
6-156-1H	< 0,13	0,19	< 0,25	0,5	5,6	230	0,05	1,07	0,8	5,2	0,8	880	29
6-157-1H	0,16	0,11	< 0,25	0,5	4,5	230	0,07	< 0,25	1,2	5,7	0,9	890	25
6-157-2H	0,18	0,11	< 0,25	0,8	4,2	490	0,04	< 0,25	0,9	4,4	1,1	820	22
6-158-1H	< 0,13	0,24	< 0,25	0,5	5,1	200	0,05	< 0,25	1,0	5,9	1,0	1.010	33
6-158-2H	< 0,13	0,18	< 0,25	0,4	5,8	220	0,06	< 0,25	3,2	6,3	0,9	890	29
6-159-1H	< 0,13	0,12	< 0,25	0,5	5,3	210	0,09	< 0,25	0,7	5,2	0,8	940	27
6-160-1H	< 0,13	0,22	< 0,25	0,5	4,9	190	0,05	< 0,25	0,6	5,6	0,8	880	29
6-160-2H	0,13	0,17	0,29	0,9	7,0	360	0,08	0,98	1,4	10,3	2,0	1.110	29
6-161-1P	< 0,13	0,21	0,38	0,5	4,8	170	0,04	0,77	1,2	4,6	0,7	1.130	28
6-162-1P	< 0,13	0,18	0,42	1,2	5,3	380	0,07	0,82	3,1	8,0	1,1	1.080	34
6-162-2P	< 0,13	0,27	0,30	0,8	4,7	400	0,05	1,22	1,4	13,5	1,8	840	28
6-163-1P	< 0,13	0,29	0,30	0,6	5,1	310	0,07	0,77	1,4	13,5	1,3	980	32
6-164-1P	< 0,13	0,20	0,46	0,8	5,3	400	0,05	1,84	1,4	11,0	1,4	1.030	31
3-165-1P	< 0,13	0,19	0,33	0,5	5,0	260	0,03	0,74	1,1	6,4	0,9	930	21
3-166-1P	< 0,13	0,22	0,42	0,8	6,1	380	0,05	0,85	1,8	8,8	1,4	1.150	30
3-167-1P	< 0,13	0,24	0,40	0,7	4,7	340	0,04	0,86	1,5	6,9	1,2	910	23
3-168-1P	< 0,13	0,21	0,42	0,7	5,4	310	0,04	1,12	1,5	6,3	1,1	1.170	24
6-169-1H	0,21	0,33	1,15	1,6	7,2	1.100	0,07	1,27	3,4	13,6	3,0	1.170	57
6-169-2P	0,20	0,25	0,59	0,8	6,8	550	0,05	1,12	1,6	17,6	1,7	1.210	42
6-171-1H	< 0,13	< 0,1	0,34	0,5	4,4	250	0,05	1,18	0,6	4,0	0,7	800	16
6-173-1P	< 0,13	0,13	0,28	0,6	3,4	350	0,03	0,73	0,8	3,9	1,0	690	16
6-178-1P	< 0,13	0,15	0,40	0,5	4,1	310	0,04	0,83	1,5	5,8	0,9	840	31
6-178-2P	0,14	0,14	0,33	0,7	5,0	380	0,04	0,95	1,6	9,9	1,4	850	28
6-179-1P	0,13	0,16	0,37	0,8	4,5	490	0,04	0,67	1,4	7,5	1,5	950	28
6-180-2H	0,27	0,16	0,56	0,9	5,4	720	0,04	0,98	2,1	6,6	1,4	760	19
6-180-1P	0,35	0,16	0,64	1,4	4,9	1.040	0,08	1,40	2,2	10,1	2,1	1.020	26
6-181-1P	< 0,13	0,14	0,26	0,7	5,2	340	0,04	0,93	1,1	5,1	0,9	930	24
6-181-2P	0,17	0,14	0,53	0,8	4,8	650	0,04	0,74	1,5	6,0	1,3	910	25
6-182-1P	< 0,13	0,11	< 0,25	0,4	3,6	170	0,02	1,12	0,8	4,6	0,7	740	19
6-183-1HC	< 0,13	0,30	0,38	2,0	4,2	380	0,04	1,27	1,1	9,2	1,1	1.110	25
6-184-1P	< 0,13	0,14	0,32	0,4	4,6	170	0,04	1,25	1,4	4,8	0,6	1.010	26
6-185-1P	0,15	0,17	0,36	0,7	4,2	410	0,06	0,74	1,4	10,7	1,5	1.000	29
6-186-1P	< 0,13	0,25	0,65	1,5	4,1	530	0,08	7,66	11,4	6,1	14,7	1.100	27
6-187-1P	< 0,13	0,15	0,26	0,4	3,7	230	0,04	0,56	1,2	4,8	1,1	1.010	22
6-188-1P	< 0,13	0,19	0,27	0,5	4,6	250	0,04	0,66	0,9	8,0	1,0	880	27
6-189-1P	< 0,13	0,21	< 0,25	0,6	4,6	250	0,04	0,81	1,4	11,2	1,3	970	27
3-190-1P	0,13	0,27	0,42	0,8	6,3	420	0,05	0,95	1,5	11,3	1,4	1.100	32
3-190-2P	< 0,13	0,33	0,32	0,8	7,0	380	0,06	0,99	1,3	18,3	1,8	1.020	30
3-191-1P	< 0,13	0,22	< 0,25	0,4	4,6	200	0,04	1,39	0,8	6,2	0,8	890	29
3-192-1P	< 0,13	0,21	0,33	0,5	3,6	240	0,04	0,87	0,9	7,6	1,3	930	19
3-193-1P	0,13	0,28	0,64	0,7	4,4	490	0,03	0,99	3,9	7,6	1,3	840	33

EndNr.	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mo	Ni	Pb	V	S	Zn
7-196-H	0,13	0,12	< 0,25	0,5	4,8	280	0,05	0,99	1,0	7,8	1,2	710	26
7-197-2H	0,48	0,20	0,85	1,5	6,1	1.390	0,04	0,56	2,2	5,9	2,4	990	29
7-197-1P	< 0,13	0,18	0,25	0,7	4,4	340	0,04	1,08	1,2	9,0	1,5	1.110	25
7-198-1P	< 0,13	0,20	0,30	0,5	4,1	290	0,01	0,81	1,2	6,7	1,3	670	22
7-198-2P	< 0,13	0,31	0,34	0,7	9,8	330	0,05	0,99	1,7	10,2	1,7	1.360	44
7-199-1P	< 0,13	0,29	< 0,25	0,3	4,6	140	0,03	0,86	0,4	8,0	0,8	830	36
6-200-1P	< 0,13	0,21	0,35	0,7	6,7	290	0,04	0,80	1,2	7,8	1,1	1.350	36
7-200-2P	< 0,13	0,28	0,46	1,0	9,2	370	0,05	1,18	1,6	14,3	1,5	1.210	37
7-201-1P	< 0,13	0,16	< 0,25	0,4	6,3	160	0,03	0,49	0,6	7,1	0,8	910	26
7-202-1P	0,20	0,21	0,43	0,9	5,3	500	0,06	1,16	2,1	11,5	1,9	1.140	29
7-203-1P	< 0,13	0,21	< 0,25	0,4	5,5	120	0,03	0,52	0,6	5,8	0,8	1.110	29
7-204-1P	0,15	0,17	< 0,25	0,6	4,8	280	0,06	0,60	0,6	6,6	1,1	1.180	25
7-204-2P	< 0,13	0,32	0,30	0,7	4,9	310	0,05	1,16	0,9	12,5	1,4	1.130	30
6-205-1P	< 0,13	0,23	< 0,25	0,4	6,0	190	0,04	0,80	0,8	10,5	0,9	950	28
3-206-1P	0,14	0,30	0,53	1,2	4,8	760	0,04	1,03	1,6	11,2	2,4	1.120	31
3-207-1P	< 0,13	0,33	0,29	0,8	3,9	340	0,02	0,53	1,7	8,9	1,3	1.050	26
3-208-1P	< 0,13	0,34	< 0,25	0,7	4,5	270	0,04	0,75	1,2	10,0	1,3	1.170	38
7-211-1H	< 0,13	0,35	< 0,25	0,7	6,4	300	0,06	0,76	0,9	28,6	2,0	1.090	36
7-212-1P	0,18	0,22	0,37	0,7	6,9	500	0,05	0,40	1,4	14,6	1,9	1.050	32
7-213-1HC	0,14	0,21	0,26	0,6	4,4	320	0,05	0,82	1,3	12,6	1,7	920	31
NWG	0,13	0,10	0,25	0,2	1,5	20	0,01	0,25	0,3	0,8	0,3	40	1

KARTENTEIL

Karte 1a: LAGE DER PROBENAHMEPUNKTE
1b: MOOSARTEN

Karten 2a/b: ARSEN (As) IN MOOSEN

Karten 3a/b: CADMIUM (Cd) IN MOOSEN

Karten 4a/b: COBALT (Co) IN MOOSEN

Karten 5a/b: CHROM (Cr) IN MOOSEN

Karten 6a/b: KUPFER (Cu) IN MOOSEN

Karten 7a/b: EISEN (Fe) IN MOOSEN

Karten 8a/b: QUECKSILBER (Hg) IN MOOSEN

Karten 9a/b: MOLYBDÄN (Mo) IN MOOSEN

Karten 10a/b: NICKEL (Ni) IN MOOSEN

Karten 11a/b: BLEI (Pb) IN MOOSEN

Karten 12a/b: VANADIUM (V) IN MOOSEN

Karten 13a/b: ZINK (Zn) IN MOOSEN

Karten 14a/b: SCHWEFEL (S) IN MOOSEN

Karten 15a/b: SCHWERMETALLDEPOSITION IN ÖSTERREICH
Summe aller untersuchten Elemente

Karten 16a/b: SCHWERMETALLDEPOSITION IN ÖSTERREICH
Summe von Pb, Cd, Zn, Cu, Hg und S

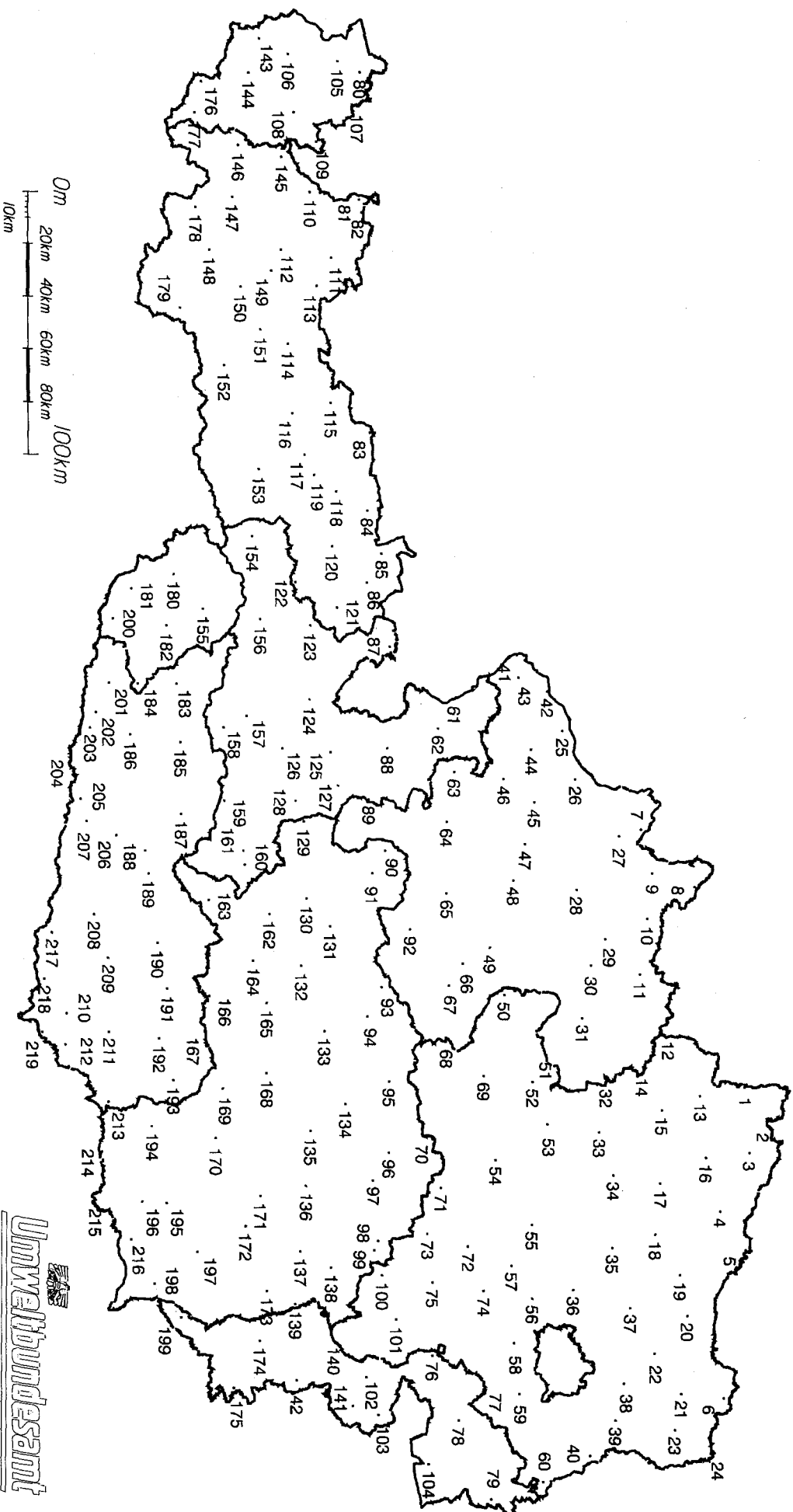
Karten 17a/b: SCHWERMETALLDEPOSITION IN ÖSTERREICH
Summe von As, Cr, Fe, Ni, V und Mo

ad Karten 2-14: Aufsammlung 1995; a: interpoliert/b: nach Probenahmepunkten

ad Karten 15-17: Abweichungen vom Median; a: interpoliert/b: nach Probenahmepunkten

