©Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereinigung in Salzburg; download unter www.biologiezentrum.at

Ber.Nat.-Med.Ver.Salzburg	Band 10	S. 45 - 59	Salzburg 1993

ZUR SCHWERMETALLBELASTUNG IN DEN STADTNAHEN WÄLDERN SALZBURGS

von Thomas Peer

Institut für Botanik der Universität Salzburg
Hellbrunnerstr. 34, A-5020 Salzburg

Abstract:

The heavy metal content of the forest soils around Salzburg.

Within the scope of an immission research programme the total content of lead, cadmium, zinc and copper was determined in several forest soils collected in the surrounding area of Salzburg in the years 1987, 1988 and 1989. Very high metal levels were measured in soil samples from Gaisberg and from the north-west slopes of Untersberg. The highest content was found in the soils from the top of Gaisberg. The soil metal content is closely related to the soil types (rendzina soils have higher metal levels than cromic-cambisoils), horizons (higher contamination in the A-horizon), altitude, sites and vegetation (forest soils are more contaminated than grassland soils). The metal deposition rate in the Salzburg basin (excepted Gaisberg) is similar to the deposition rates registered in some other Austrian areas with high precipitation (North-Tyrol, Central Alps).

Zusammenfassung:

Im Rahmen eines dreijährigen interdisziplinären Immissionsprojektes wurden die Gesamtgehalte von Pb, Cd, Zn und Cu in verschiedenen Waldböden rund um Salzburg untersucht. Am stärksten belastet sind der Gaisberg und die NW-Hänge des Untersberges. Am Gaisberggipfel werden jeweils die Maxima erreicht. Statistisch signifikante Abhängigkeiten bestehen zum Bodentyp (Rendsina, Braunlehm), zum Horizont (höchste Gehalte im A-Horizont), zur Exposition, Höhenlage und Vegetation (Wald, Wiese). Im bundesweiten Vergleich entsprechen die Depositionsraten im Salzburg Becken (ohne Gaisberg) den niederschlagsreicheren Gebieten am Alpennordrand (Nortirol, Zentralalpen).

Einleitung

©Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereinigung in Salzburg; download unter www.biologiezentrum.at

In den Jahren 1987 1989 wurden in einem interdisziplinären, von der Stadt Salzburg geförderten Projekt, verschiedene Systemelemente der Salzburger Stadtwälder untersucht und in Hinblick auf ihren ökologischen Zustand bewertet (PEER 1988, PEER et al. 1990). Einen wesentlichen Teil des Analysenaufwandes stellten die Schwermetallbestimmungen in verschiedenen Bodenhorizonten dar. Sie wurden jährlich (insgesamt 3 mal) an 40 Standorten, die sich vom Plainberg im Norden über Wartberg im Westen, Untersberg und Hellbrunnerberg in Süden bis zum Gaisberg im Osten erstreckten, durchgeführt. Die Daten wurden anschließend mittels Multi-Varianzanalyse (ANOVA und ONEWAY aus dem Statistik-Programmpaket SPSSx) von Frau Mag. Margit Palzenberger (Institut für Zoologie) statistisch ausgewertet. Für die Erfassung der Gesamtgehalte von Blei, Cadmium, Kupfer und Zink wurde der Königswasseraufschluß (HNO_3 HCl = 3:1) gewählt. Die Messung erfolgte im Atomabsorptions-Spektrophotometer (AAS) in der Flamme bzw. mittels Graphitrohrtechnik (WELZ 1983, BLUM et al. 1986).

Ergebnisse

Faßt man die drei Untersuchungsjahre zusammen, so ergeben sich bei den umweltrelevanten Elementen Pb, Cd und Zn zwei Belastungsschwerpunkte: die Gaisbergkuppe (GA 5, 6. 7) und die NW-Hänge des Untersberges (UN 2, 3). Die Werte liegen um das 8- (Blei) bis 11-fache (Cadmium) über dem Median und deutlich über den Richtwerten für landwirtschaftliche Böden ([1]). Als Maximalwerte wurden für Blei 360,0 mg/kg TM, für Cadmium 6,10 mg/kg TM und für Zink 495 mg/kg TM gemessen. Aufgrund dieser Extremwerte weichen die Mittelwerte z.T. erheblich von den Medianwerten (Tab.1 und 2) ab. Bei den Standorten Königswald (KO) und Goiserwald (GO) handelt es sich um Hochmoortorfe mit ausgeprägten Fällungseigenschaften, vor allem für Blei (PAKARINEN & TOLONEN 1977). Die höchsten Kupfergehalte wurden am Rainberg (RA), Mönchsberg (MO), sowie in den Wiesen von Langwied (LW), Nonntal (NT) und Elsbethen (EB) festgestellt. Innerhalb des Bodenprofils zeigen alle Elemente ein Konzentrationsmaximum im humusreichen A-Horizont, wobei die Unterschiede zwischen dem A- und B-Horizont bei Kupfer nicht signifikant sind. Am niedrigsten sind die Gehalte in der lockeren und noch nicht zersetzten Streuauflage (O-Horizont). Während die Streuauflage mit dem darunterliegenden

---

[1]Pb = 100 mg/kg TM, Cd = 1 mg/kg TM, Zn = 300 mg/kg TM (ÖNORM L 1075)

Boden relativ schlecht korreliert (r = 0,122 - 0,208), besteht zwischen dem A- und B-Horizont eine enge Abhängigkeit (r = 0,024 - 0,033).
Alle Waldstandorte sind durch eine sehr hohe Variabilität der Werte - vor allem bei Cadmium - gekennzeichnet; sie ist im mineralreichen Unterboden am höchsten und in der Streuauflage am geringsten. Verantwortlich dafür ist die für Waldböden typische Inhomogenität auf engstem Raum. Dadurch lassen sich keine eindeutigen Veränderungen durch die sequentielle Beprobung feststellen. Es scheint jedoch im Großmittelvergleich der Jahre 1987, 1988 und 1989 eine geringfügige Zunahme von Blei, Cadmium und Zink zu erfolgen.

