

DIE TREIBACHER CHEMISCHEN WERKE

WIRKUNGEN AUF DIE UMWELT

Wilhelm R. VOGEL

Karl KIENZL

Alarich RISS

MONOGRAPHIEN
BAND 26

Wien, Dezember 1991

**Bundesministerium für Umwelt,
Jugend und Familie**



Autoren: W. R. Vogel
K. Kienzl
A. Riss

unter Mitarbeit von:

J. Hackl, F. Gattermig, R. Setznagel, A. Rebensteiner–Wiesmahr, H. Nowak,
H. Hojesky
Kap. 9: J. Grath, M. Zorzi, M. Müllebner

Analytik: 3.1: J. Jaklin, A. Hanus
4.3: E. Auer, E. Deutsch, E. Frank, H. Schöndorfer
4.4: FZ–Seibersdorf
4.5: FZ–Seibersdorf
4.6: F. Gattermig
5: A. Hanus, F. Gattermig, FZ–Seibersdorf
6.1: FBVA–Wien
6.2: FBVA–Wien
6.3: FBVA–Wien
6.4: BVFA–Arsenal
6.5: Forschungsinstitut f. Wildtierkunde (F. Tataruch)
7: BVFA–Arsenal
8: Universität Tübingen (H. Hagenmaier)

Daten: Schwermetalle im Staubniederschlag (Kap. 3.2): Amt der Kärntner Landesregierung

Graphik und Layout: E. Lössl

weitere Mitarbeiter: I. Tölly, H. Leitner, B. Urban, S. Freistätter, H. Mirth, H. Schentz, D. Lassnig, F. Lux

Dank: W. Kofler (Abt. f. Sozialmedizin der Univ. Innsbruck)
I. Krisai (Botanisches Institut d. Univ. Wien)
BVFA–Arsenal
Amt der Kärntner Landesregierung

Titelfoto: Die Treibacher Chemischen Werke (Teilansicht, Werk Treibach–Althofen)

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, 1090 Wien, Spittelauer Lände 5

Karten vervielfältigt mit Genehmigung des Bundesamtes f. Eich– und Vermessungswesen (Landesaufnahme)
in Wien, Zl. L 70 070/91 und L 70 163/91.

Druck: Fa. Radinger, A–3270 Scheibbs

© Umweltbundesamt, Wien, Dezember 1991
Alle Rechte vorbehalten
ISBN 3–85457–065–1

DIE TREIBACHER CHEMISCHEN WERKE – WIRKUNGEN AUF DIE UMWELT (Zusammenfassung)

Die seit 1988 vom Umweltbundesamt im Raum Treibach Althofen durchgeführte umfassende Umweltkontrolle hat ernstzunehmende Belastungen der Umwelt aufgezeigt. Diese Belastungen konnten auf Emissionen der Treibacher Chemischen Werke (TCW) zurückgeführt werden. Hauptproblemstoff war, neben anderen Schwermetallen, Nickel. Die Untersuchungsergebnisse sind im folgenden kurz zusammengefaßt.

Die in der *Luft* gemessenen PAH-Werte (Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe) überschreiten die üblicherweise in urbanen Ballungszentren gefundenen Konzentrationen in keinem Fall.

In werksnahen *Staubniederschlägen* wurden im Vergleich zu unbelasteten Gebieten außerordentlich hohe Konzentrationen an Nickel, Molybdän, Vanadium, Chrom und Cobalt gefunden. Die Cadmiumdepositionen überschreiten den österreichischen Grenzwert (lt. Forstgesetz) an wenigen, den Grenzwert der TA Luft (BRD) jedoch an einer ganzen Reihe von Meßstellen (Daten: Amt der Kärntner Landesregierung).

Die *Bodenbelastung* liegt in Werksnähe bei den Elementen Nickel, Vanadium und Molybdän deutlich über den zur Orientierung herangezogenen Grenzkonzentrationen (Klärschlammverordnung der Steiermark, "Kloke-Werte" u.a.).

In *Pflanzen* aus der näheren Werks-umgebung wurden vor allem hohe Nickelkonzentrationen gefunden. In mehreren Grasproben wurde der für Tierfutter als kritisch geltende Bereich von 50–60 ppm überschritten. Die Nickelbelastung weist jedoch eine stark fallende Tendenz auf. Die Belastung mit anderen Metallen erscheint – beispielsweise bei Cadmium und Chrom – ebenfalls bedenklich.