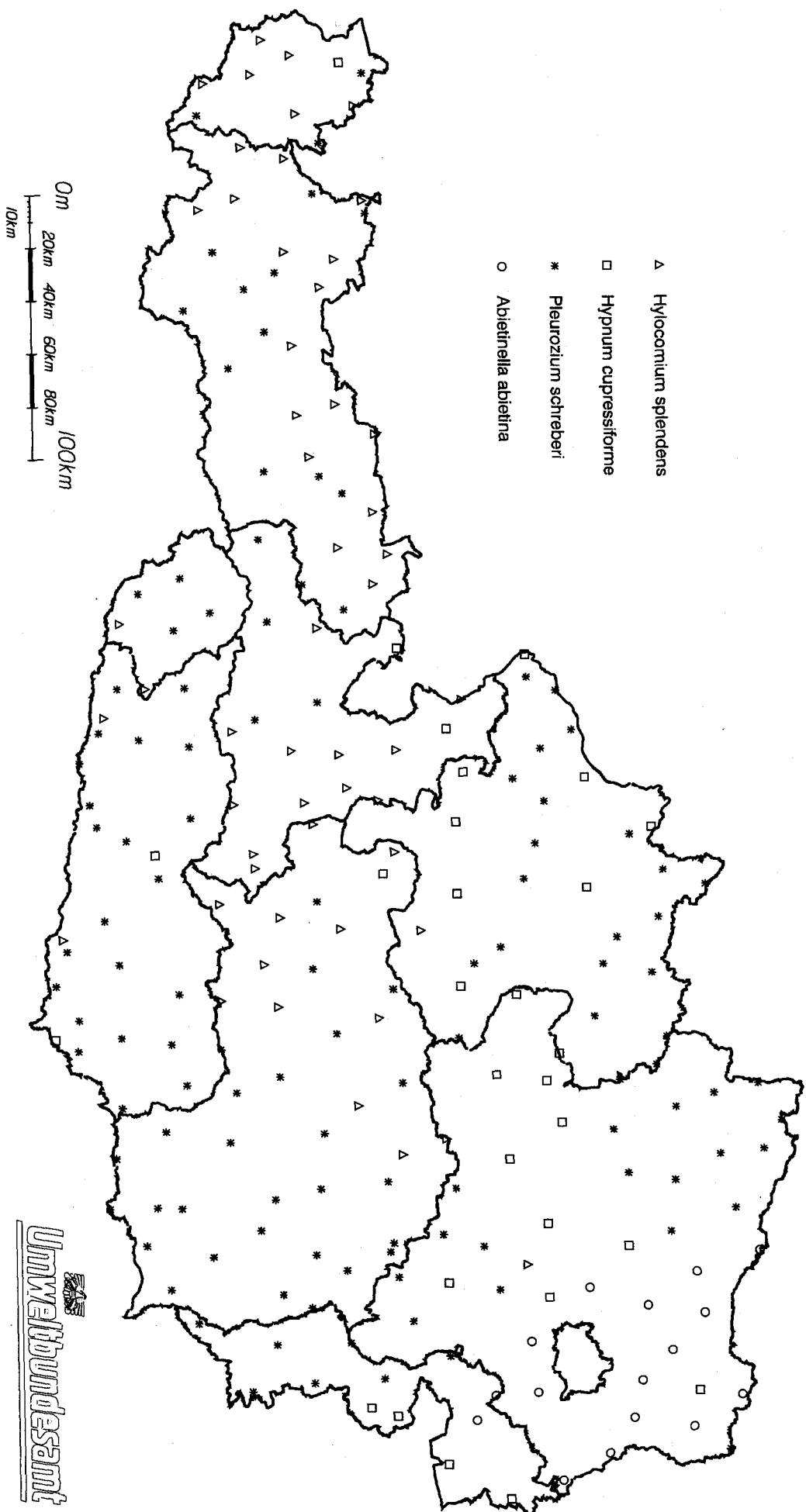
LAGE DER PROBENNAHMEPUNKTE

Karte 1a



MOOSARTEN

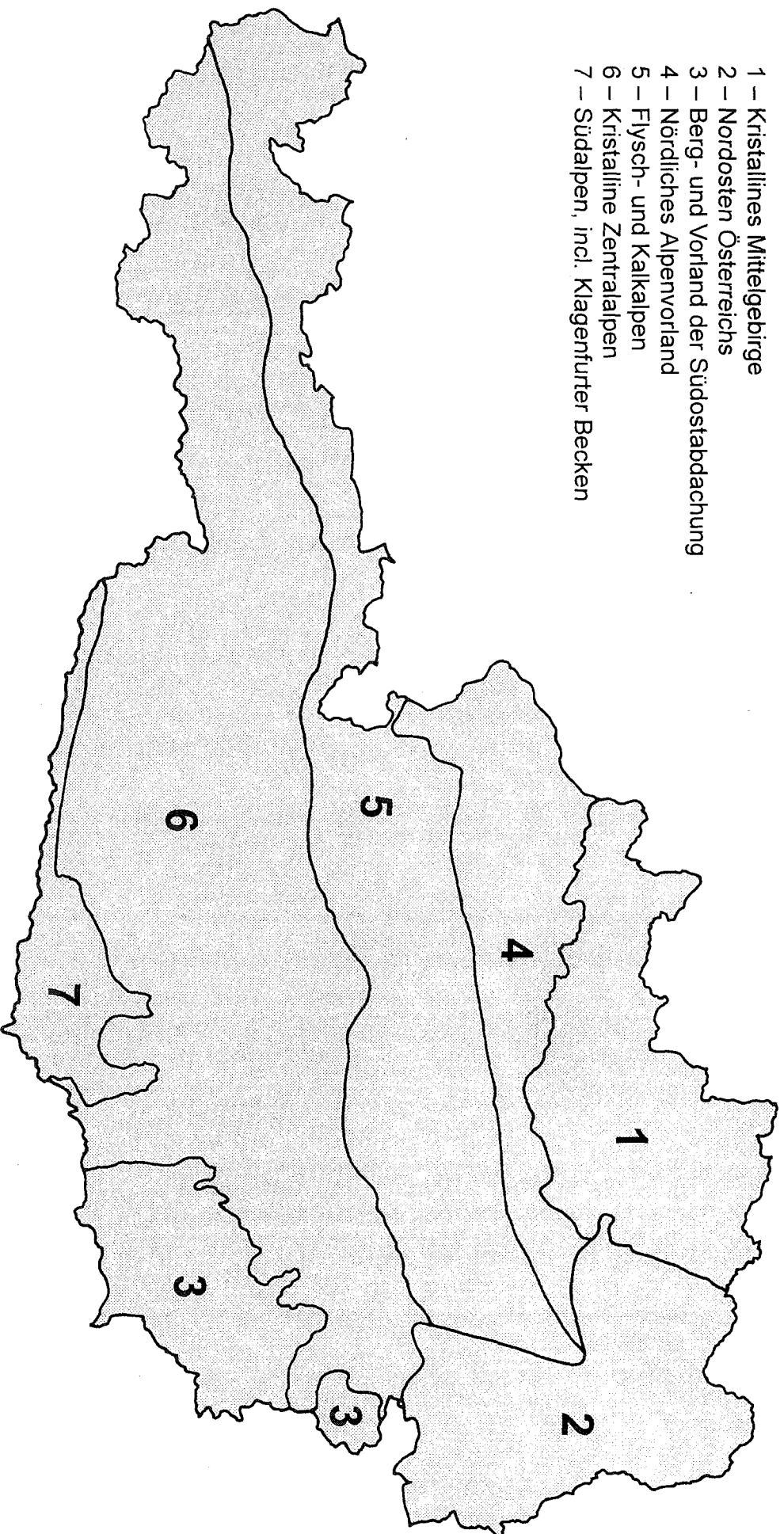
Karte 1b



GLIEDERUNG ÖSTERREICHS NACH REGIONEN

Karte 1c

- 1 – Kristallines Mittelgebirge
- 2 – Nordosten Österreichs
- 3 – Berg- und Vorland der Südostabdachung
- 4 – Nördliches Alpenvorland
- 5 – Flysch- und Kalkalpen
- 6 – Kristalline Zentralalpen
- 7 – Südalpen, incl. Klagenfurter Becken



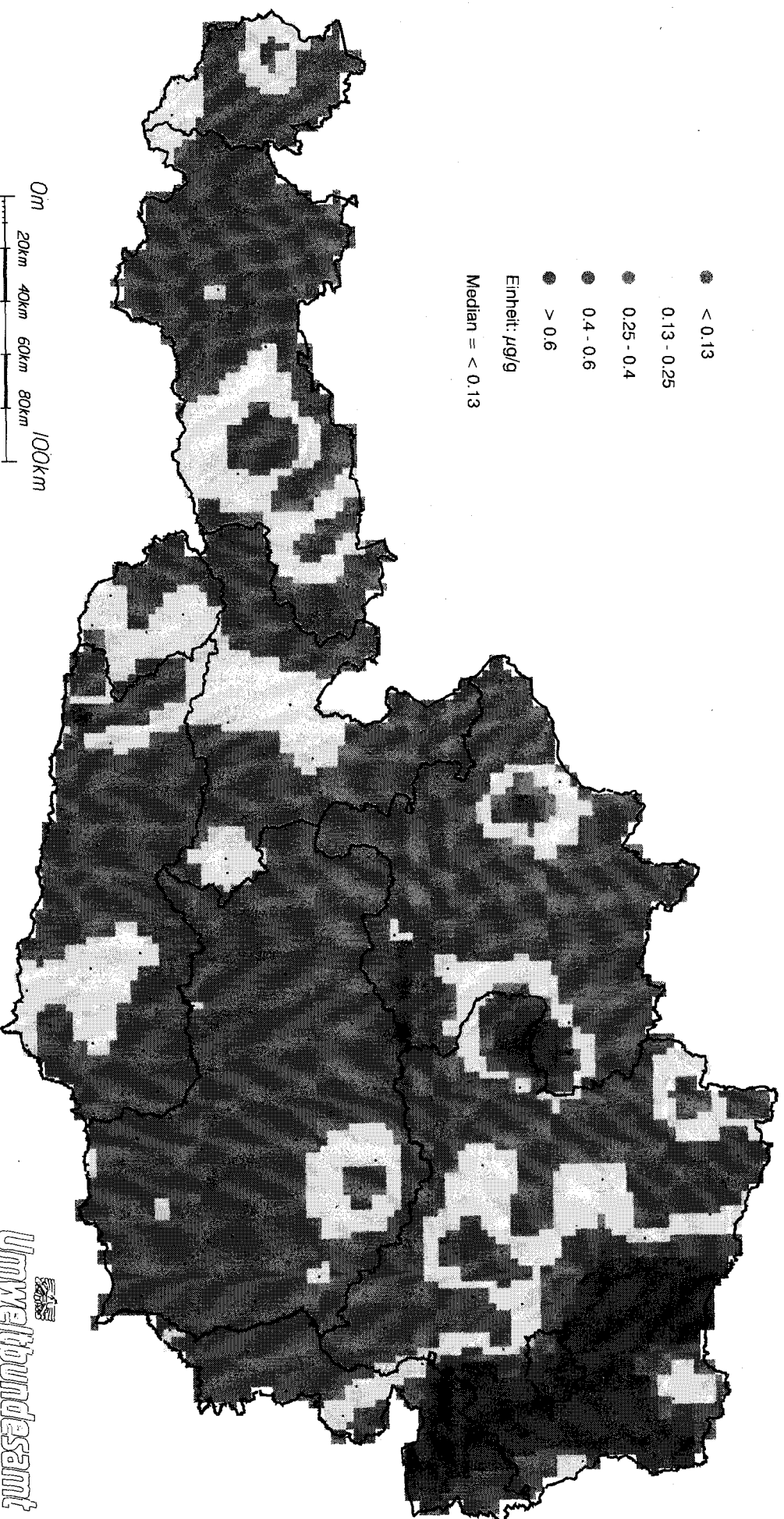
ARSEN IN MOOSEN

Karte 2a

Aufsammlung 1995

interpoliert

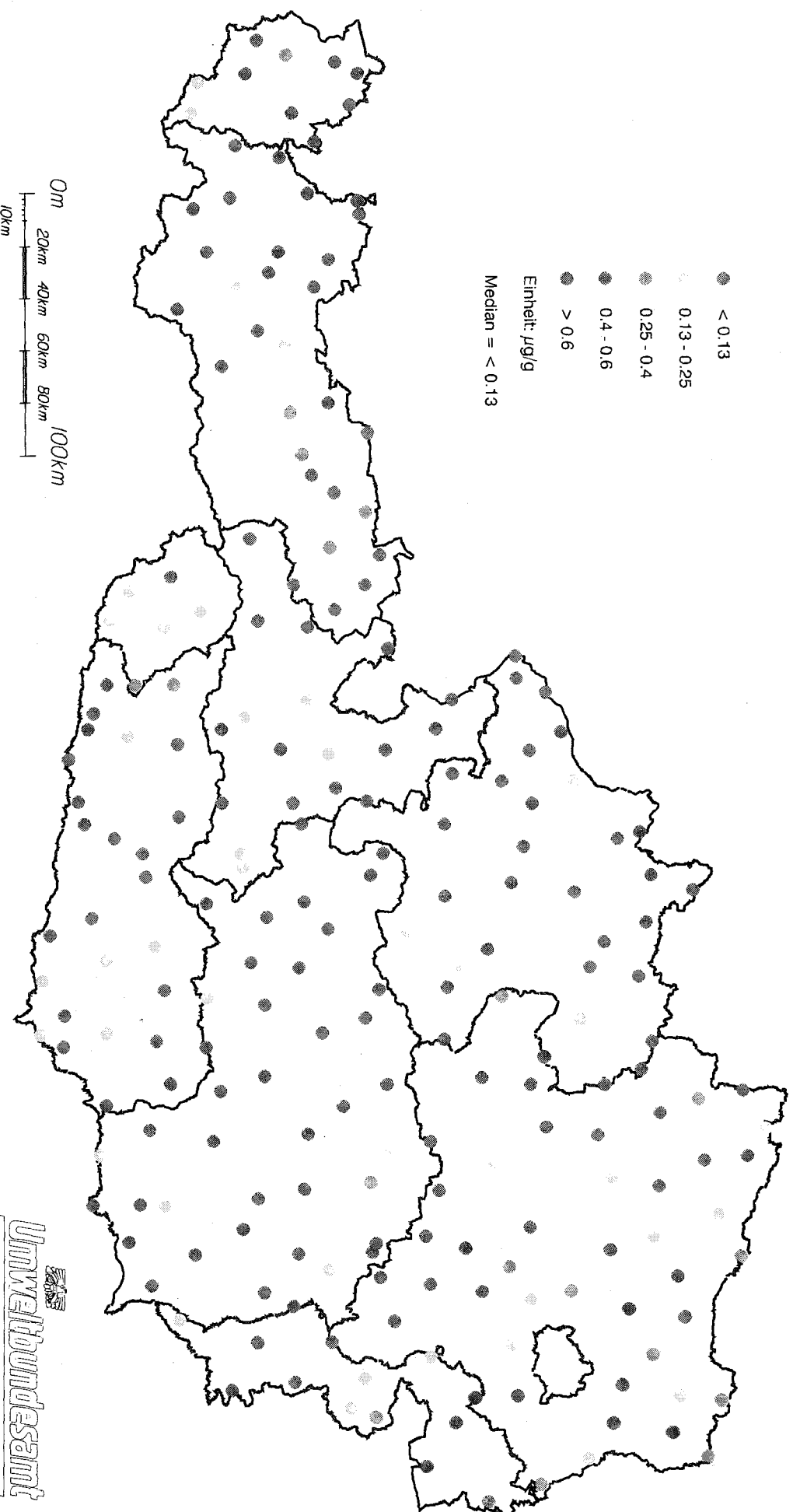
- < 0,13
 - 0,13 - 0,25
 - 0,25 - 0,4
 - 0,4 - 0,6
 - > 0,6
- Einheit: µg/g
Median = < 0,13