Durch den Umstand, daß verschiedene Höhen, Expositionen, geogene und pedogene Verhältnisse berücksichtigt wurden, lassen sich aus dem Datenmaterial einige signifikante standörtliche Zusammenhänge ableiten. So stellte sich heraus, daß analog zu den Tiroler, Niederösterreichischen und Bayrischen Waldböden (Amt der Tiroler Landesregierung, Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, GROTTENTHALER 1989, MUTSCH 1991), auch in Salzburg die humus- und karbonatreichen Rendsinen mehr mit Schwermetallen angereichert sind als die sauren und relativ humusarmen Braunerden und Baunlehme. Bei Cadmium ist es der dreifache Wert, bei Blei der doppelte Wert und bei Zink sind es etwa 50%. Kupfer weist nur geringe Unterschiede auf; z.T. sind die Silikatböden kupferreicher. Die Gründe für das Anreicherungsverhalten in den Karbonatböden liegen einmal in den viel höheren Humusgehalten der Rendsinen - die Schwermetalle gehen mit den Huminstoffen sehr stabile Verbindungen ein -, zum anderen im pH-Wert. Auch die geringere Dichte (größeres Volumen pro Einwaage) ist zu berücksichtigen. Zink und Cadmium sind bei pH-Werten unter 5,0, Blei ist unter pH 4,0 verstärkt löslich. Da 42% der untersuchten Waldböden einen pH-Wert von unter 4,9 aufweisen und 18,4% unter 4,1 liegen, muß - bei humusarmen Böden mit einer erhöhten Löslichkeit und Verlagerung dieser Elemente gerechnet werden. Die geringen Cd-Unterschiede zwischen A- und B-Horizont sind wahrscheinlich darauf zurückzuführen. Auch für die auffallende Schwermetallarmut in den extrem sauren Böden von Wartberg und Plainberg könnten Auswaschungsverluste verantwortlich sein. Dafür spricht, daß aus diesen Böden - im Gegensatz zu den Nadeln der Bäume - fast kein Mangan extrahiert werden konnte. Nach KADZA & GLATZEL (1984) ist dies nur in sehr sauren Böden, in denen Mangan aus den Mn-Oxiden freigesetzt wird, möglich. Die höheren Cu-Gehalte im Unterboden dürften in den weniger sauren Böden geogen bedingt sein, in den sauren Böden könnte es hingegen zu einer Mobilisierung durch lösliche organische Komplexbildner und in der Folge zu einer Verlagerung in tiefere Horizonte gekommen sein (vgl. HERMS & BRÜMMER 1984).

Eine wichtige Rolle für die Schadstoffdeposition spielt die Exposition. So sind am Gaisberg und Untersberg, z.T. am Kapuzinerberg und in der Vorderfager, die NW-Lagen stärker mit Schadstoffen angereichert. Allerdings wirkt sich dieser Expositionsunterschied erst ab einer Höhe von 700 msm signifikant aus. Die

©Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereinigung in Salzburg; download unter www.biologiezentrum.at
Mehrbelastung beträgt bei Cadmium und Blei z.T. mehr als das Doppelte, bei Zink sind es rd. 90% und bei Kupfer 20% (vgl. GSTÖTTNER 1992). Die unterschiedlichen Aziditätsverhältnisse (mittlerer pH-Wert in den NW-Lagen: 6,5, in den übrigen Lagen: 5,7) haben diesen Effekt möglicherweise noch verstärkt. Hinweise auf eine höhere Kontamination der NW-Flanken finden sich auch in den Untersuchungen der Landesforstdirektion (Amt der Salzburger Landesregierung 1989) sowie bei HOLTER (1986), der in den NW-exponierten Schneeproben einen um 20-30% höheren Elektrolytgehalt feststellte. Dieser Umstand deutet auf einen Ferntransport hin und muß bei der Interpretation der Schwermetallherkunft mitberücksichtigt werden.

Bemerkenswert sind weiters die Unterschiede zwischen Wald- und Wiesenböden. Durch die Filterwirkung des Kronendaches (Interzeption) gelangt ein beträchtlicher Anteil an Schwermetallen mit der Streuzersetzung in den Boden. Im Großmittel (alle Horizonte und Jahre) wurden im Waldboden zwischen 9% (Zn) und 35% (Cd) höhere Werte gefunden. Die Kupferwerte waren hingegen in den Wiesen - wohl aufgrund der allgemein üblichen intensiven Güllewirtschaft - fast doppelt so hoch. Die Anreicherung ist im Ober- und Unterboden relativ ähnlich, lediglich Blei ist zu über 70% im humusreichen A-Horizont fixiert. In der Gegenüberstellung Nadel- und Laubstreu erweist sich die Nadelstreu als deutlich stärker belastet, vor allem mit Blei (60%) und Cadmium (35%). Die Blei- und Cadmiumwerte entsprechen mit 69 bzw. 0,46 mg/kg TM denen der Fichtenwälder im Solling (Deutschland), die Zinkwerte sind um das Doppelte höher (103 mg/kg TM). Die Buchenwälder sind in Salzburg weniger mit Cadmium, dafür aber mehr mit Blei und Zink belastet (ELLENBERG et al. 1986). Kupfer spielt in den Salzburger Wäldern kaum eine Rolle. Die Unterschiede zwischen Nadel- und Buchenstreu setzen sich im A-Horizont fort, werden jedoch mit zunehmender Bodentiefe immer geringer.
Werden die Schwermetallgehalte der Salzburger Waldböden mit denen in Vorarlberg (HUSZ 1987), Tirol (Amt der Tiroler Landesregierung 1988) und Niederösterreich (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung & Forstliche Bundesversuchsanstalt 1991) verglichen, so zeigt sich, daß der niederschlagsreichere Nordalpenrand mit den Bundesländern Salzburg, Nordtirol und Vorarlberg bezüglich der Belastung mit Cadmium und Zink über den anderen Gebieten liegt (Abb.1). Darüberhinaus ragt der Gaisberggipfel mit teilweise doppelt so hohen Werten. Blei erreicht in den niederösterreichischen Waldböden ähnlich hohe Konzentrationen wie in Osttirol und in Vorarlberg. Die Angaben aus Vorarlberg beziehen sich allerdings zu einem Großteil auf Grünlandböden, was einerseits die relativ hohen Zinkwerte, andererseits die niederen Bleiwerte, sowie die geringen Unterschiede zwischen Ober- und Unterboden erklärt. Im Inntal hat der Transitverkehr zu einer starken Bleianreicherung geführt. Kupfer zeigt insgesamt ein einheitliches Bild; nur im Inntal sind die Gehalte etwas höher. Was die unterschiedlichen Verhältnisse zwischen Ober- und Unterboden betrifft, so ist zu berücksichtigen, daß in Salzburg nur bis maximal 30 cm Tiefe, in den anderen