Pilze sind stets relativ hoch mit Schwermetallen belastet. Eine etwas über das durchschnittliche Ausmaß hinausgehen-

de Belastung scheint – an diesem Standort – nur für Nickel vorzuliegen.

Eine stichprobenartige Untersuchung an *Wildtieren* zeigte keine auffälligen, auf Emissionen der TCW zurückzuführenden Belastungen.

Die Emissionen der TCW lassen sich in den *Sedimenten* der Gurk für eine Reihe von Metallen nachweisen.

Im Rahmen dieser Studie wurde auch die *Dioxinbelastung* (PCDD/PCDF) erhoben. Die an Fichtennadeln von drei Standorten durchgeführte Untersuchung ergab Dioxin-Werte, wie sie auch in einem Industriegebiet der BRD auftraten. Die toxikologisch gefährlicheren tetra-substituierten Substanzen waren jedoch bei einer Probe vergleichsweise stärker vertreten. Bodenuntersuchungen zeigten an drei werksnahen Standorten auffällig erhöhte Werte.

Die Ergebnisse der *Deponieuntersuchungen* wurden 1989 als Report des Umweltbundesamtes veröffentlicht. Im vorliegenden Band werden die wesentlichen Aspekte kurz dargestellt.

Auf den *medizinischen Aspekt* der Belastungen in diesem Raum wird in der "Lufthygienischen Schwerpunktstudie Treibach-Althofen" (Hg. Amt der Kärntner Landesregierung) ausführlich eingegangen. Ausgewählte Darstellungen aus dieser Studie sind im Anhang angeführt.

Seit Beginn dieser Untersuchungen (Frühjahr 1988) wurden seitens der TCW eine Reihe emissionsmindernder Maßnahmen (vor allem für Nickel) durchgeführt. Im Sommer 1990 untersuchte Pflanzenproben wiesen bereits wesentlich niedrigere Nickelkonzentrationen auf. Weitere Maßnahmen zur Emissionsreduktion – diese sind teilweise bereits abgeschlossen – lassen zusätzliche Immissionsminderungen für die Zukunft erwarten. Der Erfolg dieser Maßnahmen wird vom Umweltbundesamt weiterhin überprüft werden.

THE TREIBACHER CHEMICAL WORKS (TCW) AND THEIR IMPACT ON THE ENVIRONMENT (Summary)

Beginning in 1988 the Federal Environmental Agency carried out a comprehensive environmental monitoring of the Treibach Althofen area. The project indicated serious contamination of the environment. This contamination could be traced back to emissions from the works. Besides other heavy metals, the major pollutant was nickel. The results of the investigations are briefly summarised in the following.

None of the PAH (polycyclic aromatic hydrocarbons) values, measured in the *air*, exceeded the concentrations customarily found over urban conurbations.

In *deposits of particulate matter* collected near the works, the concentrations of nickel, molybdenum, vanadium, chrome and cobalt were found to be extremely high in comparison with values determined for uncontaminated areas. At a few measuring sites, cadmium depositions exceeded the Austrian boundary value (according to the Austrian Forest Law), whereas the TA Luft boundary value (FRG) was surpassed in an entire series of measuring stations (data: Amt der Kärntner Landesregierung).

In the vicinity of the works the level of *soil* pollution caused by the elements nickel, vanadium and molybdenum lay clearly above the boundary value adopted for purposes of comparison (sewage sludge regulation of Styria, "Kloke values" etc.).

High nickel concentrations were found in *plants* in the surroundings closer to the works. Nickel concentrations in several grass samples surpassed 50 – 60 ppm, a range which is recognised as critical if the grass used as animal food. However, the nickel contamination indicated a strong tendency to decline. Similarly, contamination by other metals, eg cadmium and chrome, appears to be considerable.

A constant and relatively high heavy metal contamination of *fungi* was established. A degree of contamination which just exceeds the average concentration value – in this location – appears to occur only in the case of nickel.

For a number of metals, emissions from the TCW can be demonstrated in *sediments* taken from the Gurk River.

In the course of this study contamination by *dioxins* (PCDD/PCDF) was also ascertained. An investigation of *spruce needles* taken from three locations produced dioxin values similar to those determined for an industrial area in the Federal Republic of Germany. In one sample, however, the toxicologically dangerous tetrasubstituted substances were comparatively strongly represented. In three *soil* samples collected close to the work increased levels of PCDD/PCDF were detected.

The results of the investigations of the *waste dump* were published in 1989 by the Federal Environmental Agency. The most important aspects are summarised in this volume.