ARSEN IN MOOSEN

Karte 2b

Aufsammlung 1995

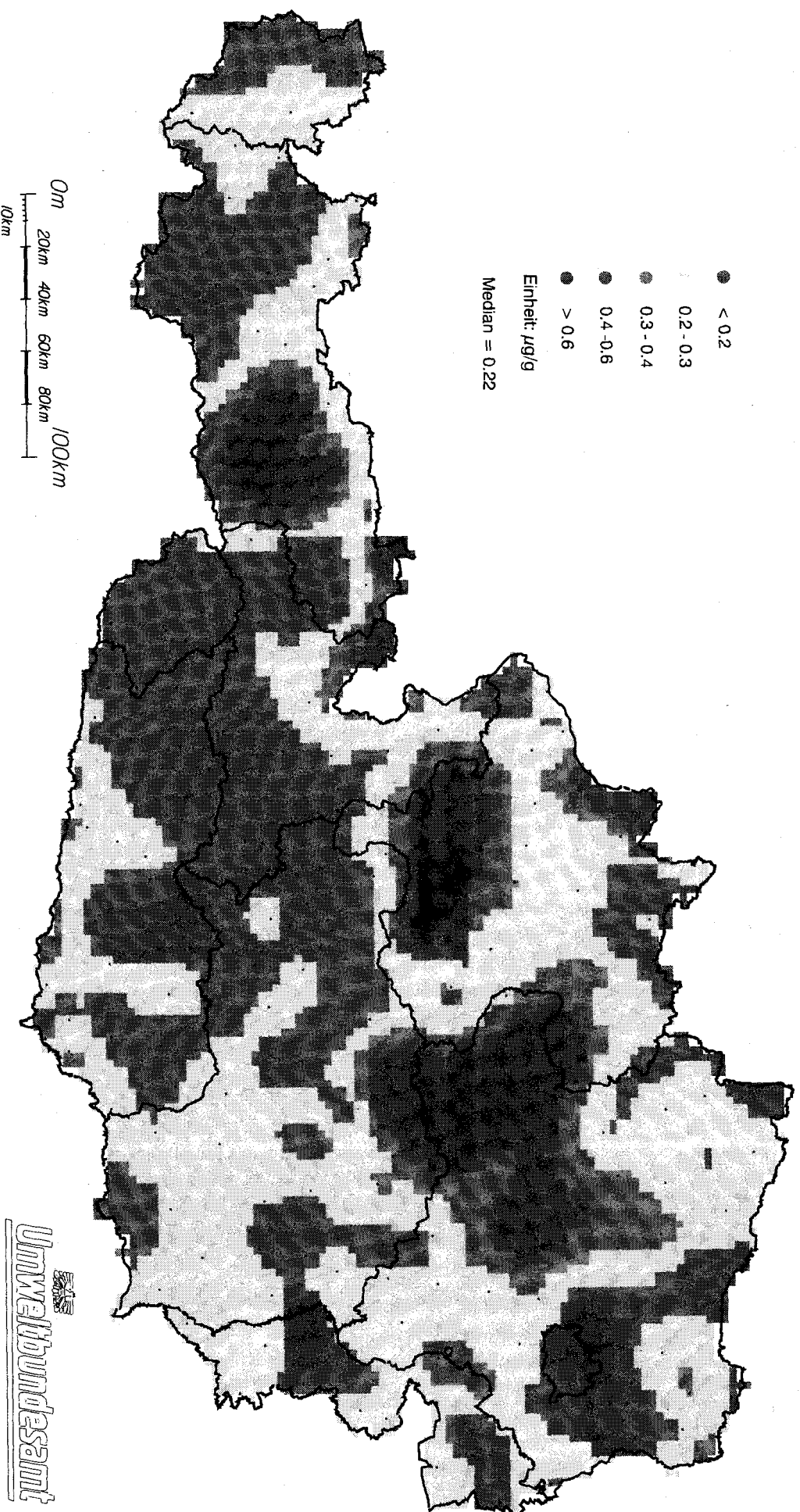


CADMIUM IN MOOSEN

Karte 3a

Aufsammlung 1995

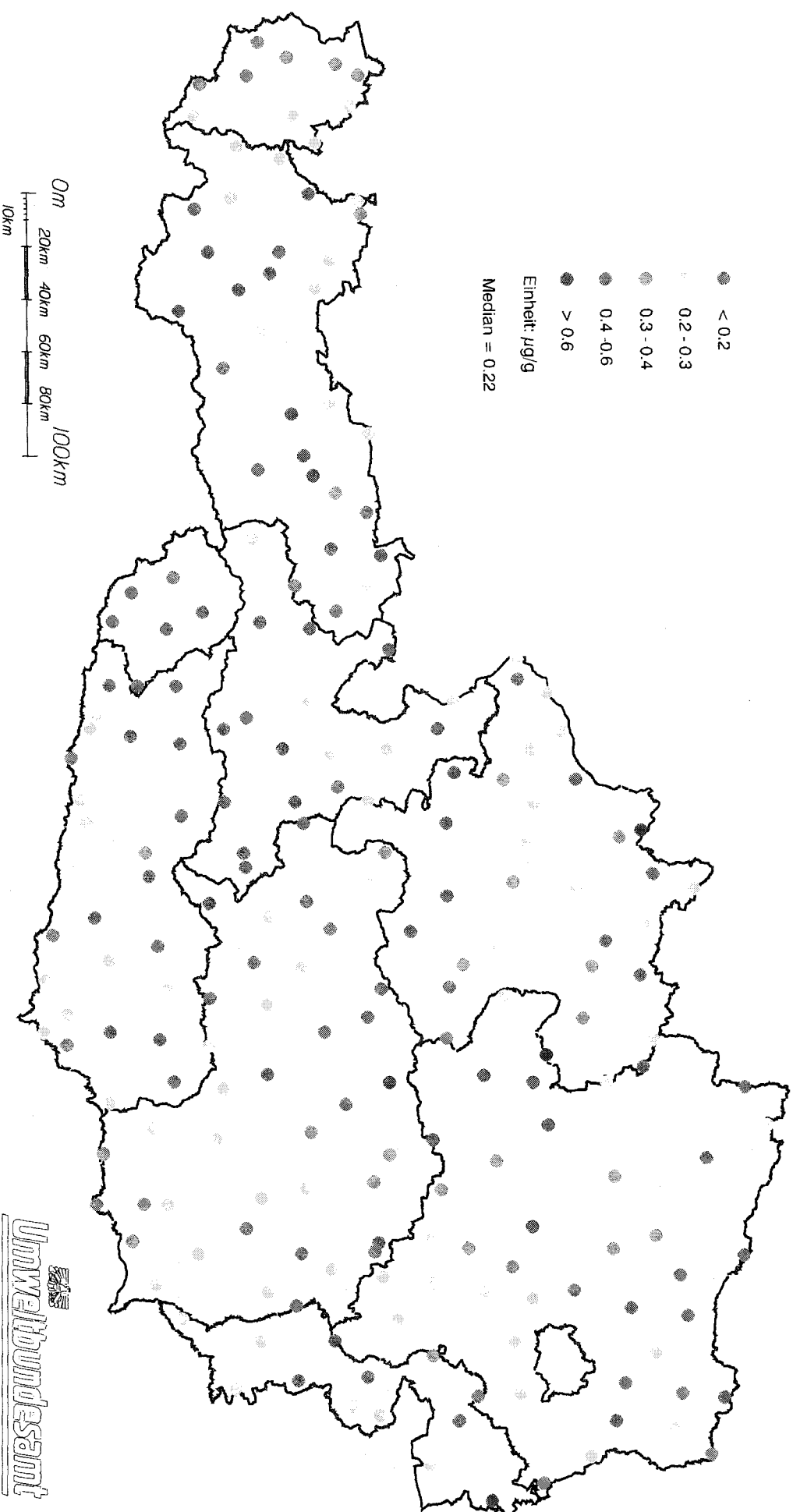
interpoliert



CADMIUM IN MOOSEN

Karte 3b

Aufsammlung 1995

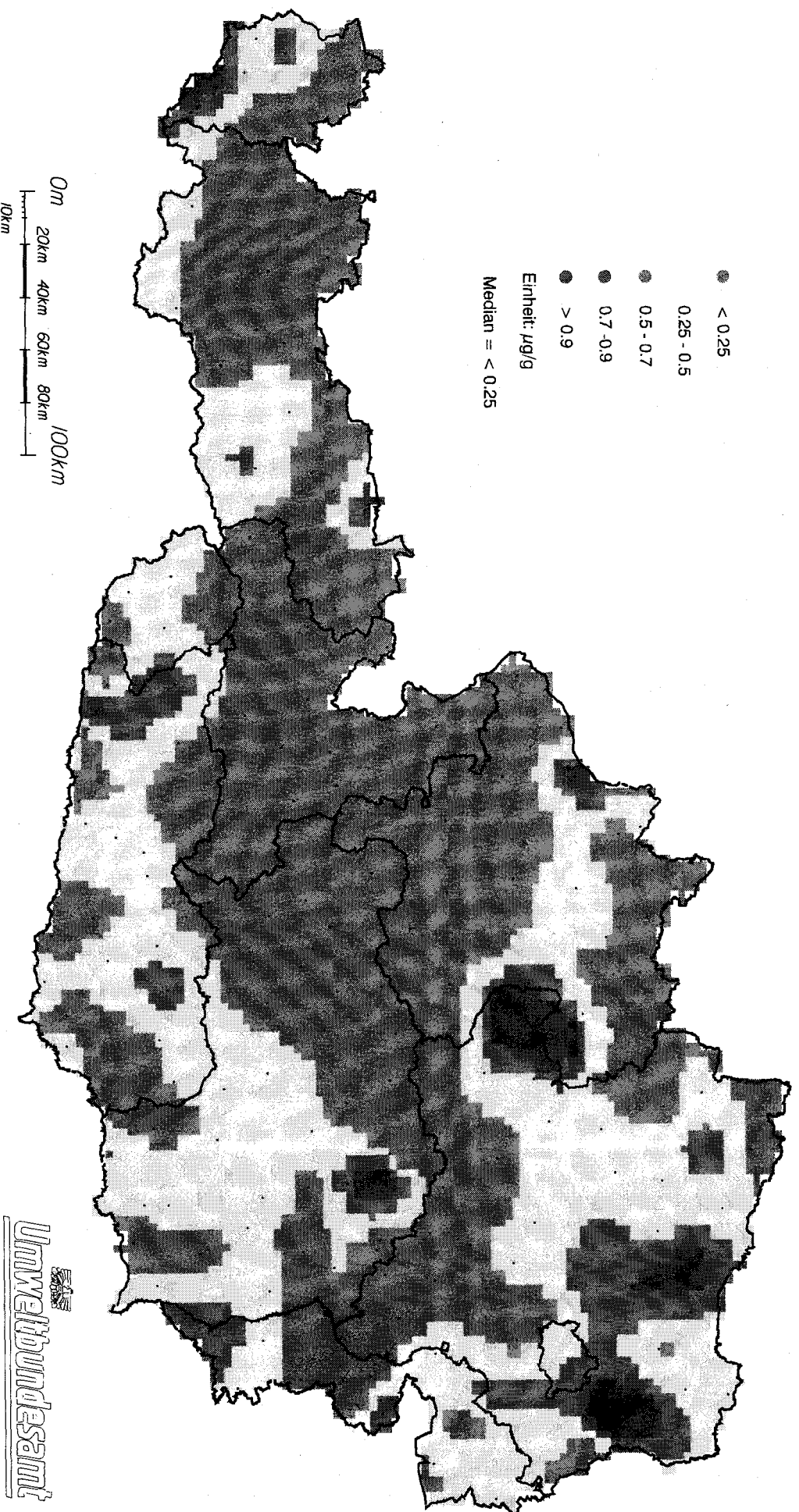


COBALT IN MOOSEN

Karte 4a

Aufsammlung 1995

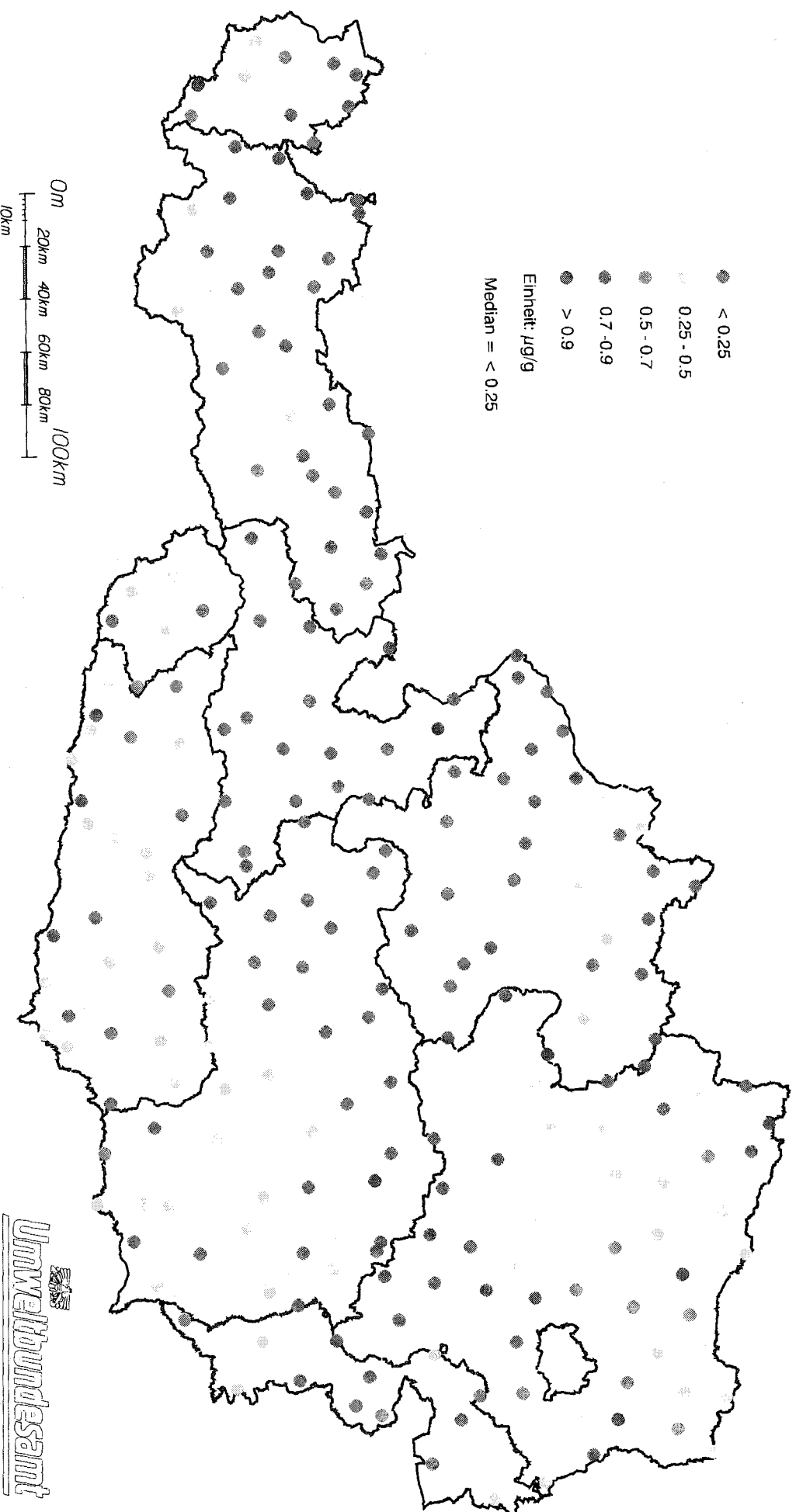
interpoliert



COBALT IN MOOSEN

Karte 4b

Aufsammlung 1995

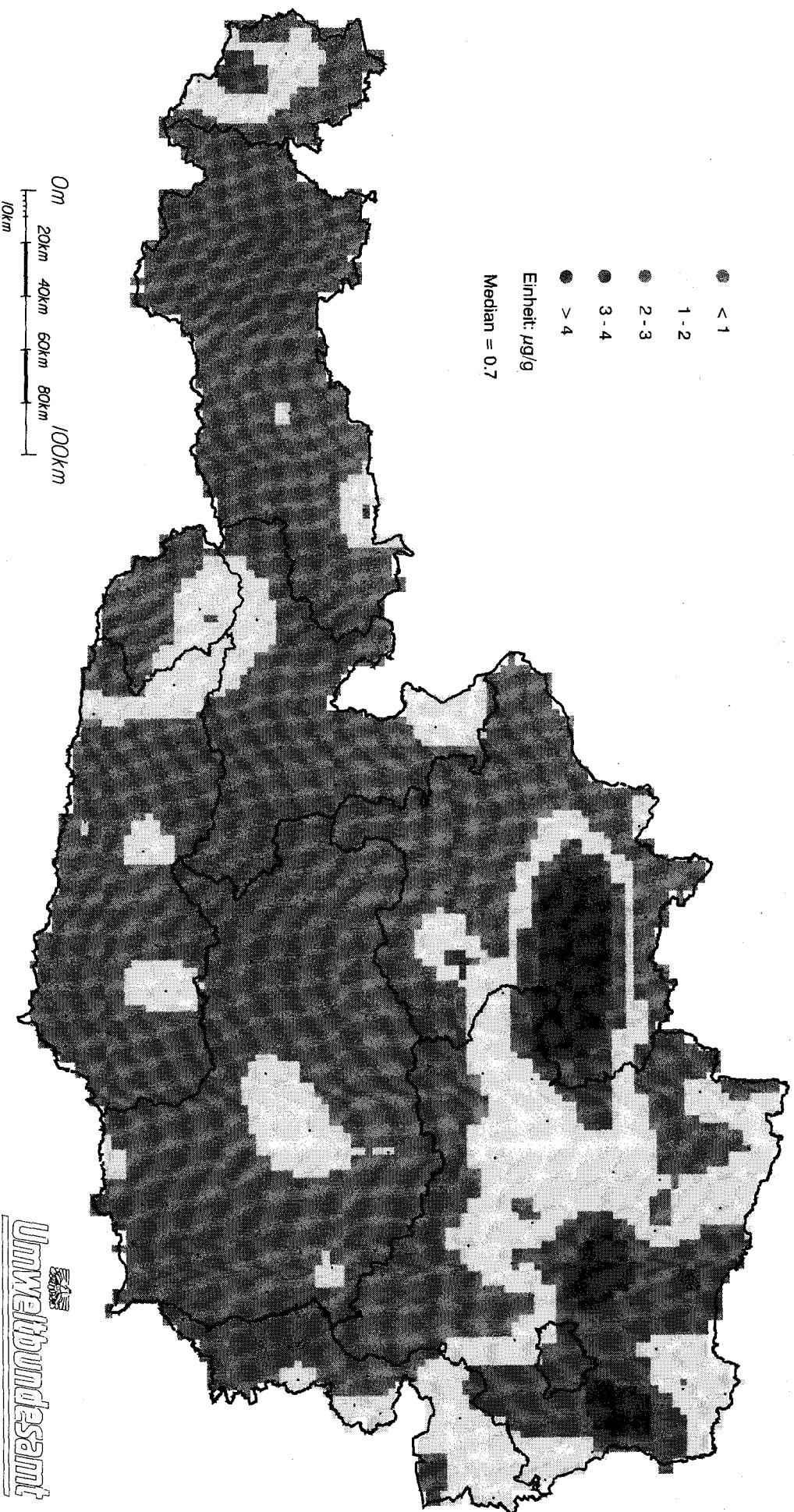


CHROM IN MOOSEN

Karte 5a

Aufsammlung 1995

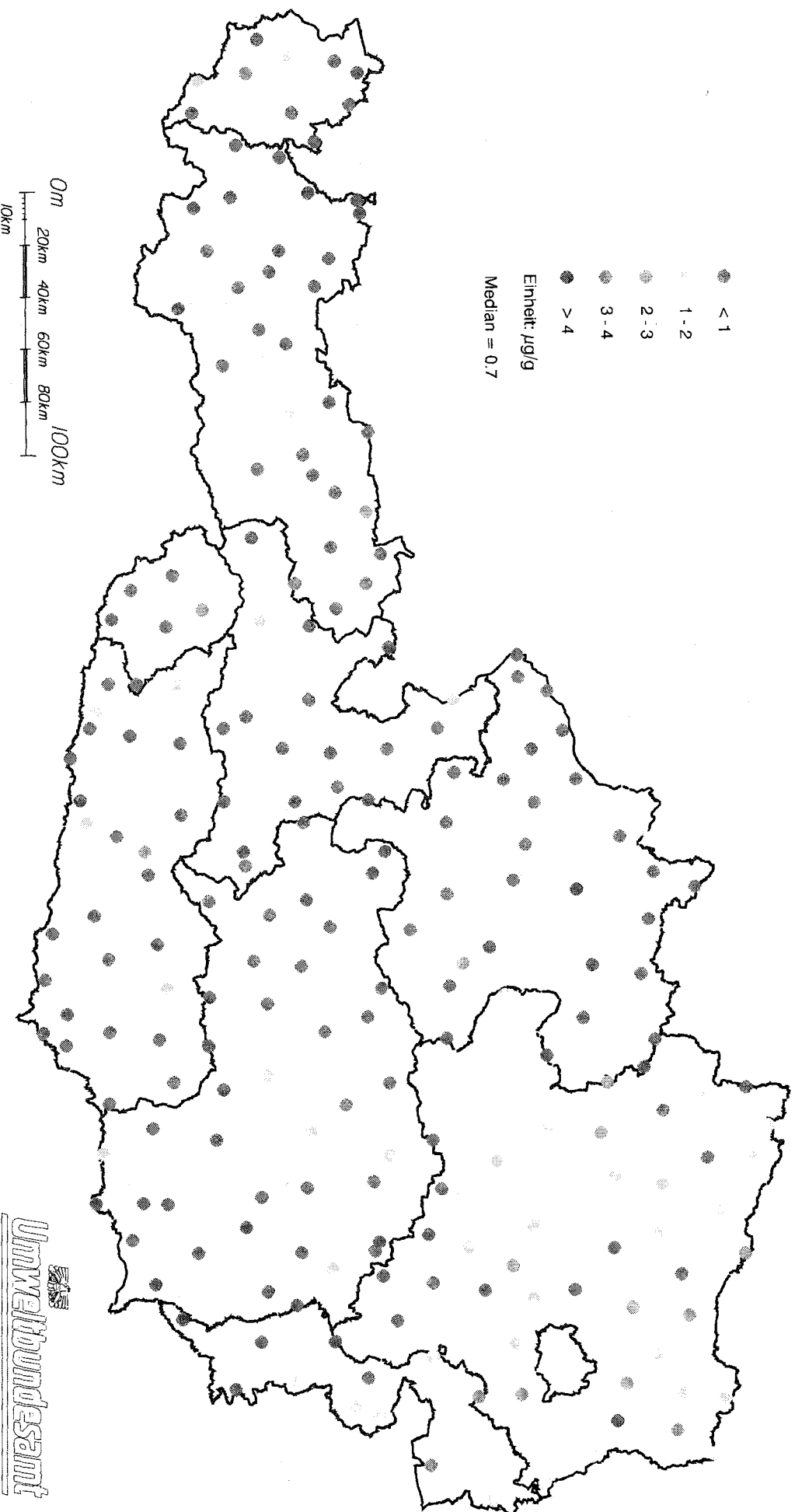
interpoliert



CHROM IN MOOSEN

Karte 5b

Aufsammlung 1995