Gebieten jedoch bis 50 cm Tiefe beprobt wurde, wodurch sich die Verlagerungsdynamik stärker auswirken konnte. In den sehr sauren Böden der Zentralalpen und in Osttirol ist es deswegen zu einer Anreicherung von Zink und Kupfer im Unterboden gekommen. Umgekehrt fallen die Oberböden im Inntal aufgrund ihrer günstigen geochemischen Verhältnisse durch ein besonders hohes Fixierungsvermögen für Blei, Cadmium, Zink und Kupfer auf. Bezüglich der Nickelgehalte am Gaisberg (GSTÖTTNER 1992) ergeben sich kaum Unterschiede zu Vorarlberg und Niederösterreich. Die leichte Mobilisierbarkeit spiegelt sich in den höheren Unterbodenwerten wider. Ähnliches gilt für Chrom, das am Gaisberggipfel leicht erhöht ist.

©Naturwissenschaftlich-Medizinischer Verein in Salzburg; download unter www.biologiezentrum.at

Diskussion

Geht man davon aus, daß bei überdurchschnittlich hohen Schwermetallanreicherungen in der Humusschicht und Streuauflage Immissionseinflüsse vorhanden sind, so drücken die Gehalte in den Salzburger Böden relativ ungünstige lufthygienische Verhältnisse aus, eine Tatsache, die durch die Flechtenbefunde von WITTMANN & TÜRK (1988), die mykozoenologischen Untersuchungen von RÜCKER et al. (1990) und die Schwermetalluntersuchungen der landwirtschaftlich genutzten Böden im Flachgau (AICHBERGER 1989) bestätigt wird.

Für die Herkunft der Schwermetalle spielt neben dem lokalen Emittenten Salzburg-Stadt und Umgebung der Ferntransport eine entscheidende Rolle. Dessen Effekt wird durch die besondere geographisch-klimatische Situation im Salzburger Becken (Nordstaulage mit hohen Niederschlägen, geringer Luftaustausch) noch verstärkt. Nach den vorliegenden Untersuchungen gilt dies vor allem für Blei, Cadmium und Zink, weniger für Kupfer, Nickel und Chrom. Letztere sind weder im Humushorizont übermäßig angereichert, noch zeigen sie einen ausgeprägten Höhen- und Expositionsgradienten. Für die extreme Belastung des Gaisberg-Gipfels sind neben der Exponiertheit auch lokale Faktoren verantwortlich. So wurden in einigen Böden hohe anthropogene Verunreinigungen wie Glas, Metalle und Kunststoffe gefunden (Rest wilder Müllablagerungen), dann wird das Gaisberg-Plateau das ganze Jahr intensiv touristisch genutzt (ca. 350 000 Besucherfahrzeuge pro Jahr, die Gaisbergstraße ist eine der frequentiertesten Ausflugsbergstraßen Österreichs und das Gaisbergmassiv eines der meistbesuchten in den Ostalpen, AK-Studie 1990) und schließlich ist auch ein Einfluß des an die 80 m hohen Senders mit seinem dichten Hochfrequenz-Netz nicht auszuschließen, sowohl was die Anziehung elektrisch geladener Schwermetallteilchen als auch die periodisch durchgeführten Wartungsarbeiten am Sendeturm selbst betrifft (die schwermetallreiche, rot-weiße Lackfarbe wird mit einem Sandstrahlgebläse entfernt und lagert sich in der Umgebung ab).

©Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereinigung in Salzburg; download unter www.biologiezentrum.at
Wird die derzeitige Schwermetallbelastung im Zusammenhang mit den vielerorts feststellbaren Destabilisierungsvorgängen, wie pH-Absenkung (HOLTER 1986), Entbasung, Al-Freisetzung, Tonmineralumkristallisation (sekundäre Chloritisierung) oder Humusdisintegration (vgl. RÜCKER & PEER 1988) gesehen, so sind mannigfaltige Konsequenzen auf die nur sehr schwer regenerierbaren Ressourcen wie Boden und Wasser zu erwarten. Die Regelkreisläufe sind in vielen Bereichen entkoppelt, das zeigen nicht nur die drastisch veränderte Mykoflora (RÜCKER 1990), sondern auch die Ionenimbalance in den Nadeln und Blättern (LUTZ 1989). Ebenso unbestritten ist die in der Folge von abiotischen Störungen zunehmende Disposition der Bäume für Schädlinge. Gerade für die höheren Regionen mit geringer biologischer Umsetzrate bedeutet der permanente Eintrag von Fremdstoffen eine schwerwiegende Hypothek. Es gilt daher sehr rasch mit Hilfe eines effektiven Umweltmanagements zielführende Maßnahmen zur Reduktion der Schadstoffemissionen zu setzen.