The *medical aspect* of environmental pollution in this area is described in the "Lufthygienische Schwerpunktstudie Treibach-Althofen" (ed. Amt der Kärntner Landesregierung). Selected figures are presented in chapter 12.2 of this volume.

Since the beginning of the investigations (early 1988), TCW has implemented a number of emission-reducing measures (especially for nickel). Already in the summer of 1990 analysed plant samples demonstrated substantially lower nickel concentrations. Further measures to reduce emissions – in part, already carried out – point to additional emission reductions in the future. The success of these measures will be verified by the Federal Environmental Agency.

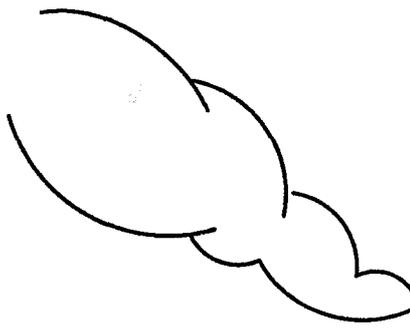
INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
2	STANDORTBESCHREIBUNG	5
2.1	Die Treibacher Chemischen Werke	5
2.2	Naturraumgliederung des Untersuchungsgebietes	6
2.3	Geologie	6
2.4	Meteorologie	7
3	LUFT UND DEPOSITION	13
3.1	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) in der Luft	13
3.2	Schwermetalle im Staubniederschlag	17
4	LANDWIRTSCHAFT	31
4.1	Kulturartenverhältnis und Agrarstruktur	31
4.2	Schwermetalle: Orientierungsdaten für Boden und Pflanzen	31
4.3	Schwermetalle im Boden	33
4.4	Schadstoffe in landwirtschaftlichen Produkten	38
4.4.1	Erbsen	39
4.4.2	Gerste	39
4.4.3	Weizen	40
4.4.4	Hafer	40
4.4.5	Mais	41
4.5	Schadstoffe im Gras (Heu)	43
4.6	Kontrolluntersuchungen von Grasproben im Juni 1990	46
5	HAUSGÄRTEN	47
5.1	Untersuchungen 1988 und Kontrolluntersuchungen im Juni 1990	47

6	WALD	61
6.1	Schwermetalle in Waldökosystemen	62
6.2	Schwermetalle im Boden	63
6.3	Schadstoffe und Nährstoffe in Fichtennadeln	69
6.3.1	Schadstoffe	71
6.3.2	Hauptnährstoffe in Fichtennadeln	72
6.3.3	Mikronährstoffe und Schwermetalle	74
6.4	Schwermetalle in Pilzen	78
6.5	Schwermetalle in Wildtieren	83
7	ABSCHÄTZUNG DER DIOXINBELASTUNG (PCDD/PCDF IN FICHTENNADELN und Boden)	85
7.1	Fichtennadeln	85
7.2	Boden	85
8	DIE SCHWERMETALLBELASTUNG DER GURKSEDIMENTE .	87
9	METHODIK (Probenahme und Analytik)	103
9.1	PAH-Analytik	103
9.2	Grasuntersuchungen (zu Kapitel 4.6)	103
9.3	Gemüse von Hausgärten (zu Kapitel 5.1)	103
9.4	Bodenuntersuchungen (zu Kapitel 5.1 und 6.2)	103
9.5	Pilzuntersuchungen (zu Kapitel 6.4)	103
9.6	Sedimentuntersuchungen (zu Kapitel 8)	104
10	Abschätzung des Gefährdungspotentials der Deponie Rosswiese der Treibacher Chemischen Werke	107
11	LITERATURVERZEICHNIS	113
12	ANHANG	117
12.1	Umweltschutzmaßnahmen der Treibacher Chemischen Werke – Darstellung der TCW (*)	117
12.2	Der medizinische Aspekt: "Lufthygienische Schwerpunktstudie Treibach-Althofen"	119

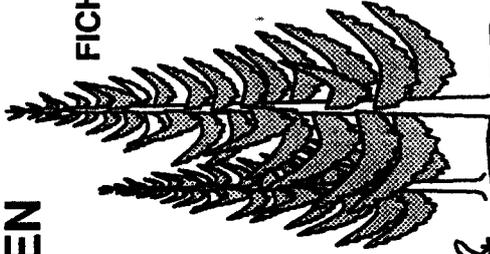
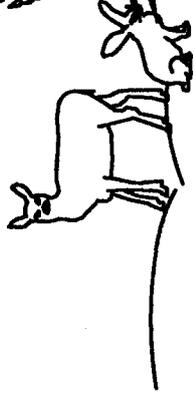
SCHEMATISIERTE DARSTELLUNG DER UNTERSUCHUNGEN

mit Seitenangaben



LUFTMESSUNGEN (PAH)
Seite 13 ff.