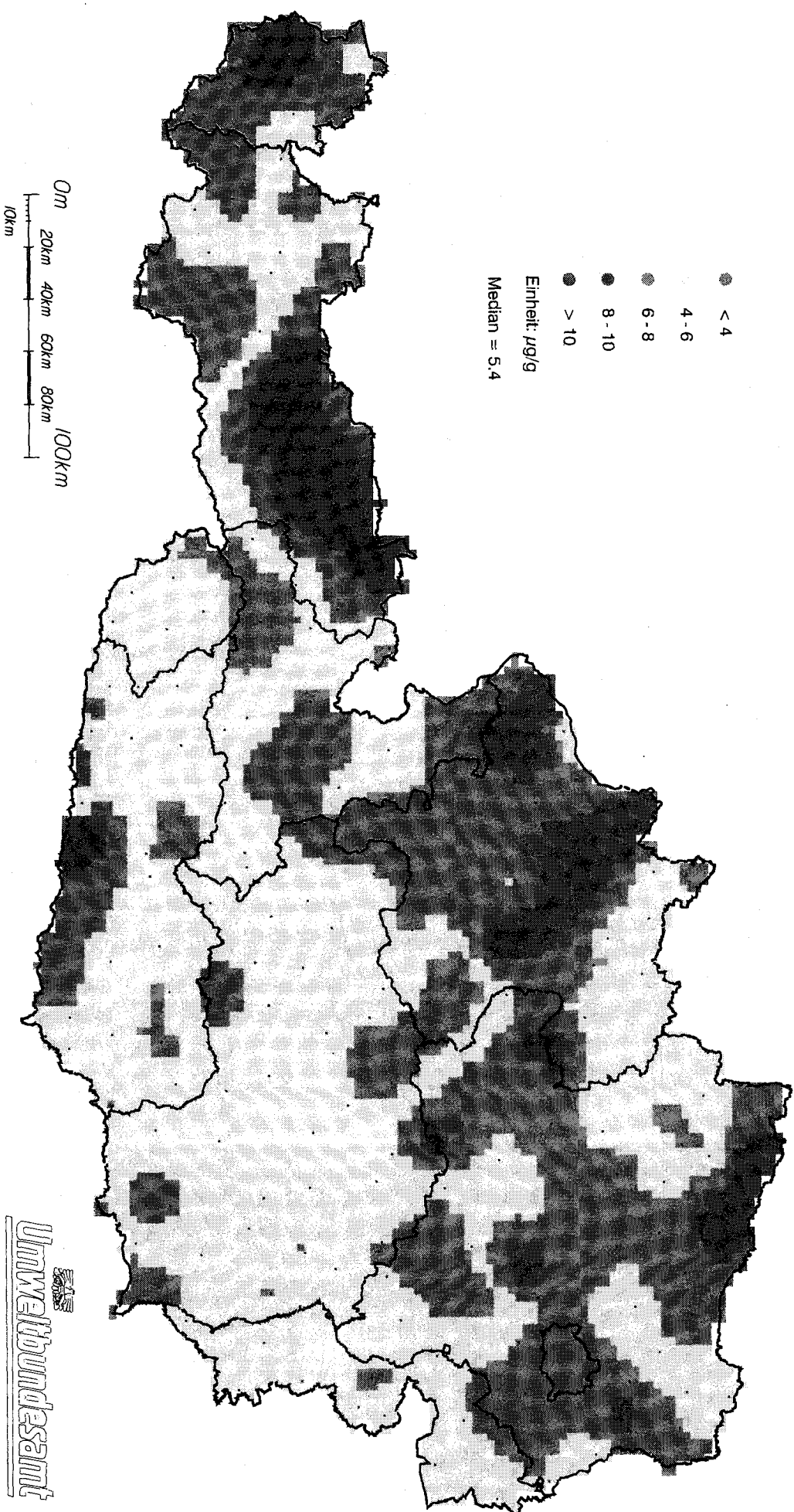


KUPFER IN MOOSEN

Karte 6a

Aufsammlung 1995

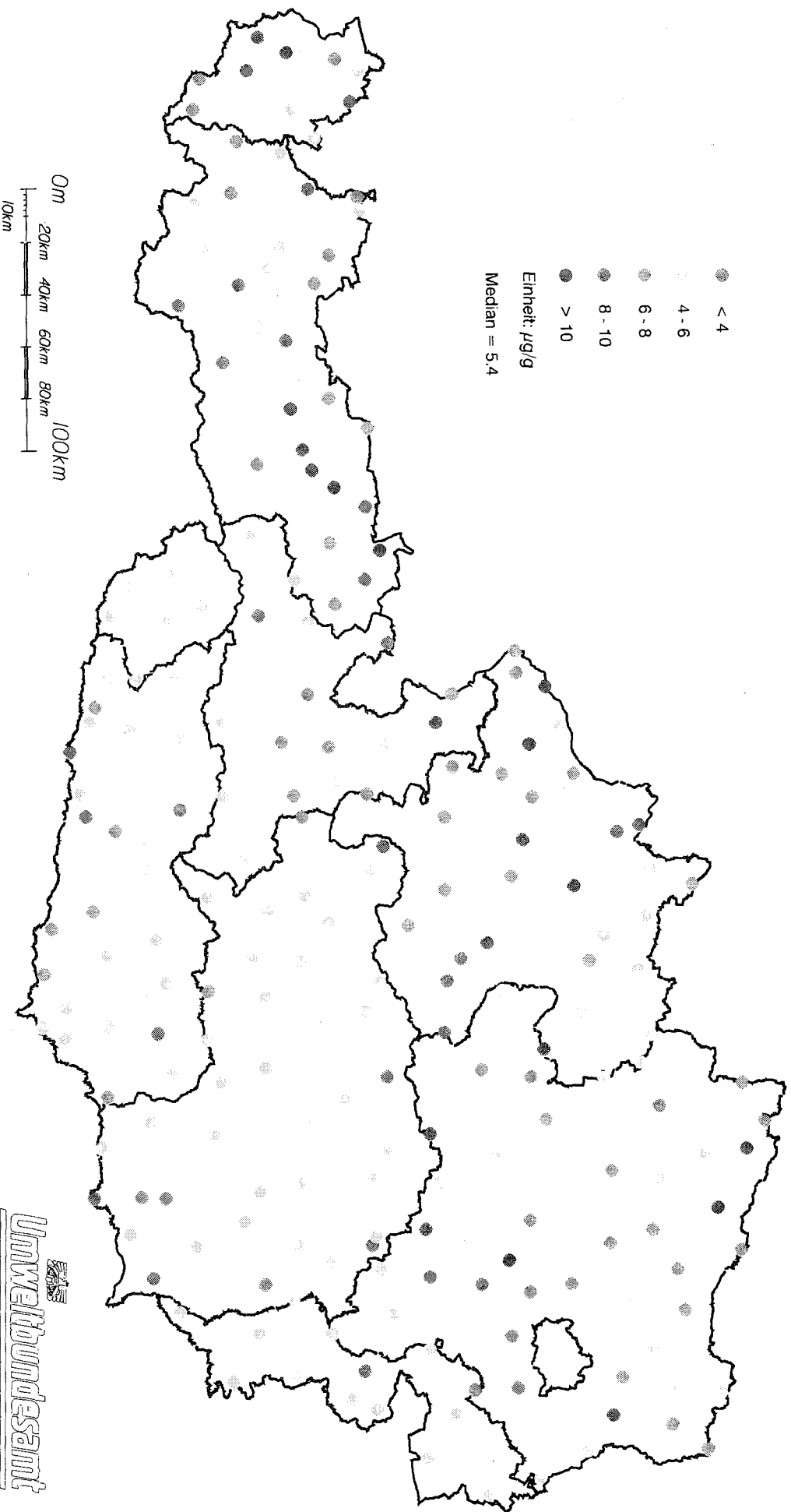
interpoliert



KUPFER IN MOOSEN

Karte 6b

Aufsammlung 1995

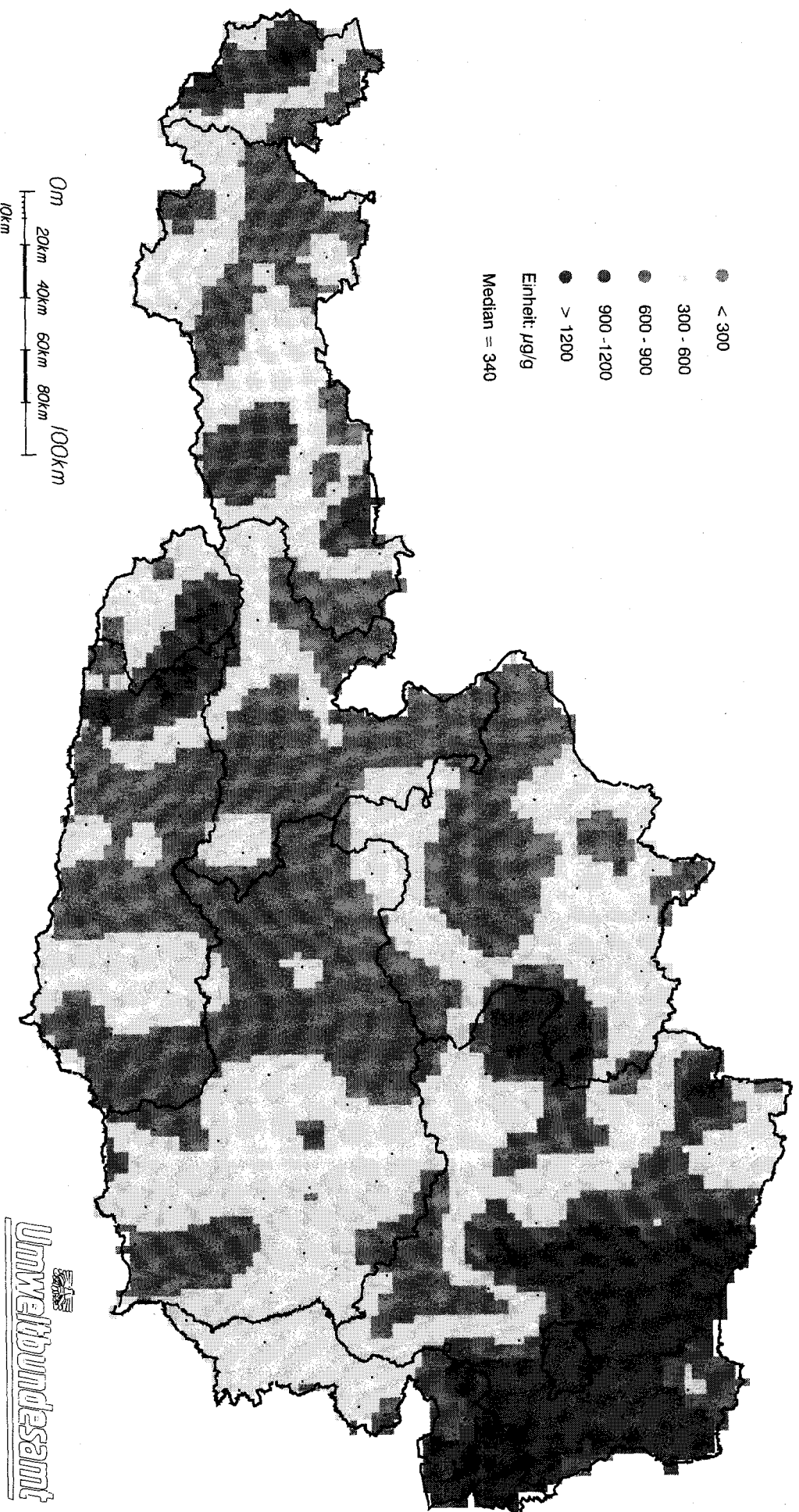


EISEN IN MOOSEN

Karte 7a

Aufsammlung 1995

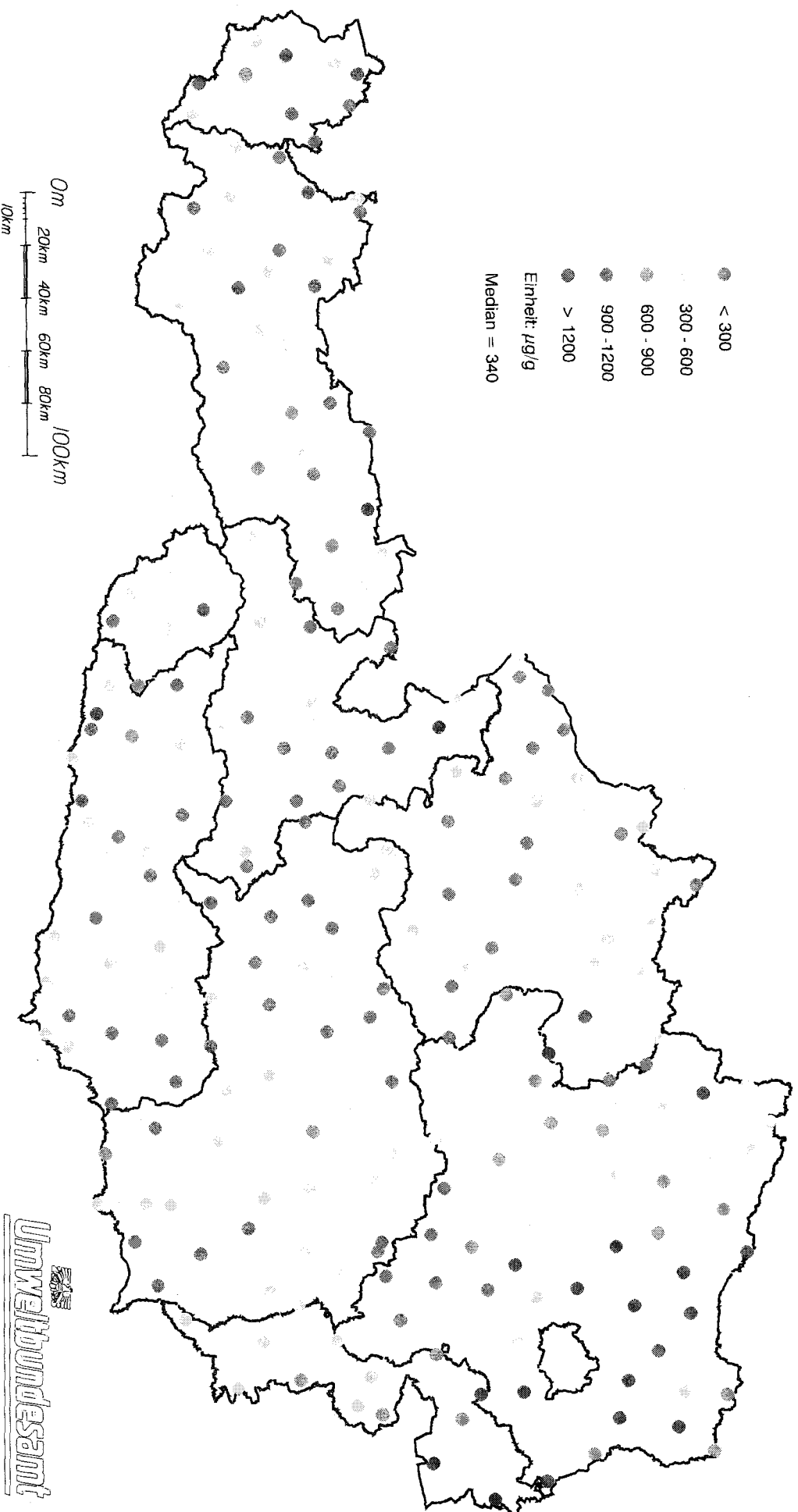
interpoliert



EISEN IN MOOSEN

Karte 7b

Aufsammlung 1995

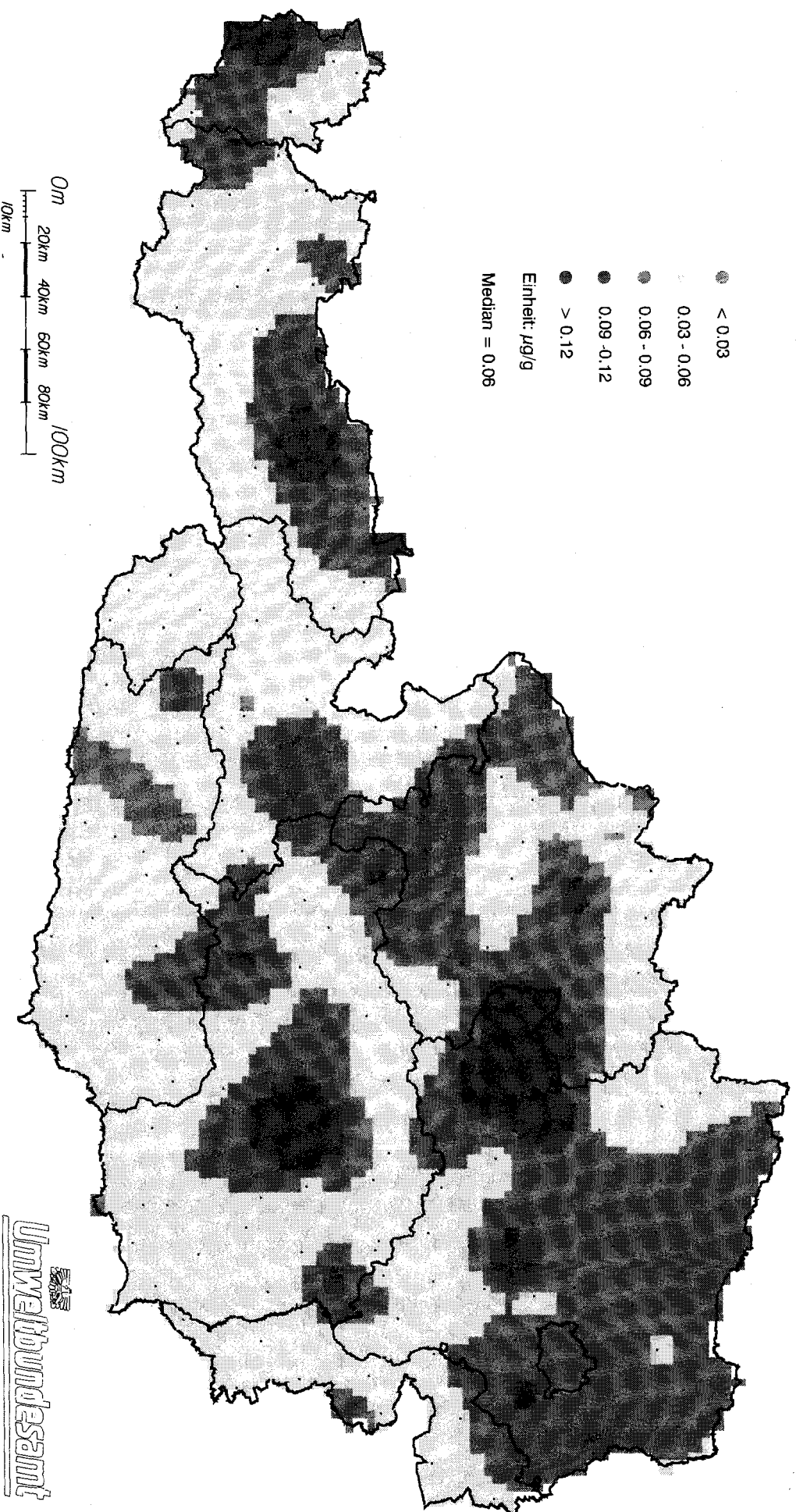


QUECKSILBER IN MOOSEN

Karte 8a

Aufsammlung 1995

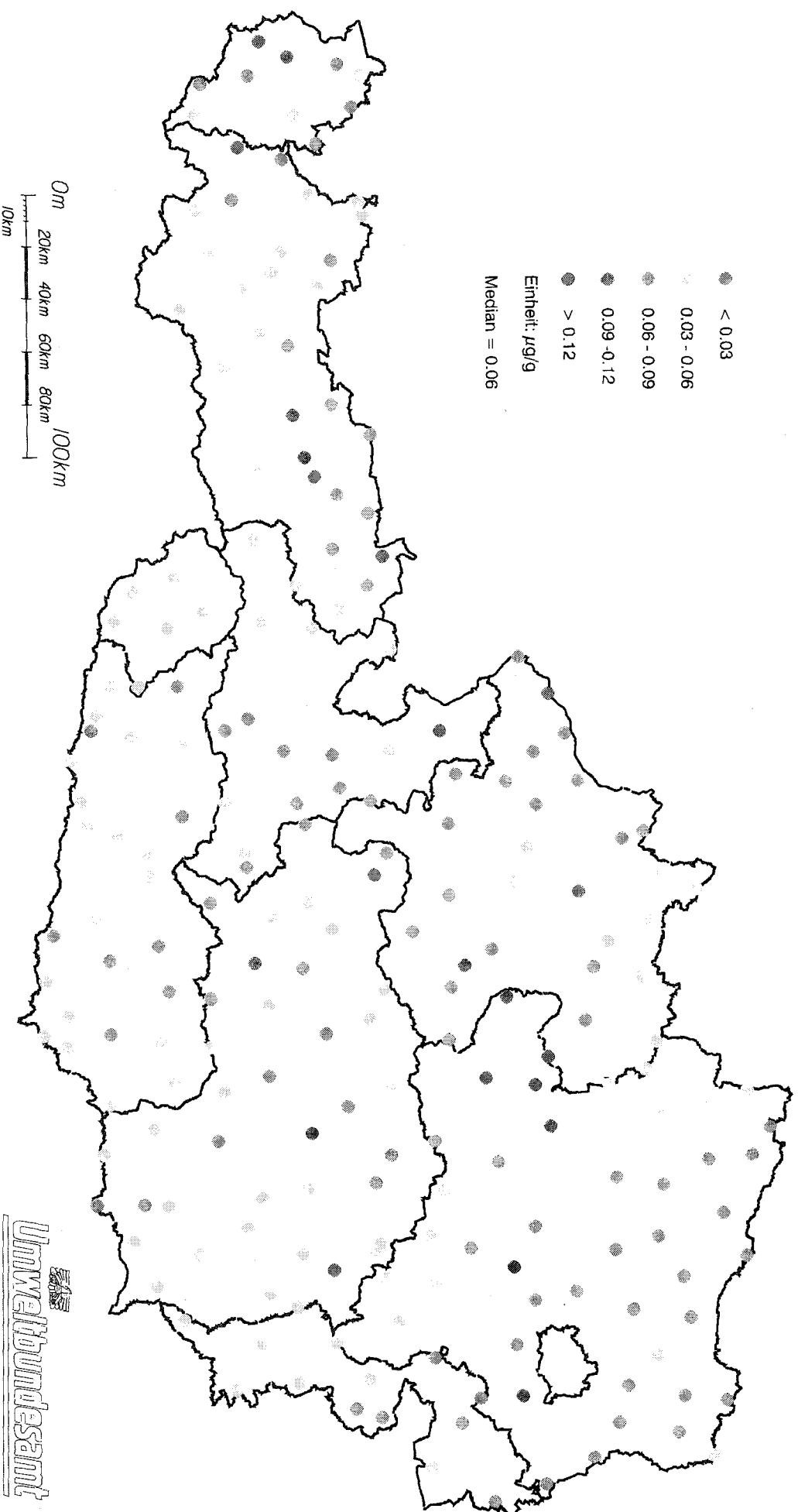
interpoliert



QUECKSILBER IN MOOSEN

Karte 8b

Aufsammlung 1995

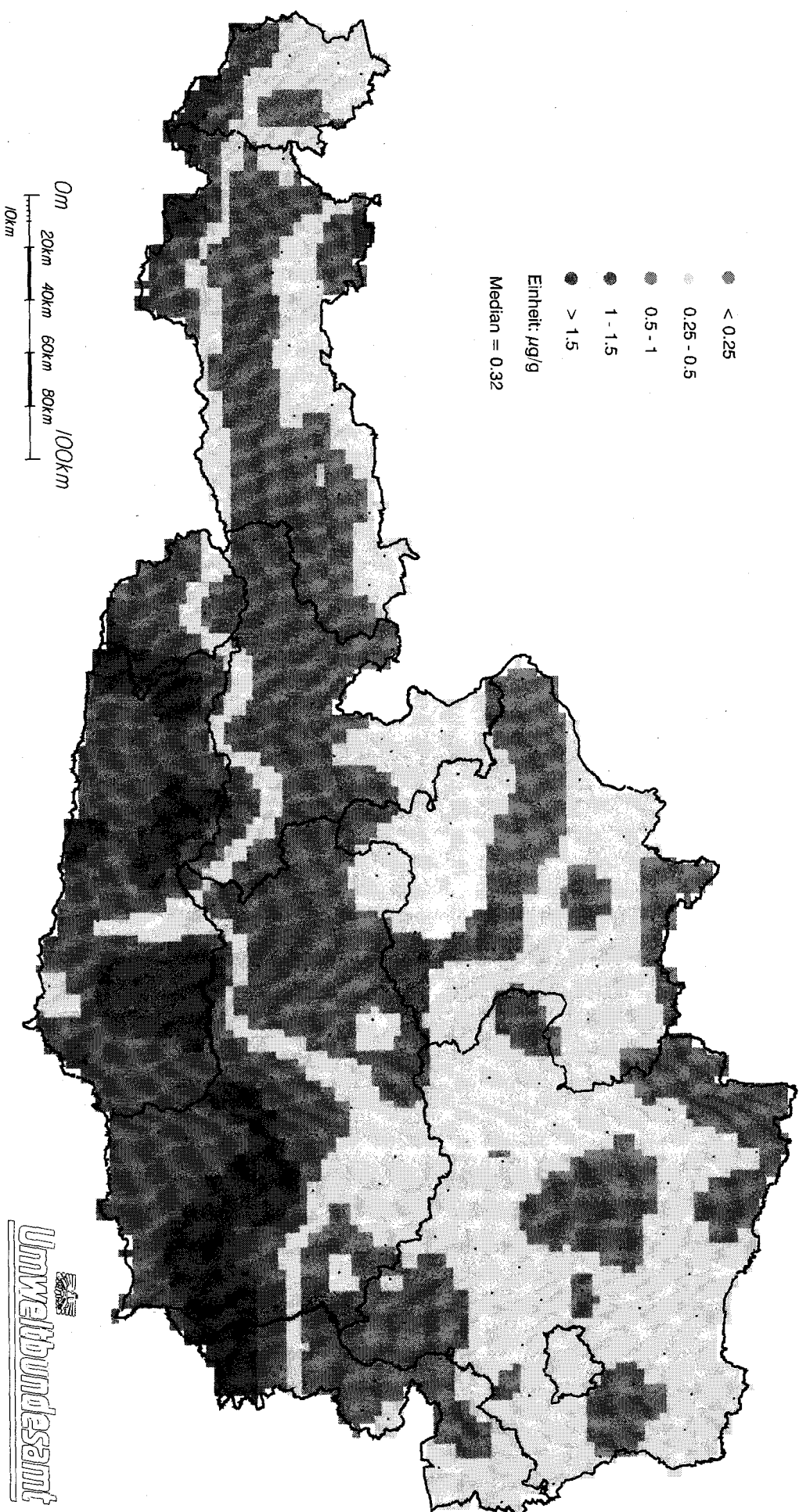