Literatur

AICHBERGER, K. (1989): Der Schwermetallgehalt landwirtschaftlich genutzer Böden von Salzburg-Flachgau. Beilage zur ALVA-Exkursion 1989 in Salzburg, 3 pp.

AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG (1989): Bericht über den Zustand der Tiroler Böden, Bodenkataster. Innsbruck, 198 pp.

AMT DER NIEDERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG; Landesforstdirektion und Forstliche Bundesversuchsanstalt, Institut für Standortskunde (1991): Bericht über den Zustand des Waldbodens in Niederösterreich. Wien, 110 pp.

BLUM, W.E., DANNEBERG, O.H., GLATZEL, G. et al. (1986): Waldbodenuntersuchung, Geländeaufnahme, Probennahme, Analyse. Österr. Bodenkdl. Ges. 31. Wien, 59 pp.

ELLENBERG, H., MAYER, R. und J. SCHAUERMANN (1986): Ökosystemforschung - Ergebnisse des Sollingprojektes 1966-1986. E. Ulmer, Stuttgart, 507 pp.

GROTTENTHALER, W (1989): Die Belastungssituation von Böden des Berchtesgadner Raumes. Ergebnisse aus dem Bodenkataster Bayern. Academia Cosmologica Nova. Mensch und Weltraum. München, 121-132.

GSTÖTTNER, E. (1992): Zur Schwermetallsituation in den Böden des Gaisberggipfels (Salzburg). Unveröff. Diplomarbeit, Universität Salzburg, 98 pp.

HERMS, U. und G. BRÜMMER (1984): Einflußgrößen der Schwermetalllöslichkeit und -bindung in Böden. Z. Pflanzenernähr. Bodenkde. 147, 400-424.

HOLTER, Ch. (1986): Bodenversauerung am Gaisberg bei Salzburg. Unveröff. Diplomarbeit, Universität Salzburg, 70 pp.

HUSZ, G. (1987): Bodenzustandserhebung Vorarlberg 1986. Lebensraum Vorarlberg, Bd. 2. Amt der Vorarlberger Landesregierung, Bregenz, 112 pp.

KAZDA, M. und G. GLATZEL (1984): Schwermetallanreicherung und Schwermetallverfügbarkeit im Einsickerungsbereich von Stammablaufwasser in Buchenwäldern des Wienerwaldes. Z. Pflanzenernähr. Bodenkde. 147, 743-752.

KAMMER FÜR ARBEITER UND ANGESTELLTE für Salzburg, Umweltreferat (1990): Nutzung und Naherholungsraum Gaisberg. AK-Studienreihe, Salzburg; 336 pp.

LUTZ, S. (1989): Nadel- und Blattanalysen an Waldbäumen in der Umgebung von Salzburg. Unveröff. Diplomarbeit, Universität Salzburg, 113 pp.

MUTSCH, F (1991): Waldbodenzustandsinventur. Überblick zur Schwermetallsituation österreichischer Waldböden. FBVA-Berichte 49, 39-48.

ÖNORM L1075: Richtwerte für Schwermetallgehalte in landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzen Böden, Wien 1990.

PAKARINEN, P und K. TOLONEN (1977): Distribution of lead in Sphagnum fuscum profiles in Finland. Oikos 28, 69-73.

PEER, T. (1988): Bodenuntersuchungsprogramm Gaisberg erste Ergebnisse. Wald & Holz-Rundschau 44, 6-8.

PEER, T. (1990): Forschungsprojekt Immissionsuntersuchungen Gaisberg und andere stadtnahe Berge (mit Beiträgen von TÜRK & ROTH, SCHWAIGHOFER & MÜLLER, HOLTER, FOISSNER & LÜFTENEGGER und RÜCKER). 2 Bde. Amt für Umweltschutz der Stadt Salzburg, 289 pp und 132 pp.

RÜCKER, T. (1990): Die Pilzflora der Gaisbergwälder bei Salzburg, Österreich. Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich, 127, 165-183.

RÜCKER, T. und T. PEER (1988): Die Pilzflora des Hellbrunner Berges: Ein historischer Vergleich. Ber. Nat.-Med. Ver. Salzburg 9, 147-161.

RÜCKER, T. , WITTMANN, H. und T. PEER (1990): Mykozoenologische Untersuchungen in Fichtenwäldern im Bundesland Salzburg, Österreich. Mycologia Helvetica 4, 75-98.

WELZ, B. (1983): Atomabsorptionsspektrometrie. 3. Aufl. Chemie-Verlag Weinheim, 527 pp.

WITTMANN H. und R. TÜRK (1988): Immissionsbedingte Flechtenzonen im Bundesland Salzburg (Österreich) und ihre Beziehungen zum Problem "Waldsterben" Berichte der Akademie f. Naturschutz und Landschaftspflege (ANL), Laufen 12, 247-258.

Tab. 1: Mittelwerte von Pb und Cd im O-, A- und B-Horizont verschiedener Standorte, nach Größe geordnet (in mg/kg TM).