WILDTIERE
Seite 83 ff.



FICHTENNADELN
Seite 69 ff.



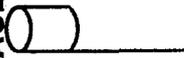
PILZE
Seite 78 ff.

WALDBODEN

Seite 63 ff.

STAUBNIEDERSCHLAGSMESSUNGEN

Seite 17 ff.



DATEN: AMT DER KÄRNTNER LANDESREGIERUNG

DEPONIEUNTERSUCHUNGEN
Seite 107 ff.



GRÜNLANDAUFWUCHS

Seite 46 ff.



WIESENBÖDEN
Seite 33 ff.

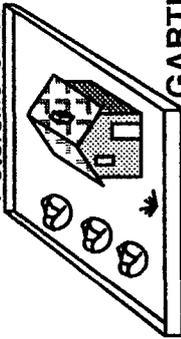
GARTENPRODUKTE

Seite 47 ff.

Salate S. 47

Buschbohnen S.47

Petersilie S. 47



GARTENBÖDEN

Seite 47 ff.

LANDWIRTSCHAFTL. PRODUKTE

Seite 38 ff.

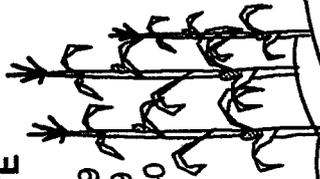
Erbsen S. 39

Gerste S. 39

Weizen S. 40

Hafer S. 40

Mais S. 41



LANDWIRTSCHAFTL. BÖDEN

Seite 33 ff.

SEDIMENTUNTERSUCHUNGEN

Seite 104 ff.

1 EINLEITUNG

Das Umweltbundesamt hat in der Umgebung der Treibacher Chemischen Werke (TCW, Kärnten) eine umfassende Umweltkontrolle vorgenommen.

In der Umgebung dieses Industriebetriebes war es in der Vergangenheit wiederholt zu Umweltbeeinträchtigungen gekommen. So wurden in den nahegelegenen Wäldern starke Waldschäden registriert. Anrainer klagten über Geruchsbelästigungen sowie über eine erhöhte Krankheitsanfälligkeit der Haustiere. Bis Anfang der 80er Jahre wurden in der Gurk hohe Chromkonzentrationen festgestellt (Fischsterben). Auch diese Belastungen konnten auf Emissionen der TCW zurückgeführt werden.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurden umfangreiche Analysen durchgeführt und dabei insbesondere Schwermetalle in einer Reihe verschiedener Medien gemessen (z.B. landwirtschaftliche Produkte, Gartenprodukte, Dauerwiesen, Pilze, Fichtennadeln, Garten- und Waldböden sowie landwirtschaftlich genutzte Böden, Flußsedimente und Luft).

Das Umweltbundesamt begann im April 1988 mit der Durchführung dieser Untersuchungen. Aufgrund der Brisanz der ersten Untersuchungsergebnisse wurde bereits im Juni 1988 ein erster Zwischenbericht vorgelegt (UBA-IB-090). In einem im März 1989 vorgelegten 2. Zwischenbericht (UBA-IB-165) wird die Schwermetallbelastung der Pflanzen aus der Werksumgebung ausführlicher

dokumentiert. Erfreulicherweise konnten bei einer 1990 durchgeführten Kontrolluntersuchung erste Verbesserungen der Belastungssituation in diesem Raum festgestellt werden. Diese sind auf – nicht zuletzt durch die Untersuchungen des Umweltbundesamtes initiierten – Emissionsminderungsverfahren seitens der TCW zurückzuführen. Die vorliegende Studie enthält die bisherigen Untersuchungsergebnisse.

Die an das Werk anschließende, werkeigene Deponie "Roßwiese" wurde vom Umweltbundesamt ebenfalls auf ihr Gefährdungspotential hin untersucht und die Ergebnisse mit dem UBA-Report 89-036 im Juni 1989 veröffentlicht. In Kapitel 10 der vorliegenden Studie sind die wichtigsten Aussagen kurz zusammengefaßt und aktualisiert.