MOLYBDÄN IN MOOSEN

Karte 9a

Aufsammlung 1995

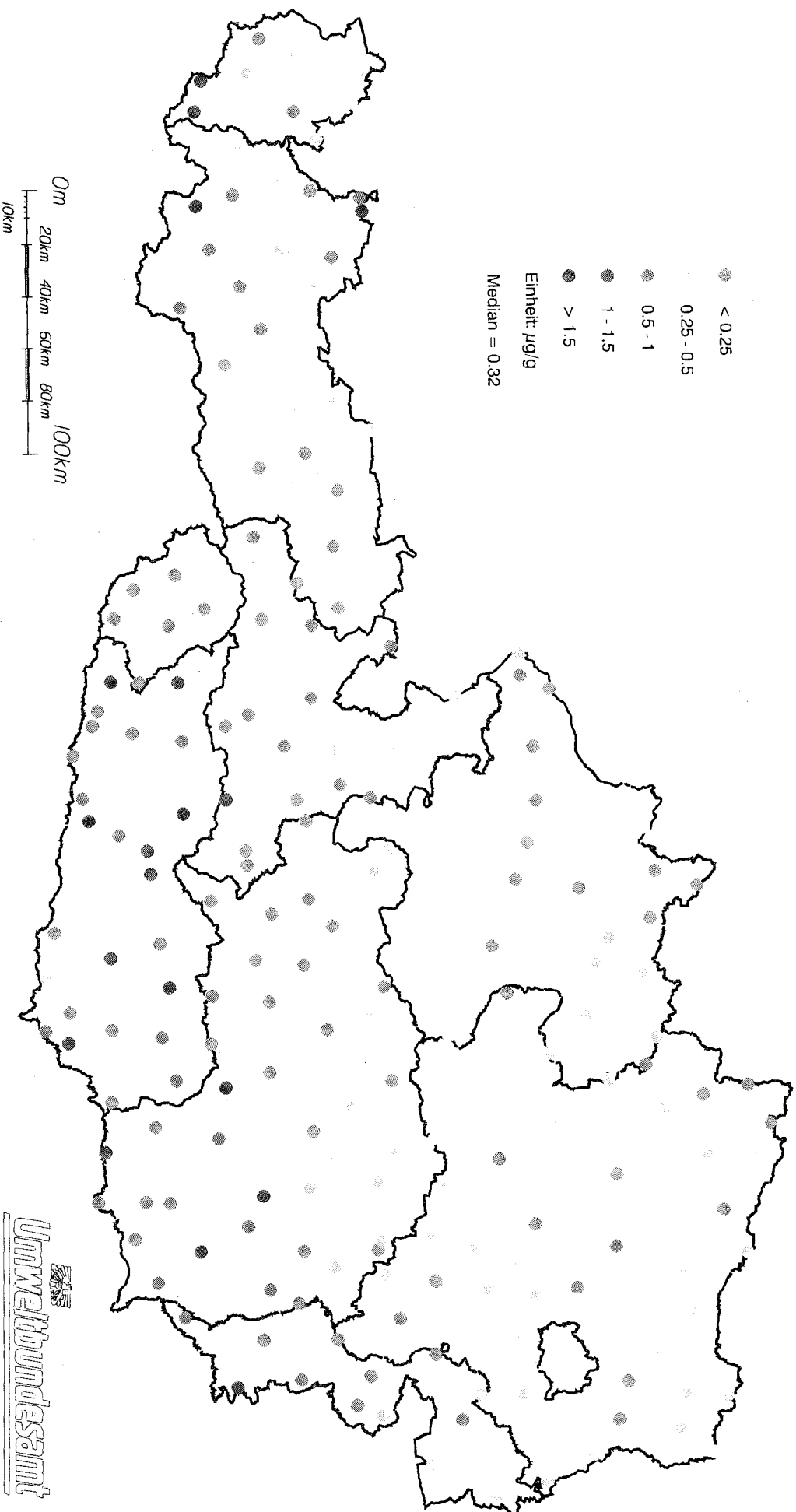
interpoliert



MOLYBDÄN IN MOOSEN

Karte 9b

Aufsammlung 1995

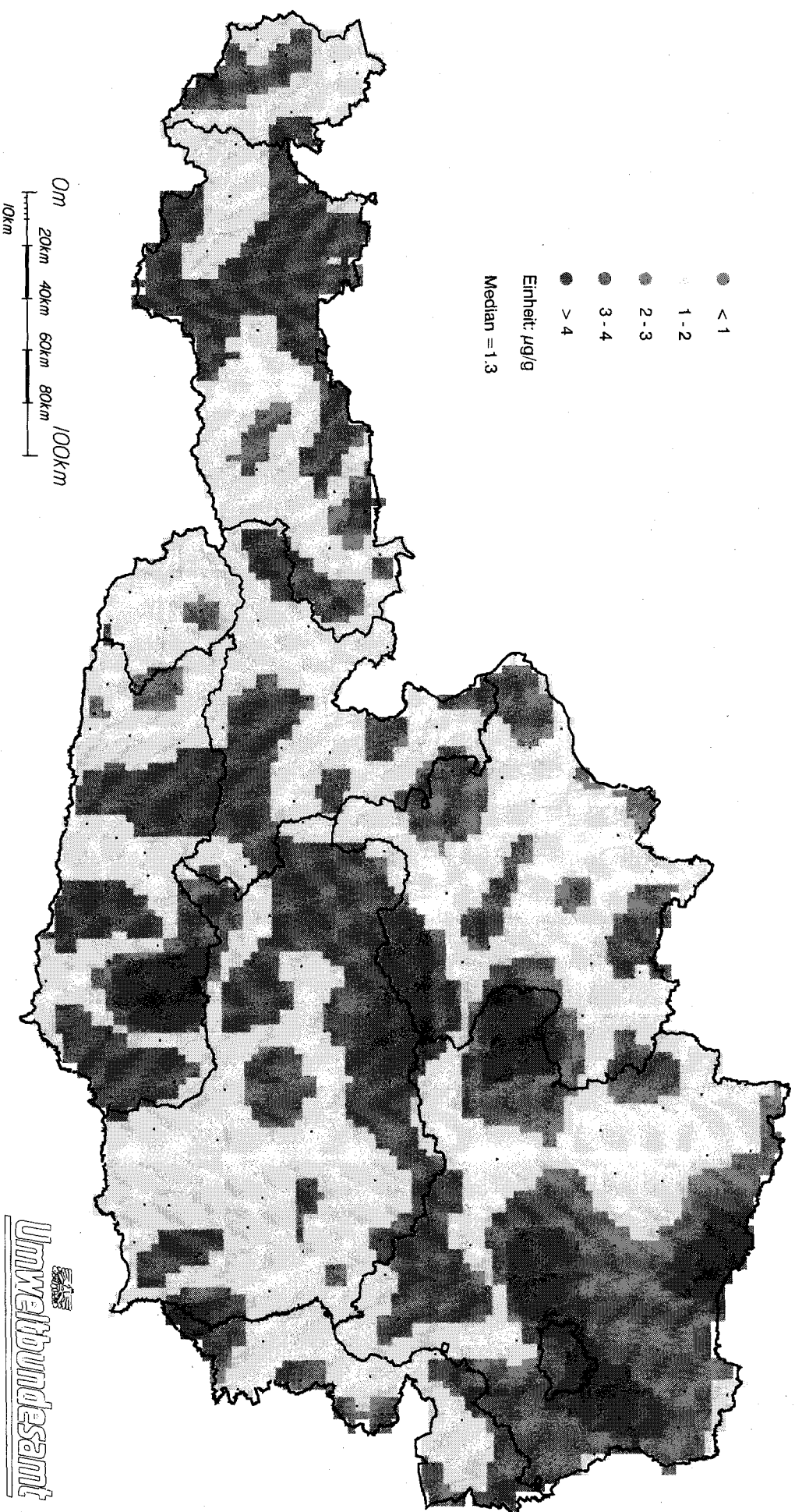


NICKEL IN MOOSEN

Karte 10a

Aufsammlung 1995

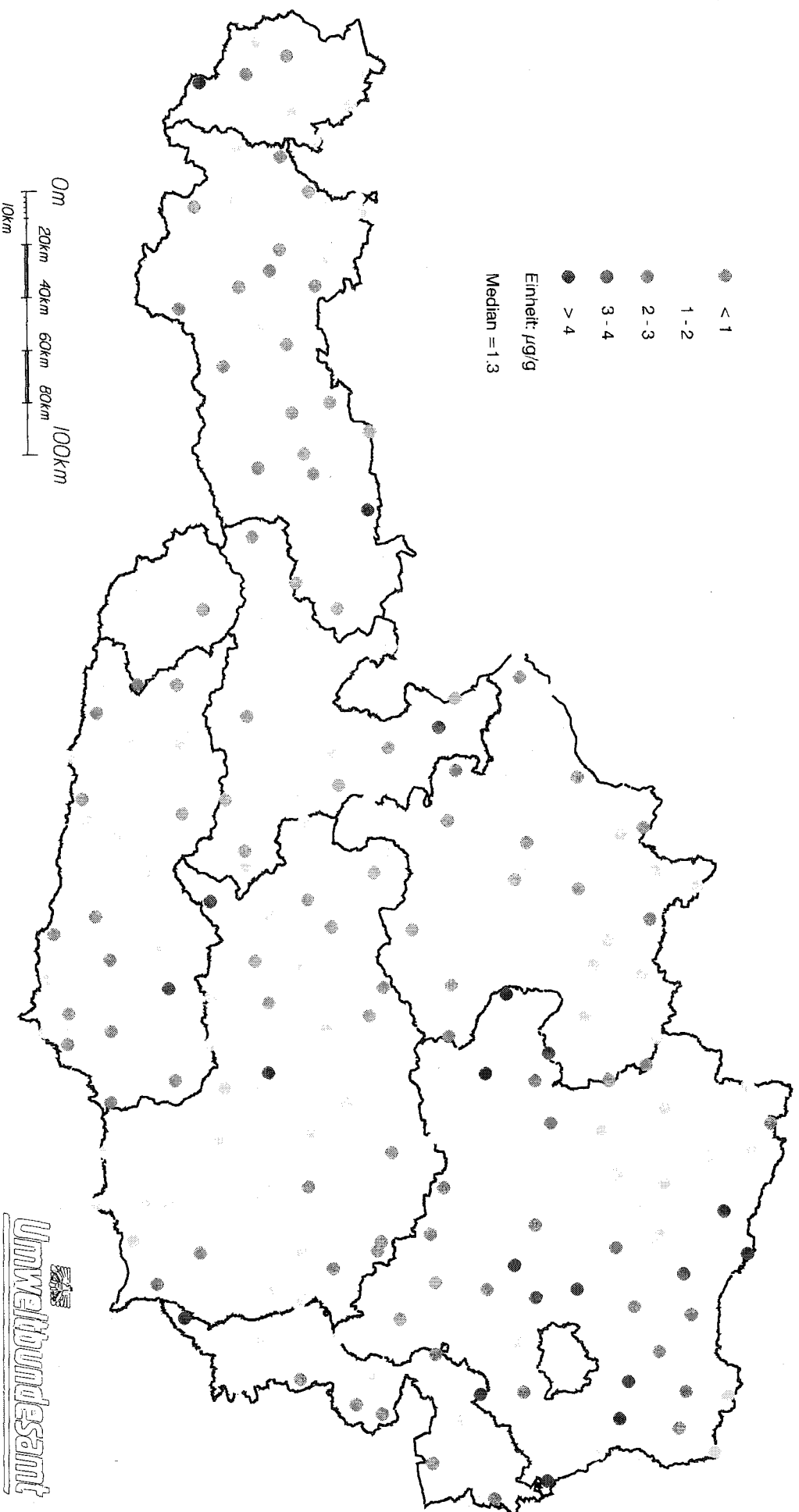
interpoliert



NICKEL IN MOOSEN

Karte 10b

Aufsammlung 1995

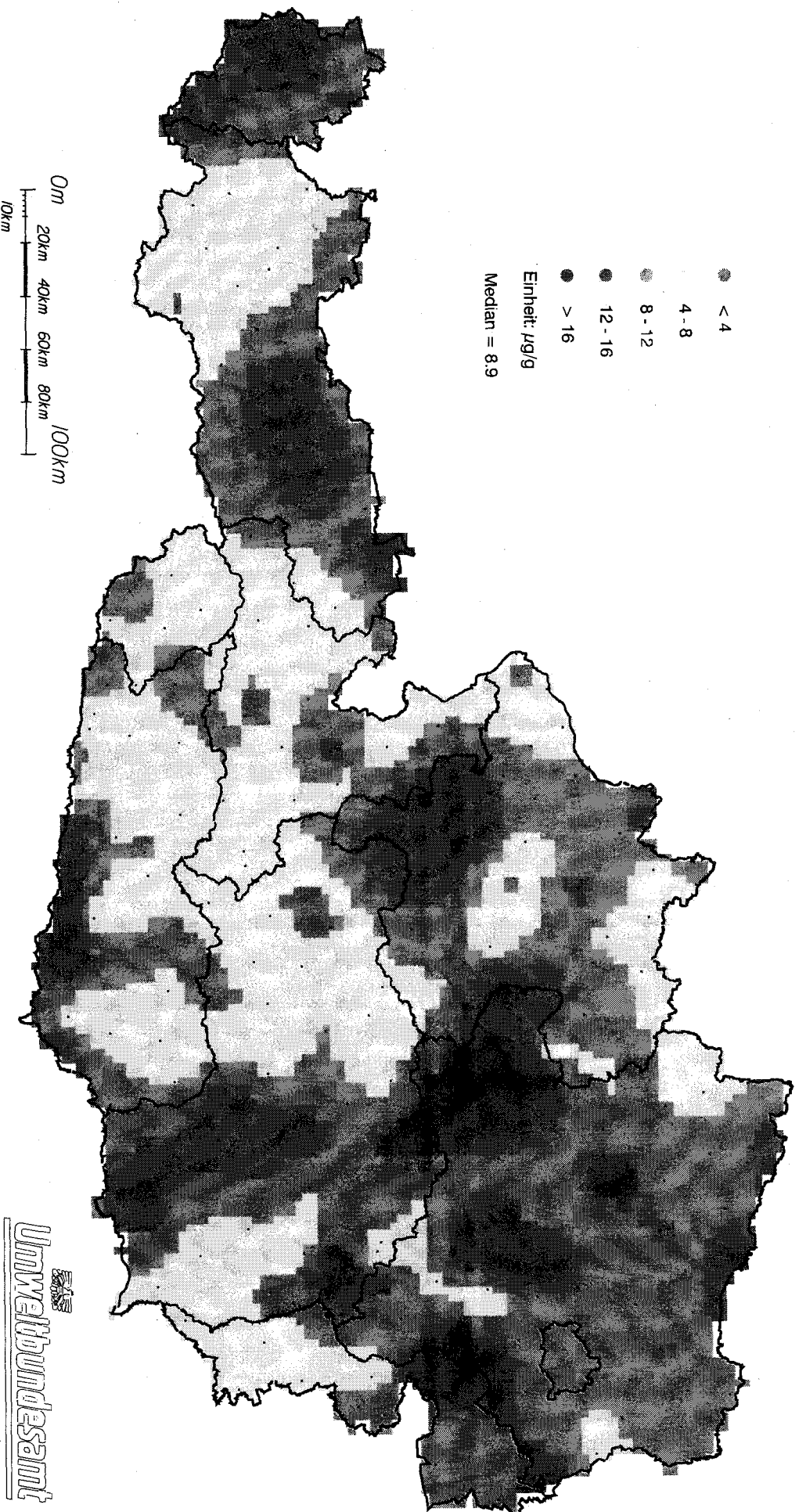


BLEI IN MOOSEN

Karte 11a

Aufsammlung 1995

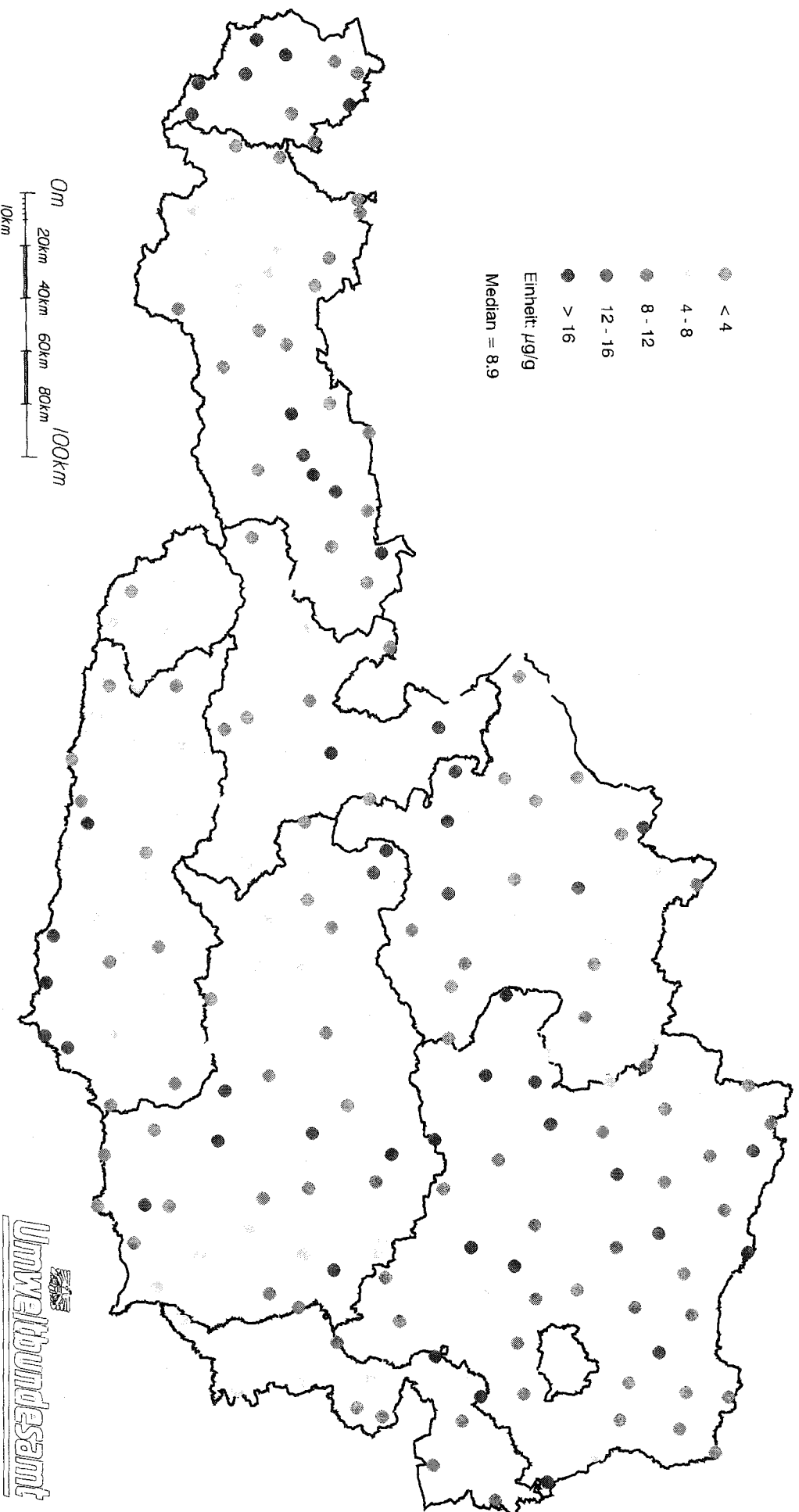
interpoliert



BLEI IN MOOSEN

Karte 11b

Aufsammlung 1995

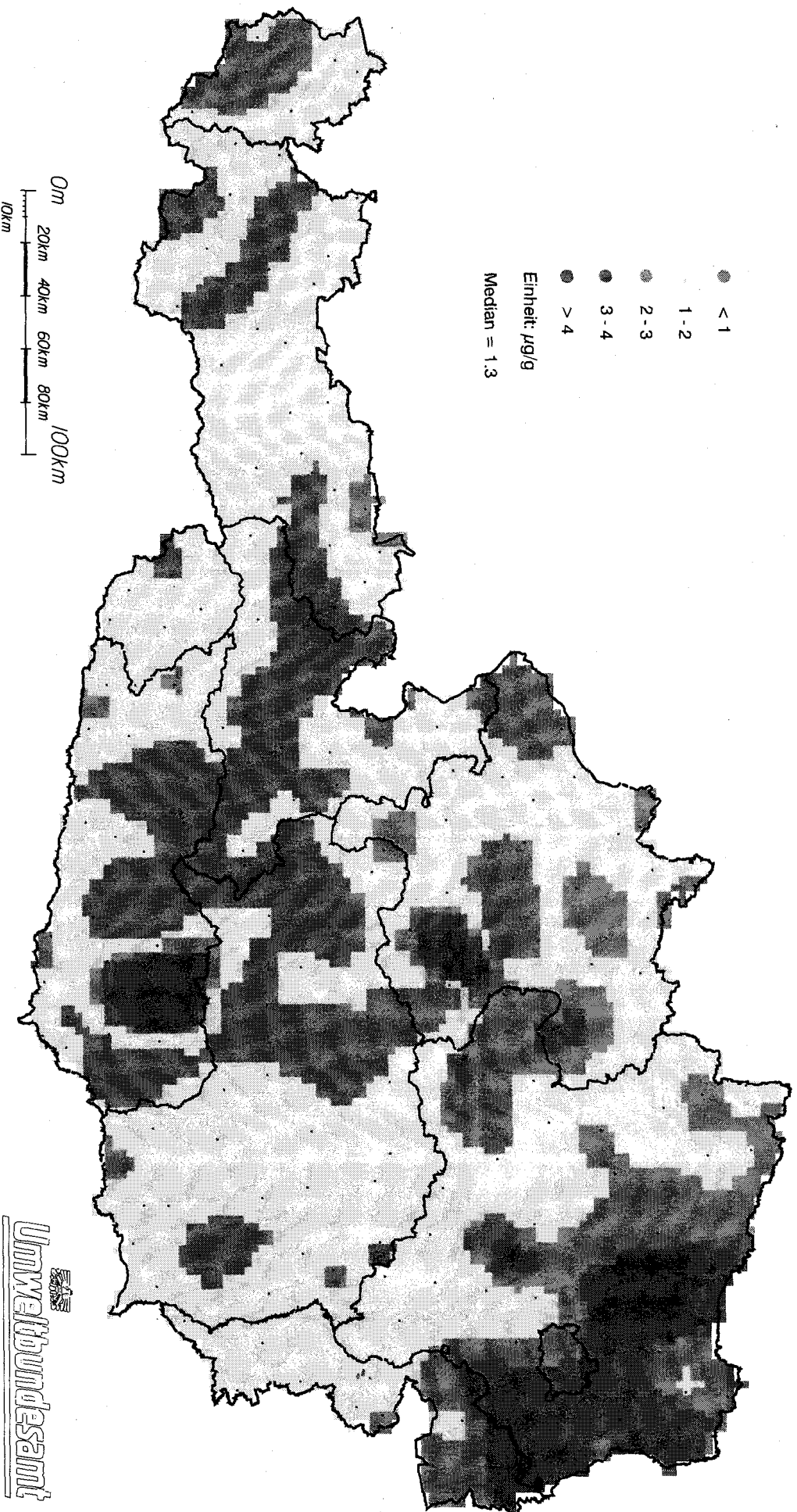


VANADIUM IN MOOSEN

Karte 12a