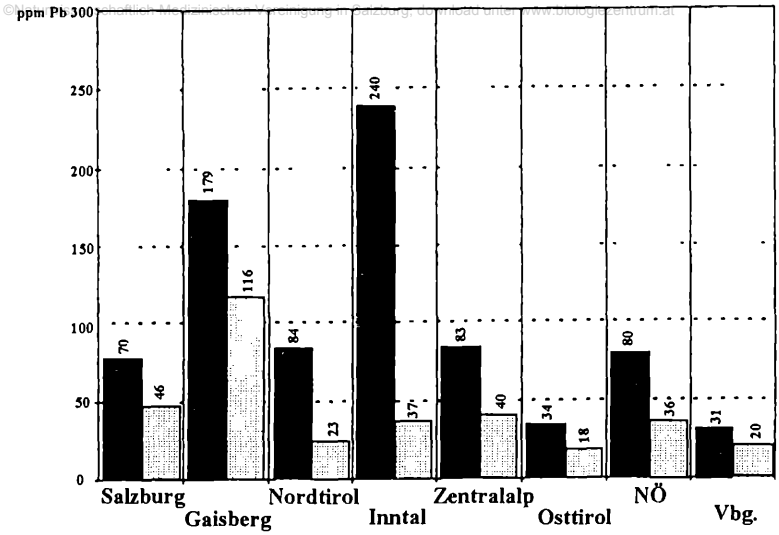
Tab. 2: Mittelwerte von Zn und Cu im O-, A- und B-Horizont verschiedener Standorte, nach Größe geordnet (in mg/kg TM).

Abb. 1: Schwermetallgehalte in verschiedenen Gebieten Österreichs, getrennt nach Ober- (schwarze Säulen) und Unterboden (graue Säulen).

Legende zu den Tabellen 1 und 2

BF 1: Bischofswald, 433 msm, eben, Auboden, Laubmischwald.
EB 1: Elsbethen, 425 msm, eben, Lockersediment-Braunerde, Wiese.
EI 1: Eichetwald, 435 msm, eben, typischer Gley, Fichtenforst.
EI 2: Eichetwald, 430 msm, eben, typischer Gley, Fichtenforst.
GA 1: Gaisberg, 820 msm, W, 15° Rendsina-Braunlehm, Buchenwald.
GA 2: Gaisberg, 480 msm, W, 2° podsolige Lockersediment-Braunerde, Fichten-Buchenmischwald
GA 3: Gaisberg, 1.000 msm, SW, 20° Rotlehm, Fichtenwald.
GA 4: Gaisberg, 620 msm, SW, 20° vergleyter Braunlehm, Buchenwald.
GA 5: Gaisberg, 1.060 msm, NW, 20° Rendsina, Buchenwald.
GA 6: Gaisberg, 1.040 msm, NE, 20° Rendsina, Buchenwald.
GA 7: Gaisberg, 1.260 msm, N, 30° Rendsina, Fichtenwald.
GG 1: Großgmainerberg, 440 msm, SE, 10° Stagnogley, Ahorn-Eschenwald.
GO 1: Goiserwald, 435 msm, eben, Hochmoortorf, Kiefernwald.
GO 2: Goiserwald, 435 msm, eben, Hochmoortorf, Kiefernwald.
HB 2: Hellbrunnerberg, 510 msm, SW, 2° Braunlehm, Buchenwald.
HE 1: Heuberg, 535 msm, NNW, 5° pseudovergleyte Lockersediment-Braunerde, Buchenwald.
HN 1: Hengstberg, 530 msm, NW, 10° Braunlehm, Buchenmischwald.
HN 2: Hengstberg, 550 msm, NW, 15° Braunlehm, Buchenniederwald.
KO 1: Königswald, 430 msm, eben, Hochmoortorf, Laubmischwald.
KR 1: Krützersberg, 560 msm, N,5° typischer Gley, Fichtenwald.
KU 1. Kühberg, 648 msm, W, 20° Rendsina, Buchen-Kiefernwald.
KU 2: Kühberg, 700 msm, S, 5°, Braunlehm, Laubmischwald.
KZ 1: Kapuzinerberg, 540 msm, NW, 25°, Braunlehm, Buchenwald.
KZ 2: Kapuzinerberg, 580 msm, SW, 30°, Braunlehm, Buchenwald.
KZ 3: Kapuzinerberg, 620 msm, NE, 5°, Braunlehm, Buchenwald.
LW 1: Langwied, 430 msm eben, entwässertes Hochmoor, Wiese.
MO 1. Mönchsberg, 480 msm, SW, 10°, Braunlehm, Buchen-Hainbuchenwald.
MO 2: Mönchsberg, 490 msm, NE, 10°, Braunlehm, Hainbuchenwald.
NT 1: Nonntal, 420 msm, eben, überschütteter Gley, Wiese.

PL 1: Plainberg, 480 msm, NW, 2°, vergleyte Braunerde, Buchenwald.
PL 2: Plainberg, 540 msm, SE, 5°, Braunerde, Eschen-Buchenwald.
PL 3: Plainberg, 470 msm, SE, 5°, vergleyte Braunerde, Fichten-Buchenwald.
RA 2: Rainberg, 510 msm, eben, Braunlehm, Hainbuchenwald.
UN 1: Untersberg, 610 msm, N, 20°, Braunlehm, Laubmischwald.
UN 2: Untersberg, 740 msm, NW, 10°, Rendsina, Fichtenwald.
UN 3: Untersberg, 600 msm, NW, 5°, Rendsina, Laubmischwald.
VF 1. Vorderfager, 520 msm, NW, 3°, Braunlehm, Laubmischwald.
VF 2: Vorderfager, 510 msm, NW, 25°, podsolige Braunerde, Fichtenforst.
VF 3: Vorderfager, 610 msm, W, 5°, Braunlehm, Buchen-Eschenwald.
WB 1: Wartberg, 515 msm, N, 5°, Pseudogley, Fichtenforst.


ppm Pb
300
250
200
150
100
50
0
70
46
179
116
84
23
240
37
83
40
34
18
80
36
31
20
Salzburg
Gaisberg
Nordtirol
Inntal
Zentralalp
Osttirol
NÖ
Vbg.