Aufsammlung 1995

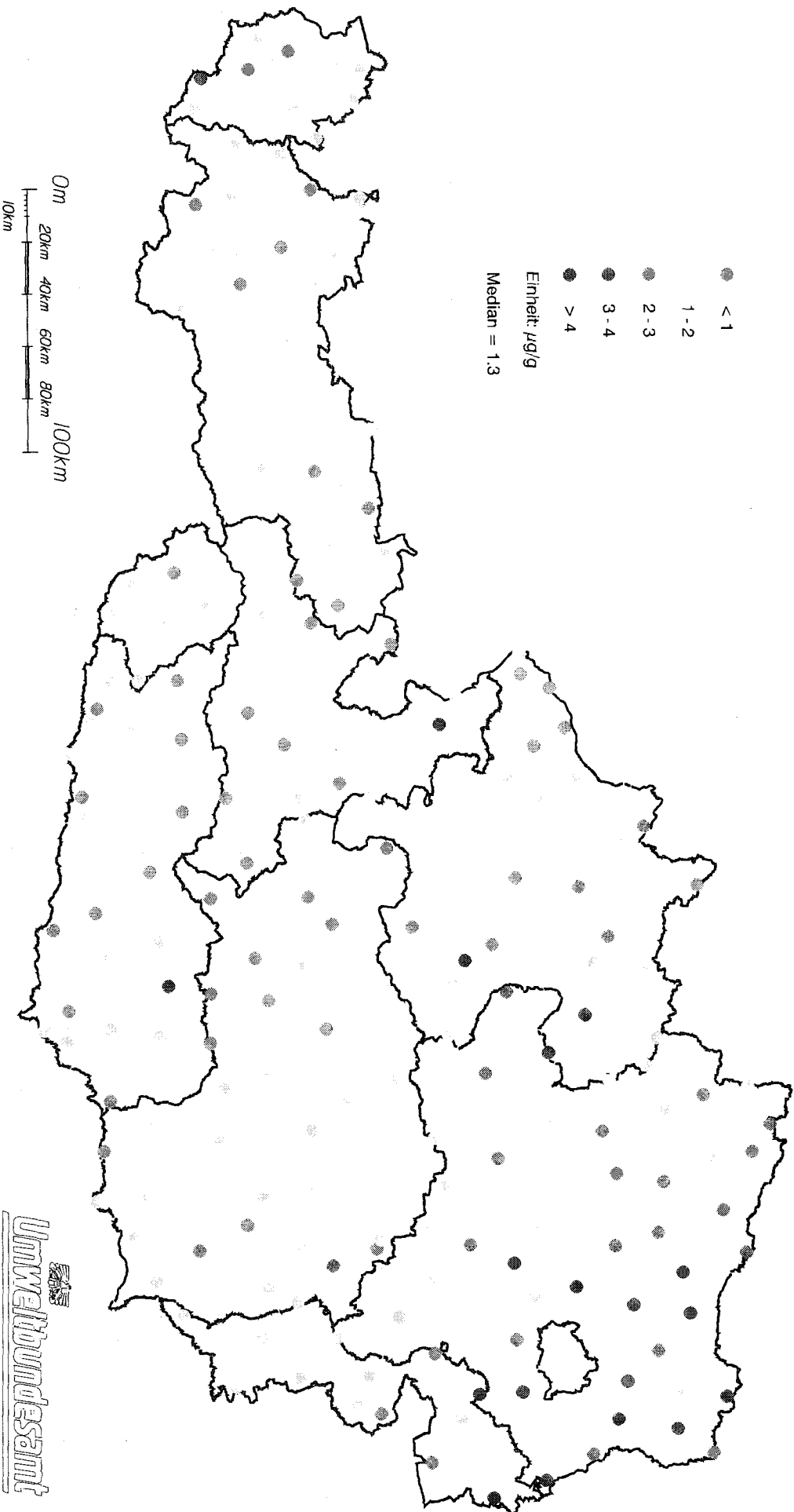
interpoliert



VANADIUM IN MOOSEN

Karte 12b

Aufsammlung 1995

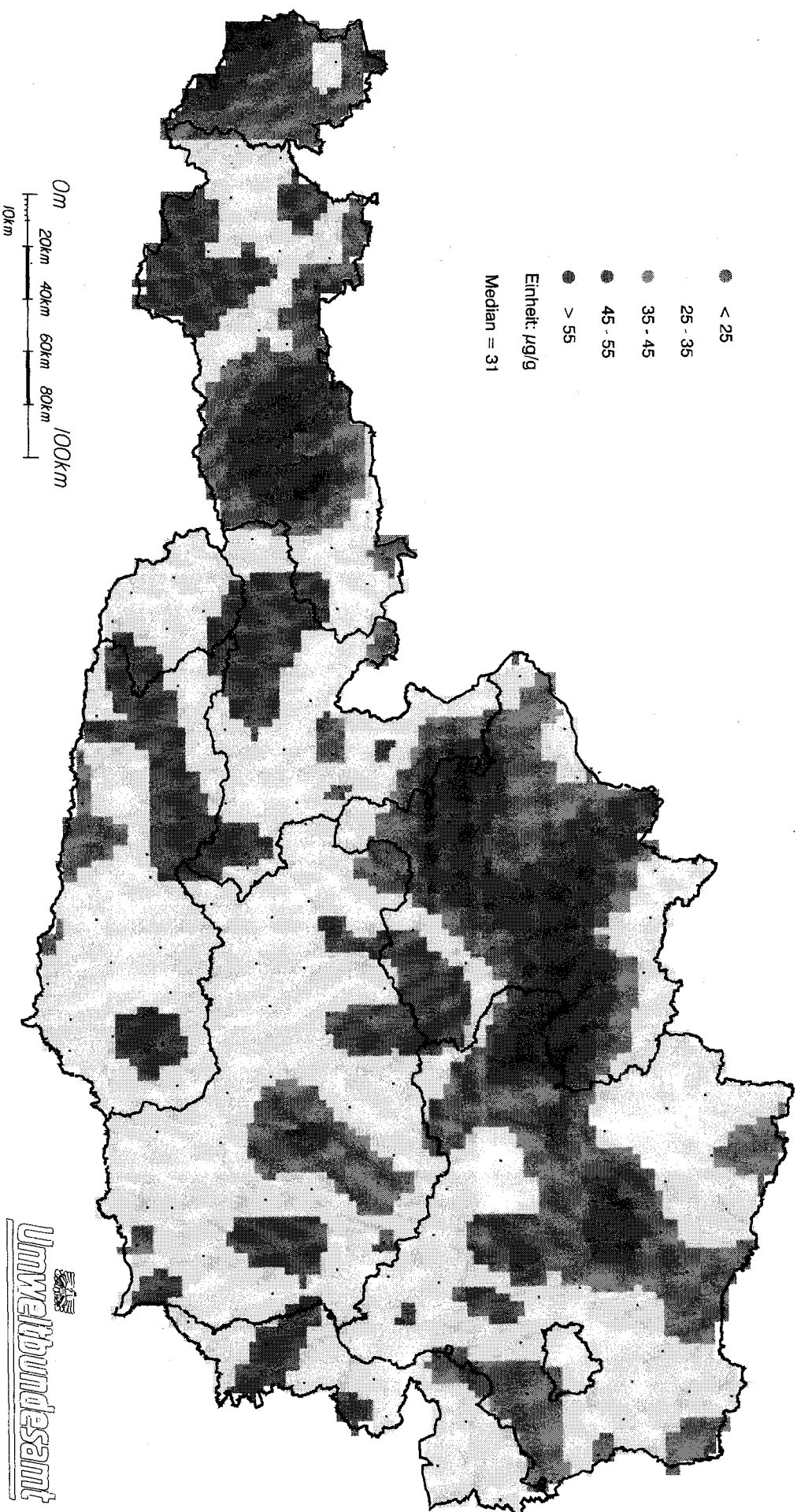


ZINK IN MOOSEN

Karte 13a

Aufsammlung 1995

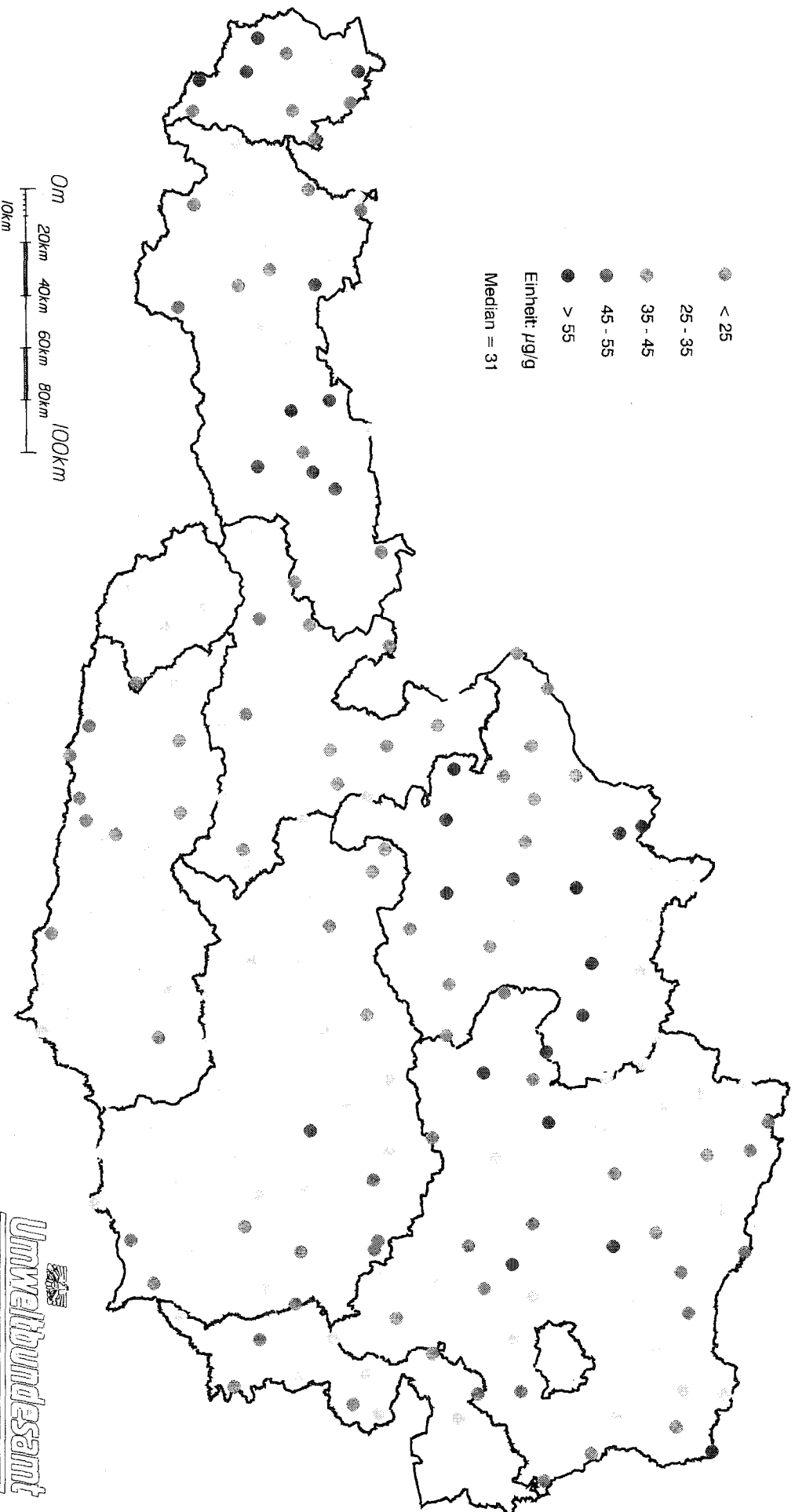
interpoliert



ZINK IN MOOSEN

Karte 13b

Aufsammlung 1995

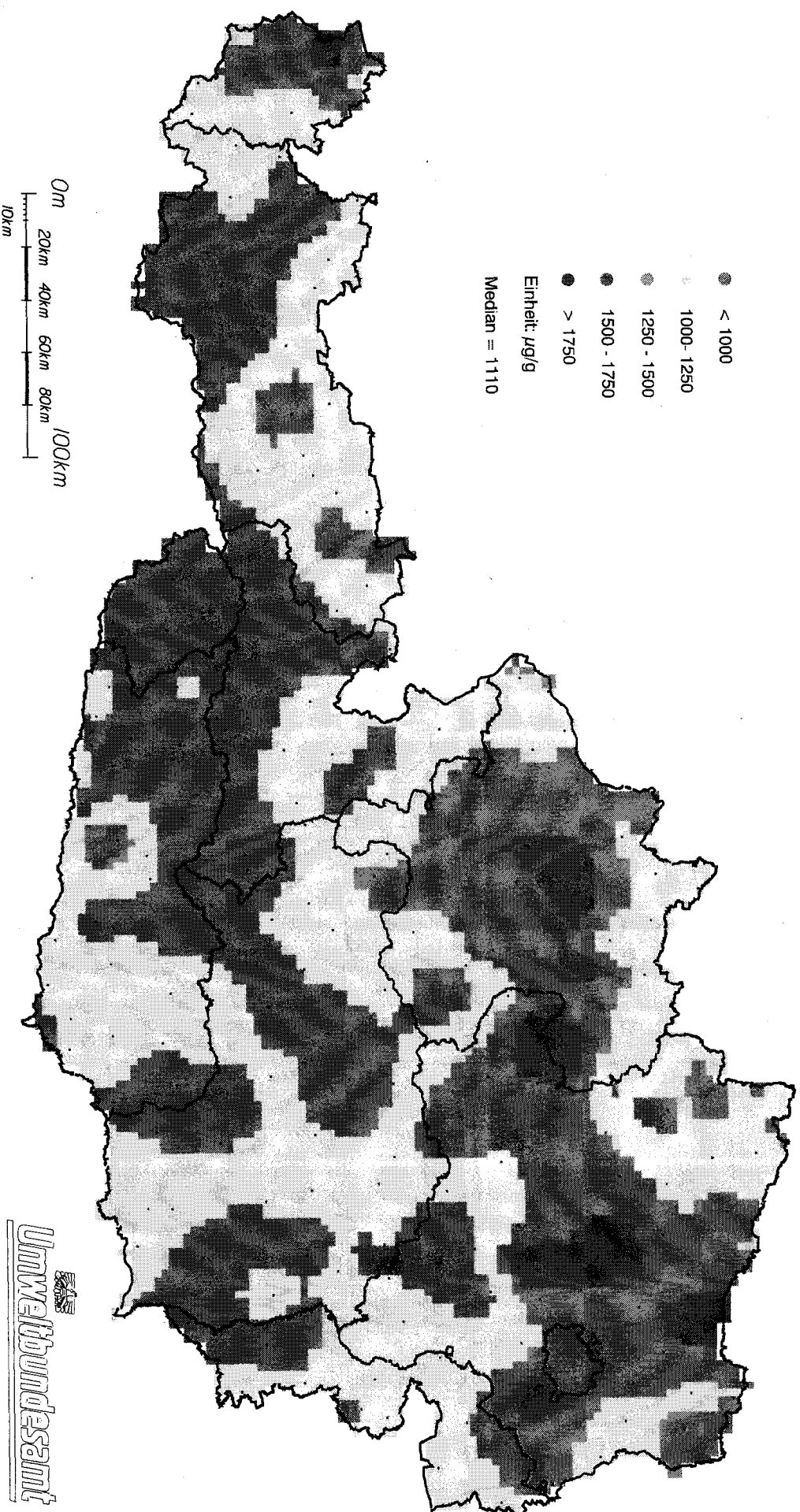


SCHWEFEL IN MOOSEN

Karte 14a

Aufsammlung 1995

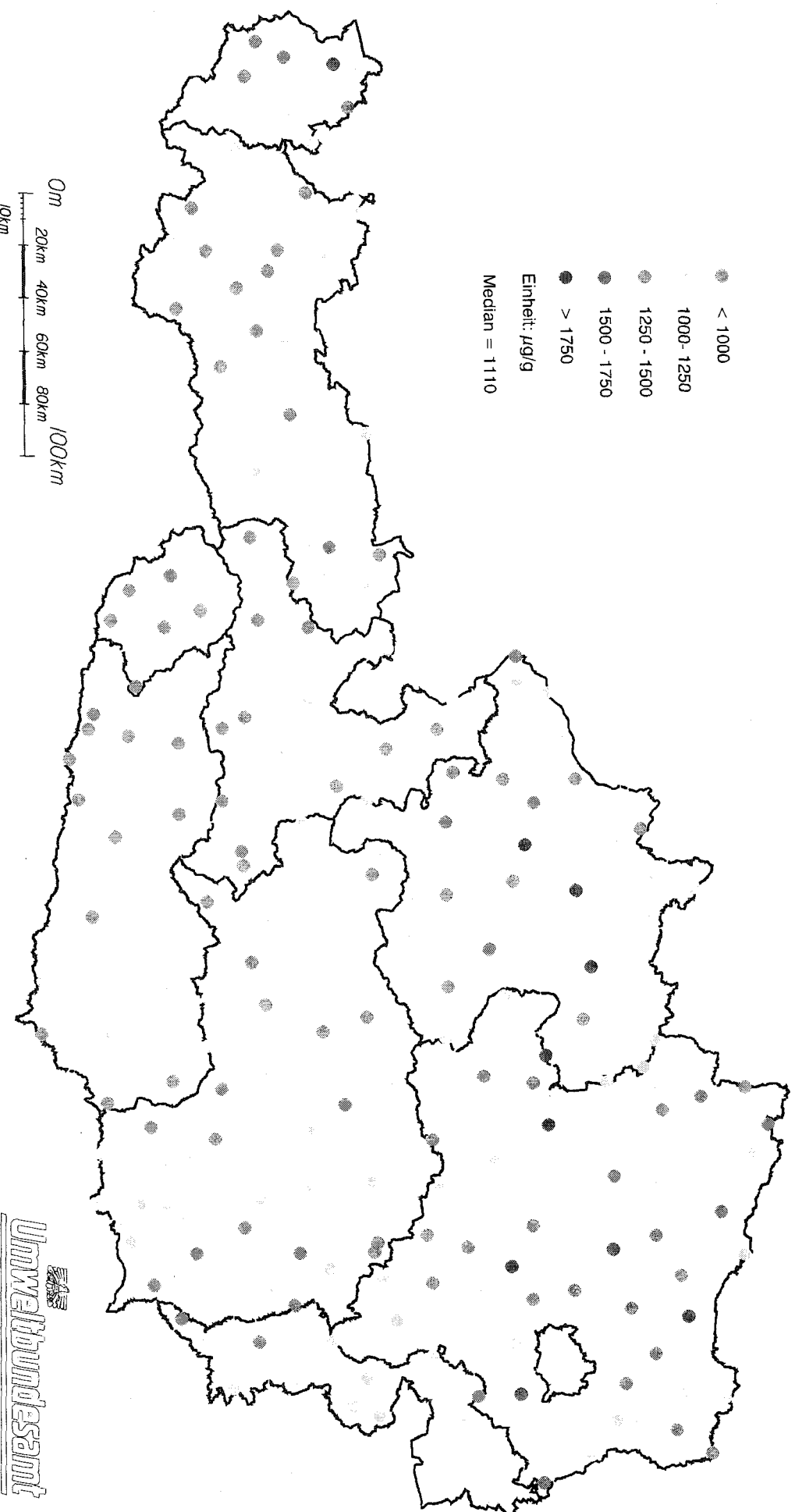
interpoliert



SCHWEFEL IN MOOSEN

Karte 14b

Aufsammlung 1995



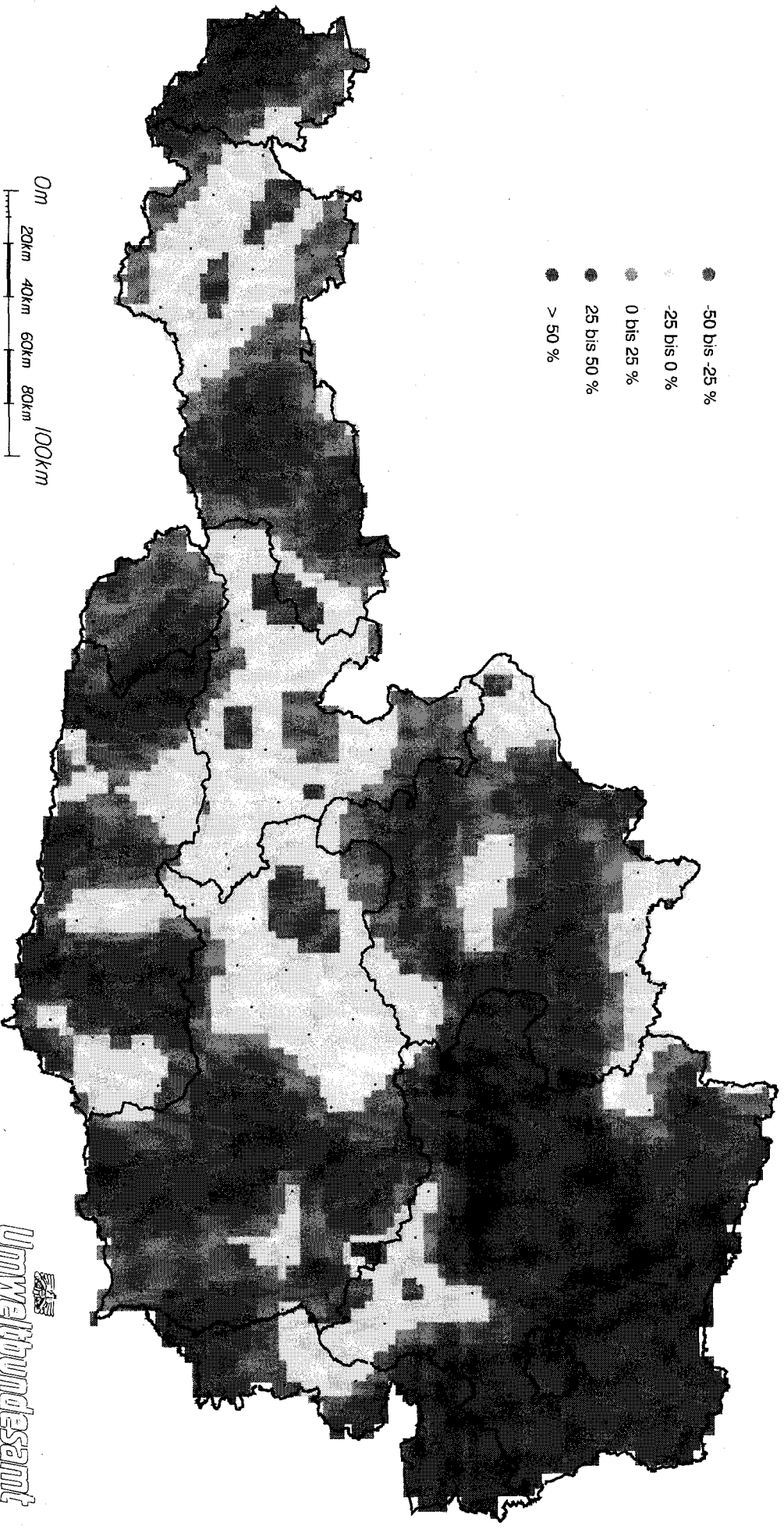
SCHWERMETALLDEPOSITION IN ÖSTERREICH

Karte 15a

Summe aller untersuchten Elemente