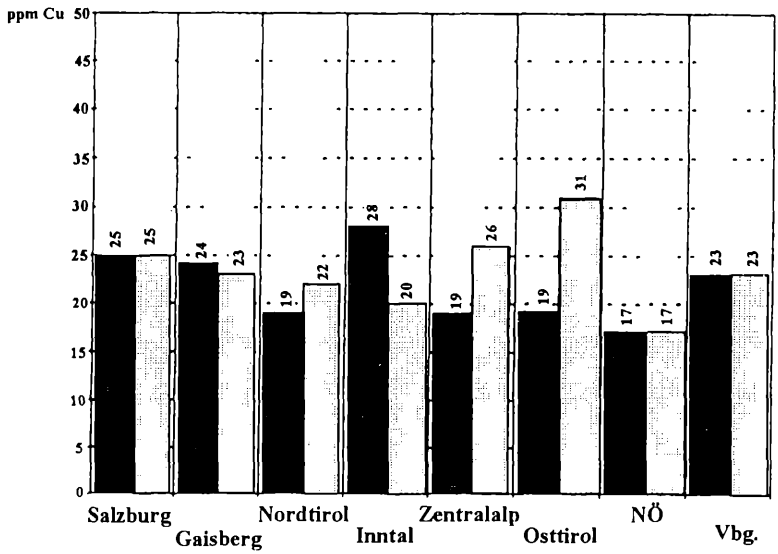
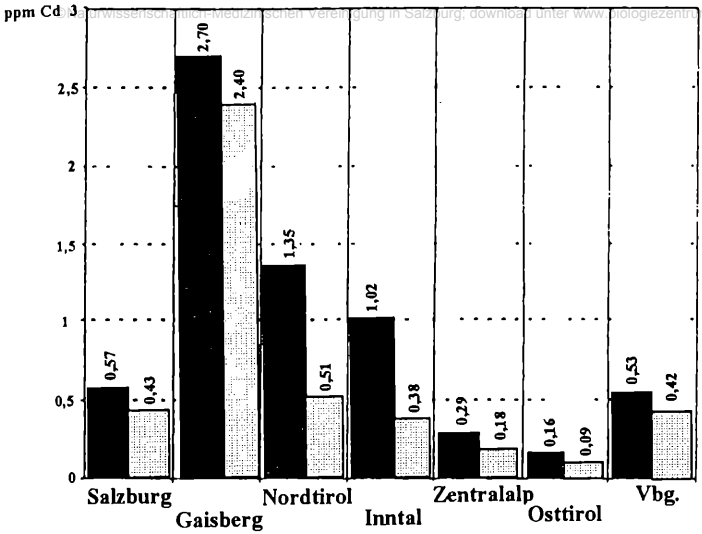

ppm Cu
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
25
25
24
23
19
22
28
20
19
26
19
31
17
17
23
23
Salzburg
Gaisberg
Nordtirol
Inntal
Zentralalp
Osttirol
NÖ
Vbg.

Abb. 1 a

©Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereinigung in Salzburg; download unter www.biologiezentrum.at



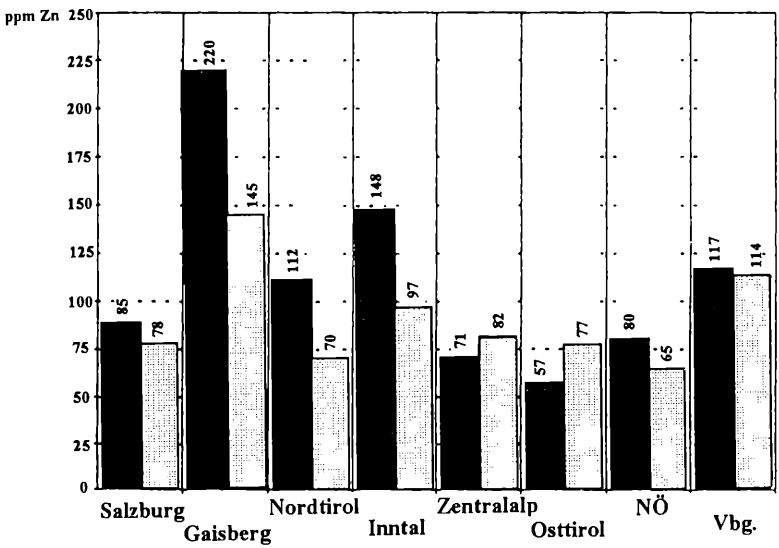


Abb. 1 b

©Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereinigung in Salzburg; download unter www.biologiezentrum.at

	Pb-O		Pb-A		Pb-B	
	Mean	Group	Mean	Group	Mean	Group
	16.5000	BF-1	18.9733	EB-1	13.9211	EB-1
	21.9200	MO-2	37.6122	PL-2	21.1111	PL-3
	22.2311	PL-2	43.8544	RA-2	23.9767	PL-1
	23.5011	FL-1	46.8011	PL-1	25.7544	WB-1
	24.3344	RA-2	49.9156	KZ-1	25.9133	HN-2
	26.8622	NO-1	50.7711	HE-1	26.8722	KZ-2
	31.8356	HE-1	52.2422	BF-1	26.8778	PL-2
	32.7122	KU-1	53.3689	KU-1	28.6167	UN-1
	33.0833	VF-1	54.5700	HN-2	28.7989	KZ-1
	35.7689	KZ-2	54.9456	KZ-2	30.8944	HE-1
	39.0167	GA-2	56.5889	VF-1	31.4144	VF-1
	40.0167	KZ-1	57.4867	HN-1	31.7967	HB-2
	40.2722	KZ-3	57.6000	GG-1	33.7417	GG-1
	42.2844	HB-2	58.1722	MO-2	33.9950	HN-1
	43.3011	KU-2	64.8789	UN-1	34.2656	KU-2
	44.0500	VF-3	66.2556	NT-1	37.5544	KZ-3
	46.1456	GA-1	67.9178	KZ-3	38.2822	GA-4
	53.2100	HN-2	69.2667	VF-3	38.3878	RA-2
	55.1167	GA-4	70.4556	MO-1	39.1244	VF-2
	56.1000	GA-6	71.4557	GA-2	39.4913	EI-1
	58.0250	KR-1	72.9911	HB-2	39.8875	BF-1
	62.9006	UN-1	82.1111	WB-1	41.5089	KU-1
	63.9500	GA-5	92.5244	KU-2	44.9056	GA-3
	65.4600	VF-2	92.5578	GA-1	45.8567	GA-1
	65.5400	PL-3	93.2100	VF-2	46.3275	EI-2
	67.5000	GG-1	93.3278	GA-4	47 1771	GA-2
	68.5943	WB-1	94.4700	PL-3	48.2433	MO-2
	73.1167	GA-3	96.0200	GO-2	53.4178	KR-1
	82.3333	UN-2	96.2425	EI-2	53.5200	VF-3
	82.6200	HN-1	102.1200	KR-1	58.6500	MO-1
	82.7750	UN-3	102.7700	LW-1	66.1167	NT-1
	87.0000	GA-7	105.1257	GA-3	76.1100	LW-1
	94.7500	EI-1	130.8378	UN-2	76.5329	UN-2
	108.1750	EI-2	131.4600	EI-1	91.6667	KO-1
	147.9000	GO-1	144.3711	GO-1	92.3875	UN-3
	169.9000	KO-1	147.8500	UN-3	152.7900	GA-5
			161 1122	KO-1	171.6667	GO-1
			180.6613	GA-5	210.3800	GA-6
			228.8388	GA-6	316.7925	GA-7
			330.0038	GA-7		
Großmittel	58,58		92,04		60,12	
Median	53,21		71,45		39,49	

Tab. 1 a

Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereinigung in Salzburg; download unter www.biologiezentrum.at

	Cd-O		Cd-A		Cd-B	
	Mean	Group	Mean	Group	Mean	Group
	1500	WB-1	.0000	GO-2	.0400	PL-3
	.1500	BF-1	.0867	WB-1	.0500	WB-1
	.1700	EI-1	.1067	HN-2	.0867	HN-2
	.1889	MO-2	1511	PL-3	.0967	PL-2
	.2033	MO-1	.1556	PL-1	1178	PL-1
	.2122	RA-2	.1822	EB-1	.1400	MO-1
	.2133	PL-1	.1844	MO-1	.1500	HE-1
	.2133	PL-2	.1956	PL-2	1544	EB-1
	.2144	HB-2	.2117	KR-1	.1650	KR-1
	.2178	KZ-1	.2369	GA-4	.1835	EI-1
	.2267	KU-1	.2514	GA-2	.1989	KU-2
	.2400	EI-2	.2635	EI-1	.2156	KZ-2
	.2433	PL-3	.2763	EI-2	.2656	MO-2
	.2533	KZ-2	.2844	MO-2	.2787	GA-3
	.2722	KZ-3	.2944	HE-1	.2811	GA-4
	.2744	KU-2	.3289	KZ-2	.3064	GA-2
	.2867	HN-2	.3667	HN-1	.3079	EI-2
	.2922	HE-1	.3756	KO-1	.3450	HN-1
	.2950	VF-1	.3811	HB-2	.3500	NT-1
	.3000	HN-1	.3869	VF-2	.3544	HB-2
	.3025	KR-1	.3989	GO-1	.3589	GA-1
	.3100	GG-1	.4089	NT-1	.3617	GG-1
	.3150	GA-2	.4400	A-2	.3783	VF-1
	.3689	VF-2	.5117	GG-1	.3933	KU-1
	.4222	GA-1	.5250	GA-3	.4080	VF-2
	.4267	GA-4	.5552	VF-1	.4200	RA-2
	.4467	VF-3	.5567	KU-1	.4789	KZ-1
	.4767	GA-6	.5744	KU-2	.4975	BF-1
	.5883	GA-3	7122	BF-1	.5000	GO-1
	.6075	UN-1	.7378	KZ-1	.5889	KZ-3
	.6400	GA-5	7411	GA-1	.6206	VF-3
	.7150	UN-3	7697	VF-3	.6367	KO-1
	.7400	GO-1	.7967	LW-1	.6856	LW-1
	7467	UN-2	.8022	KZ-3	.8917	UN-1
	7700	KO-1	.8922	UN-1	1.6393	UN-2
	1.0333	GA-7	1.5500	UN-3	1.8138	GA-5
			1.6804	UN-2	2.1465	GA-6
			1.7496	GA-5	2.2925	UN-3
			1.9509	GA-6	3.8450	GA-7
			3.8975	GA-7		
Großmittel	0,38		0,62		0,51	
Median	0,29		0,38		0,35	

Tab. 1 b

©Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereinigung in Salzburg; download unter www.biologiezentrum.at