Abweichungen vom Median - interpoliert

- -50 bis -25 %
- -25 bis 0 %
- 0 bis 25 %
- 25 bis 50 %
- > 50 %



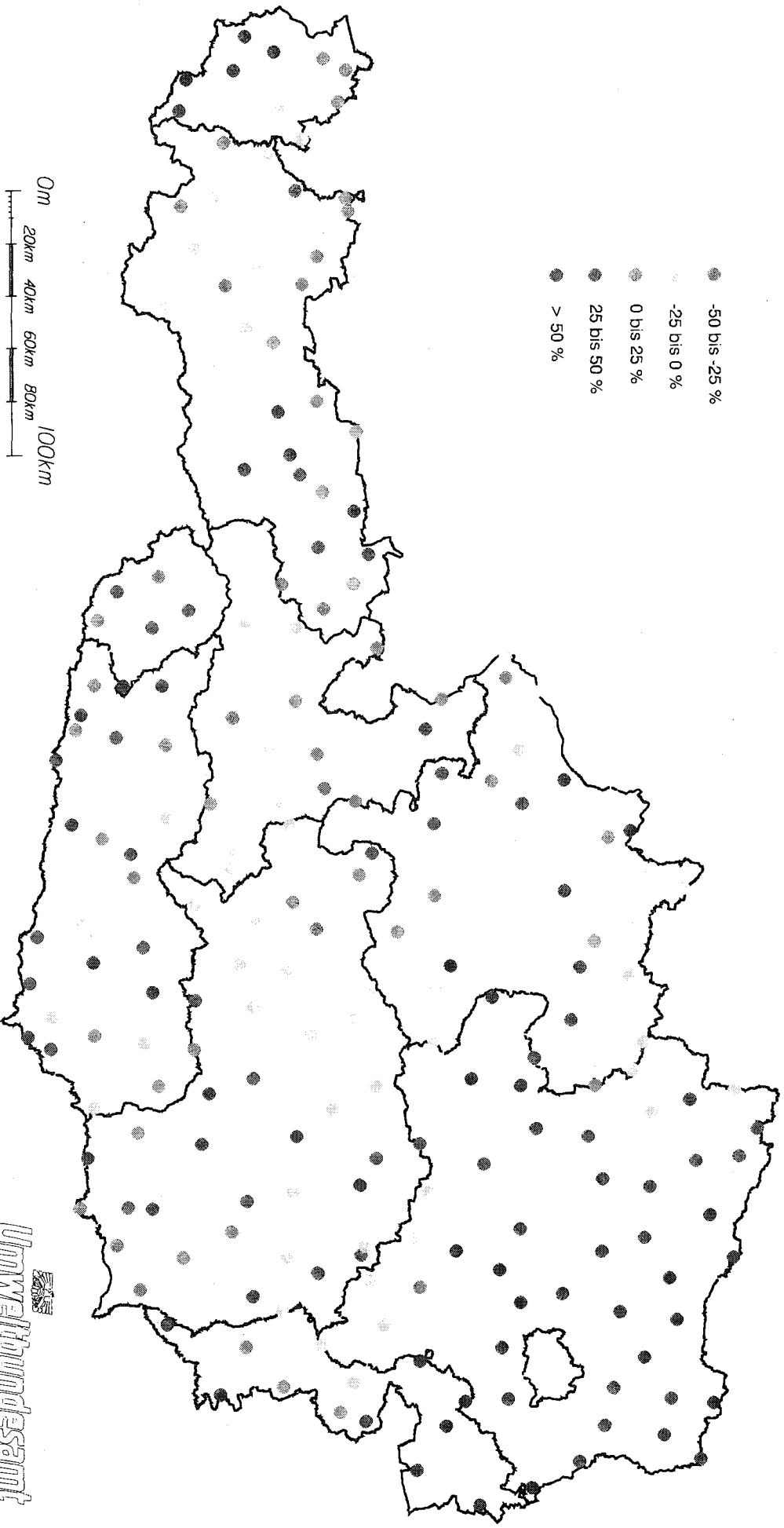
SCHWERMETALLDEPOSITION IN ÖSTERREICH

Karte 15b

Summe aller untersuchten Elemente

Abweichungen vom Median

- -50 bis -25 %
- -25 bis 0 %
- 0 bis 25 %
- 25 bis 50 %
- > 50 %



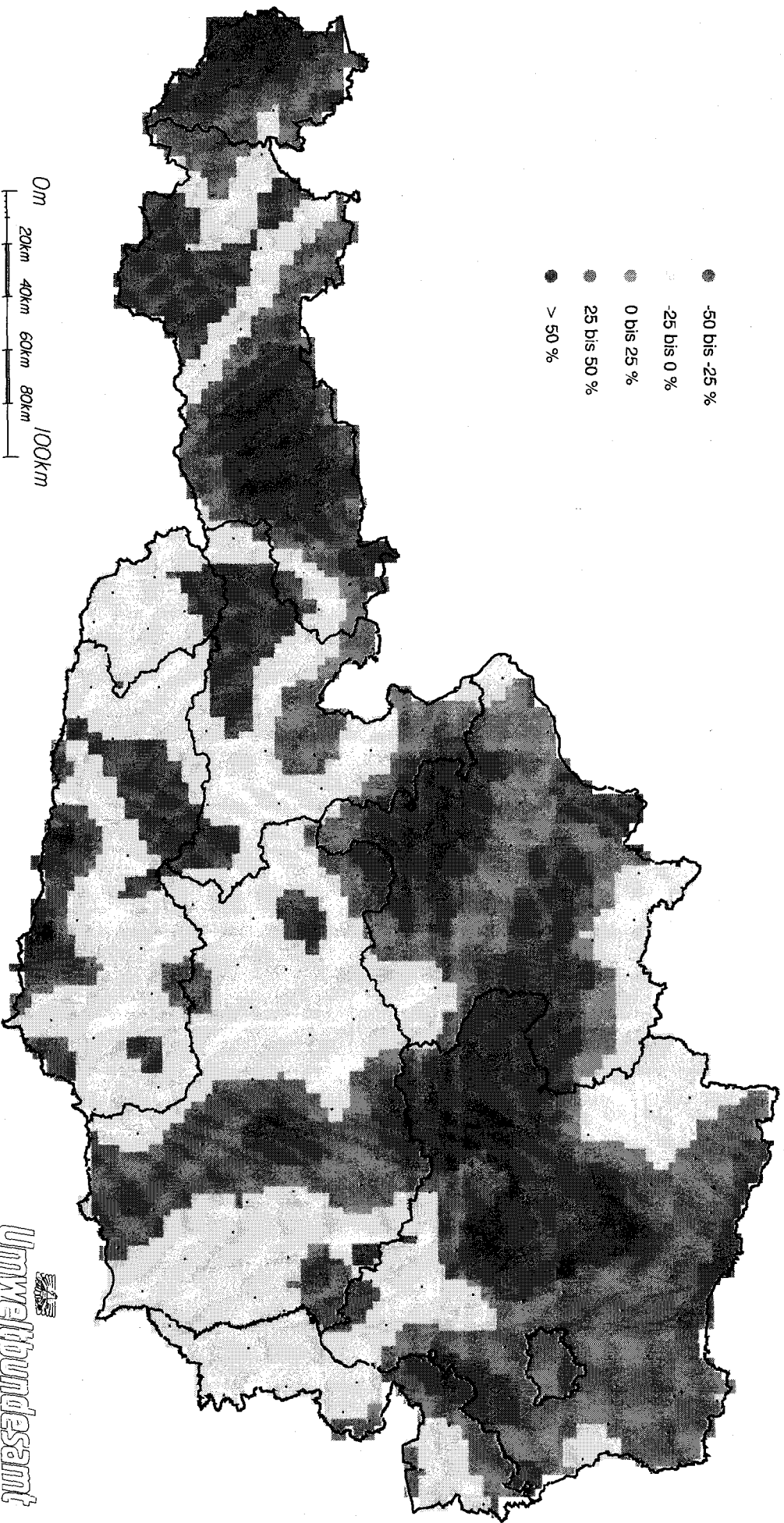
SCHWERMETALLDEPOSITION IN ÖSTERREICH

Karte 16a

Summe von Pb, Cd, Zn, Cu, Hg und S

Abweichungen vom Median - interpoliert

- -50 bis -25 %
- -25 bis 0 %
- 0 bis 25 %
- 25 bis 50 %
- > 50 %



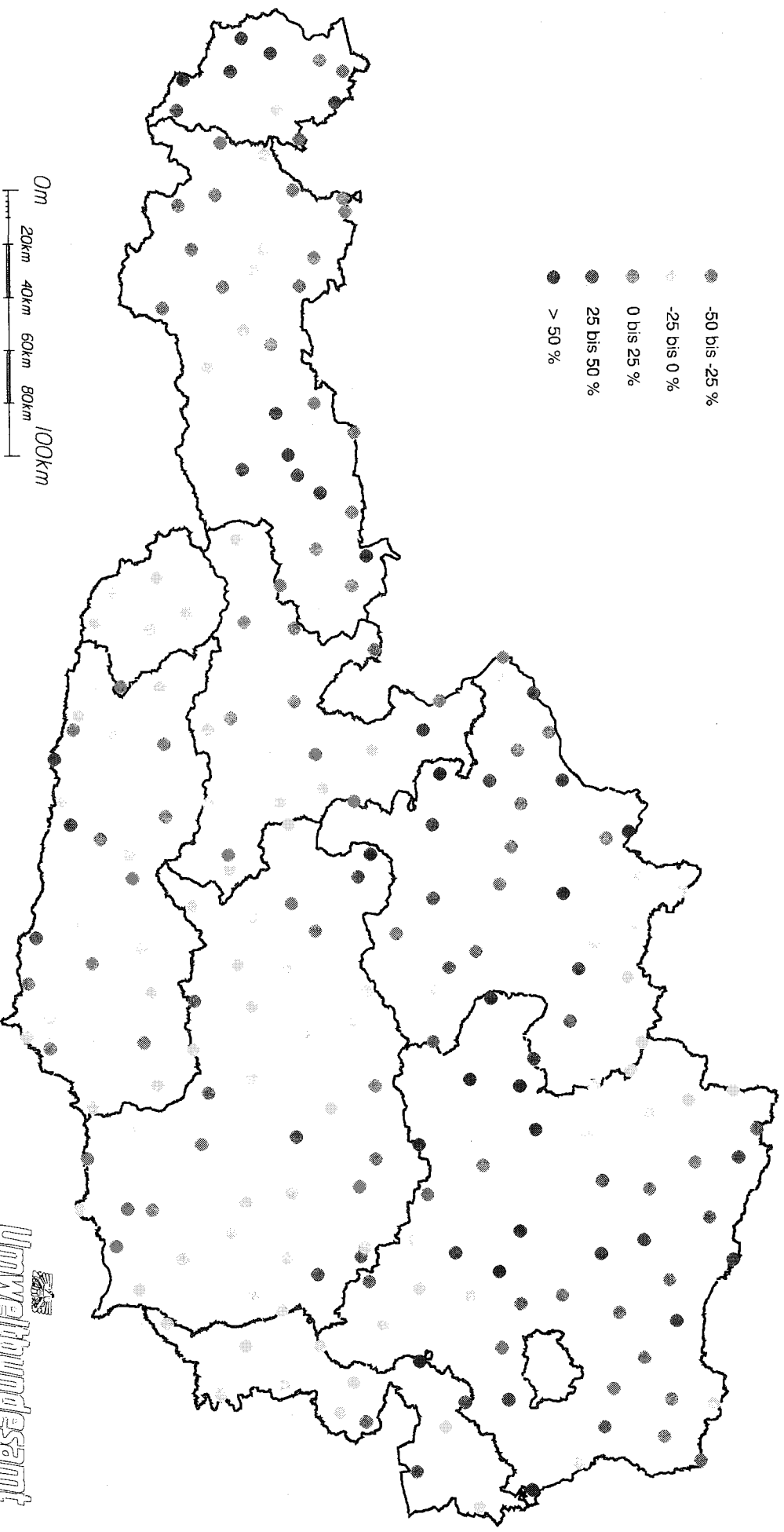