	Cu-O		Cu-A		Cu-B	
	Mean	Group	Mean	Group	Mean	Group
	9.5000	GO-1	10.8233	WB-1	5.6100	GO-1
	10.0825	UN-1	11.7400	UN-1	8.3900	KO-1
	10.1233	GA-6	16.4200	KZ-2	8.5589	WB-1
	10.6100	UN-2	17.1178	KU-1	11.2200	UN-1
	11.9150	KR-1	17.6025	GA-6	14.2344	KU-1
	12.3900	UN-3	18.0389	KZ-1	14.6756	PL-3
	12.5100	GA-2	18.2478	KU-2	14.8233	KU-2
	12.9800	KU-2	18.3733	VF-2	15.1000	KZ-1
	13.0000	GA-7	19.0400	UN-2	15.2825	GA-6
	13.1825	EI-1	19.0414	GA-2	15.9122	KZ-2
	13.4100	WB-1	19.0763	EI-2	16.1378	KZ-3
	13.5067	GA-5	19.0800	UN-3	17.2688	EI-1
	13.7850	BF-1	19.1833	HN-2	17.3900	UN-3
	13.9222	KU-1	19.2767	KZ-3	17.4838	GA-7
	14.1217	GA-3	20.0911	GA-1	18.8157	GA-2
	14.2989	KZ-3	20.0978	VF-3	19.1163	EI-2
	14.8522	GA-1	20.2689	KO-1	19.4522	GA-1
	14.9411	VF-2	20.3222	HB-2	20.1222	VF-3
	15.0089	HB-2	20.6100	KR-1	20.2425	GA-5
	15.0856	PL-1	21.2213	EI-1	21.0714	UN-2
	15.6400	EI-2	21.4075	GA-7	21.4800	HB-2
	15.9644	KZ-2	21.9538	GA-5	21.8625	BF-1
	16.0217	GA-4	23.3833	GO-1	22.3989	KR-1
	16.4244	HE-1	23.4122	PL-1	22.9133	VF-2
	16.7744	VF-3	23.6071	GA-3	25.4467	PL-1
	16.9156	KZ-1	23.6178	PL-3	26.3333	GA-4
	17.5000	KO-1	25.7811	GA-4	29.7478	VF-1
	18.1700	MO-1	26.3867	HN-1	30.0500	HN-1
	18.3778	PL-2	26.5056	HE-1	30.0578	HE-1
	19.0000	PL-3	26.6978	BF-1	30.3511	GA-3
	19.6933	HN-2	27.6144	VF-1	34.6844	PL-2
	20.3767	VF-1	27 7333	GO-2	34.8444	MO-1
	22.6833	RA-2	32.6933	PL-2	35.1956	EB-1
	22.7700	MO-2	33.4889	MO-1	35.4200	HN-2
	23.1700	GG-1	34.6450	GG-1	37.8833	GG-1
	24.5567	HN-1	37.5711	EB-1	38.3011	LW-1
			40.6889	LW-1	42.6789	MO-2
			42.2044	MO-2	48.9678	NT-1
			48.0544	NT-1	57.4056	RA-2
			53.4889	RA-2		
Großmittel	15,65		24,67		24,02	
Median	14,94		21,22		21,07	

Tab. 2 a

©Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereinigung in Salzburg; download unter www.biologiezentrum.at

	Zn-O		Zn-A		Zn-B	
	Mean	Group	Mean	Group	Mean	Group
	36.8200	HN-2	44.9900	HN-2	43.9300	HN-2
	47.7125	EI-1	50.3078	WB-1	51.4489	WB-1
	59.5000	KO-1	51.1533	PL-3	54.0456	PL-3
	61.2000	BF-1	57.7200	EI-1	54.5922	KU-2
	64.0625	EI-2	66.2533	KU-1	56.1000	GO-1
	65.3856	MO-2	69.4811	KO-1	60.4333	KZ-2
	66.3933	MO-1	70.7856	KU-2	61.5089	EB-1
	68.7633	PL-1	71.3011	PL-1	61.7050	UN-1
	69.3289	PL-2	72.1550	EI-2	62.2167	KO-1
	73.1322	KZ-2	74.9178	EB-1	63.2178	KU-1
	73.3933	VF-1	76.9733	PL-2	65.5875	BF-1
	73.8767	KU-1	77.0544	KZ-2	66.0022	PL-1
	74.3156	GA-1	77.9111	HB-2	68.0438	EI-1
	74.4611	RA-2	81.6971	GA-2	68.3056	GA-1
	75.2000	HE-1	81.8022	HE-1	71.6786	GA-2
	79.7933	HB-2	82.5167	MO-1	74.3222	HE-1
	80.9478	KZ-3	83.5689	UN-1	76.4289	MO-1
	81.8583	GA-2	85.5344	GA-4	76.4544	PL-2
	83.1356	KU-2	87.6411	BF-1	76.6863	EI-2
	86.7400	HN-1	88.2567	HN-1	77.5150	HN-1
	87.3156	KZ-1	89.4533	GO-2	77.9667	VF-1
	89.8467	VF-2	91.9478	VF-2	78.4967	VF-2
	90.2625	KR-1	96.2856	LW-1	78.6289	LW-1
	91.2711	VF-3	97.2689	VF-1	78.7178	GA-4
	92.3000	GO-1	101.5822	KR-1	78.7789	HB-2
	92.7671	WB-1	101.8044	MO-2	84.1389	KZ-3
	94.0133	PL-3	102.8322	GO-1	86.0989	GA-3
	97.7500	UN-2	105.1989	NT-1	87.6011	MO-2
	98.3917	GA-3	105.2278	GA-1	88.7122	KR-1
	98.9833	GA-4	106.4756	VF-3	90.8867	KZ-1
	103.9417	GA-6	107.4543	GA-3	94.9767	VF-3
	104.0333	GA-5	113.0022	KZ-1	95.7311	NT-1
	109.6000	UN-1	123.7833	KZ-3	103.6333	GG-1
	116.6500	GG-1	129.1750	GG-1	127.1157	UN-2
	147.4833	GA-7	130.0833	UN-2	131.8178	RA-2
	151.8500	UN-3	135.2122	RA-2	132.8875	UN-3
			146.7522	UN-3	172.1638	GA-5
			159.4763	GA-5	182.7675	GA-6
			205.6375	GA-6	232.8525	GA-7
			274.5350	GA-7		
Großmittel	82,53		97,72		87,03	
Median	81,86		88,26		76,69	

Tab. 2 b

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereinigung in Salzburg

Jahr/Year: 1993

Band/Volume: 10

Autor(en)/Author(s): Peer Thomas

Artikel/Article: ZUR SCHWERMETALLBELASTUNG IN DEN STADTNAHEN WÄLDERN SALZBURGS. 45-59