SCHWERMETALLDEPOSITION IN ÖSTERREICH

Karte 16b

Summe von Pb, Cd, Zn, Cu, Hg und S

Abweichungen vom Median

- -50 bis -25 %
- -25 bis 0 %
- 0 bis 25 %
- 25 bis 50 %
- > 50 %



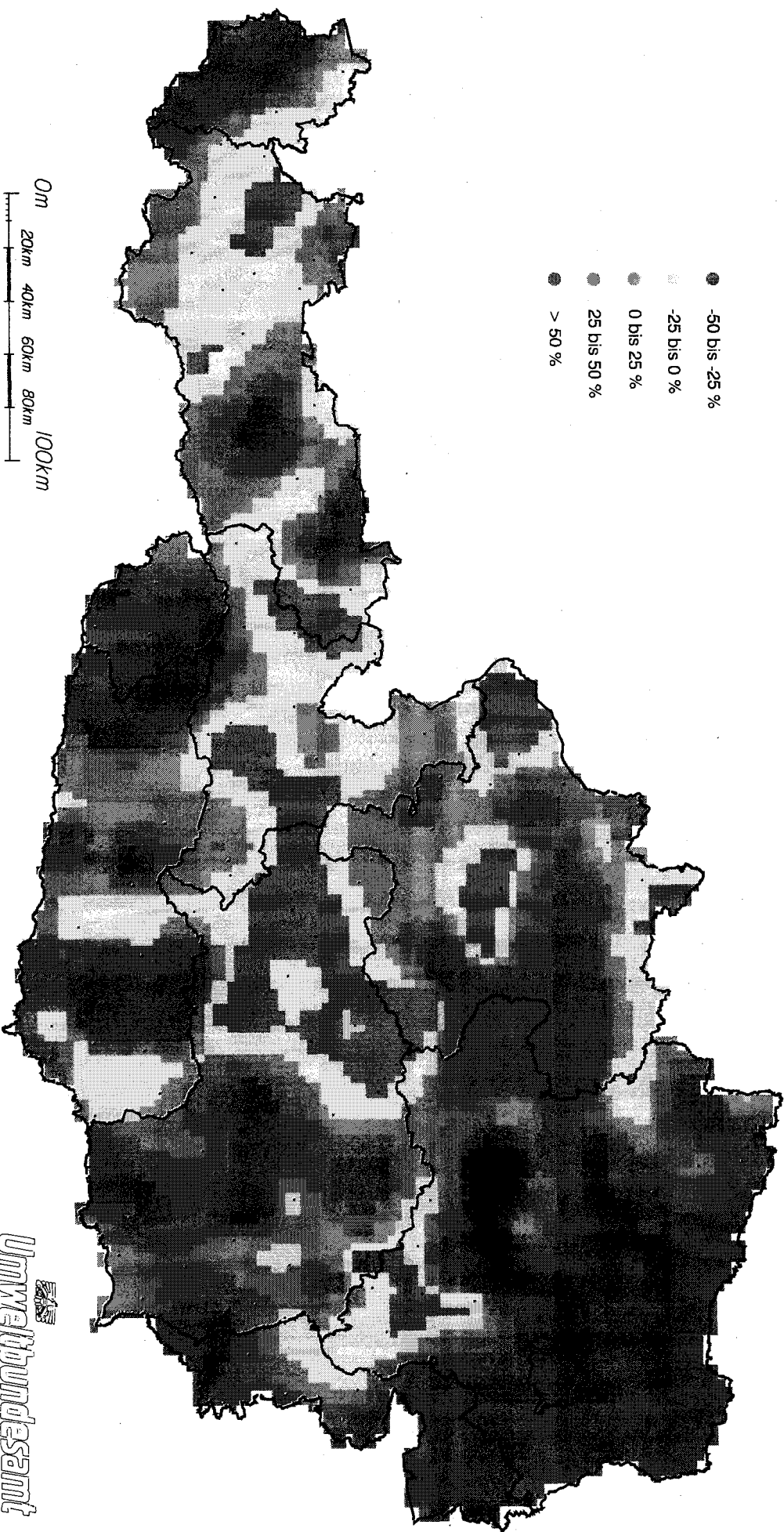
SCHWERMETALLDEPOSITION IN ÖSTERREICH

Karte 17a

Summe von As, Cr, Fe, Ni, V und Mo

Abweichungen vom Median - interpoliert

- -50 bis -25 %
- -25 bis 0 %
- 0 bis 25 %
- 25 bis 50 %
- > 50 %



0m
10km
20km
40km
60km
80km
100km

SCHWERMETALLDEPOSITION IN ÖSTERREICH

Karte 17b

Summe von As, Cr, Fe, Ni, V und Mo

Abweichungen vom Median

- -50 bis -25 %
- -25 bis 0 %
- 0 bis 25 %
- 25 bis 50 %
- > 50 %