Durch die vom Umweltbundesamt durchgeführten Untersuchungen, die bereits vorliegenden und in dieser Studie zusammengefaßten Arbeiten und vor allem auch durch die gleichzeitig vom Amt der Kärntner Landesregierung veröffentlichte "Lufthygienische Schwerpunktstudie" (s. auch Kap. 12.2 der vorliegenden Studie) mit seiner PC-Version, sind die Treibacher Chemischen Werke zu einem der bestuntersuchten Betriebe Österreichs geworden. Durch die durchgeführten emissionsmindernden Maßnahmen wurde gezeigt, daß ein erfolgreicher Betrieb binnen weniger Jahre seine negativen Umwelteinflüsse erheblich reduzieren kann.

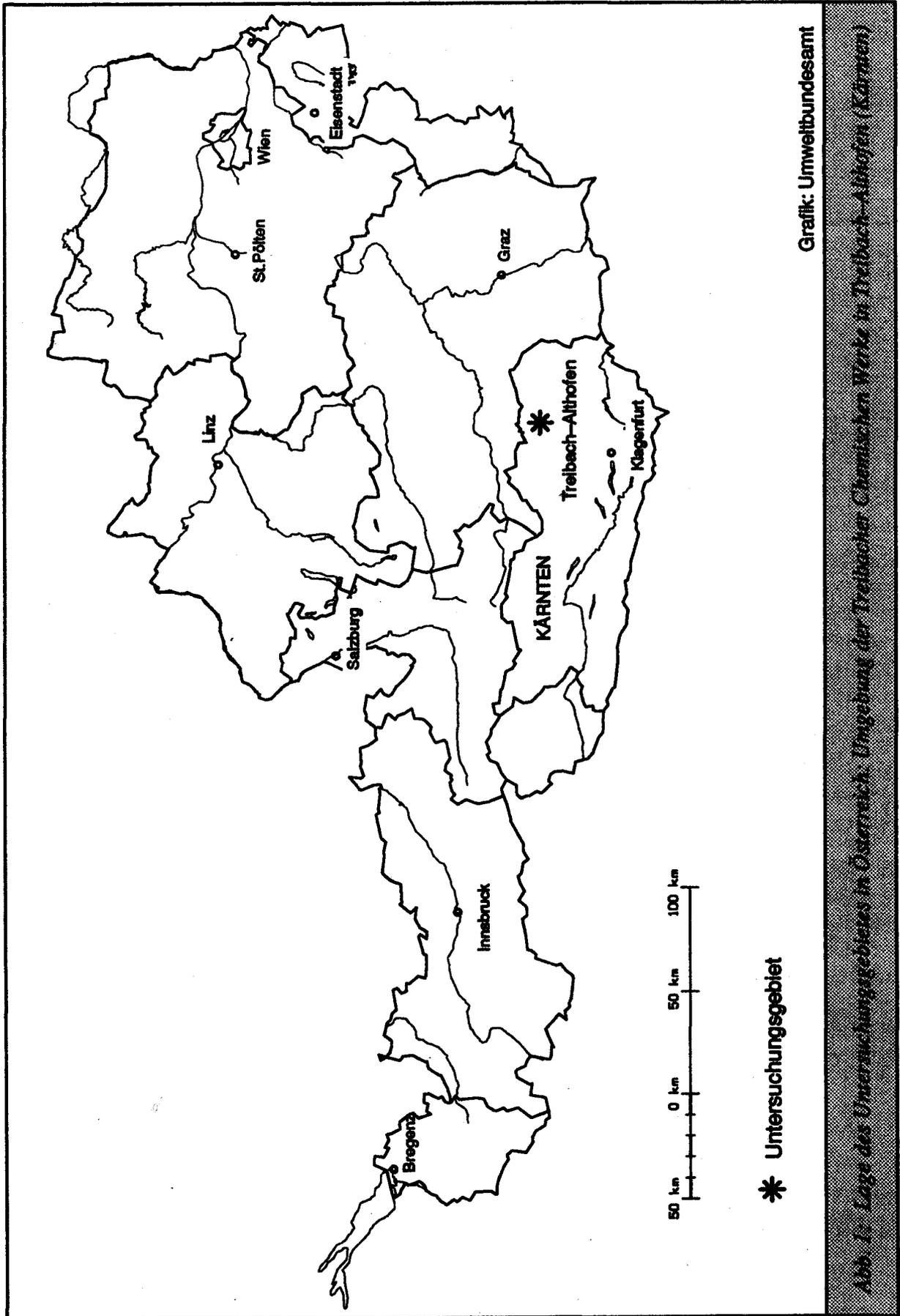


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes in Österreich. Umgebung der Treibacher Chemischen Werke in Treibach-Althofen (Kärnten)

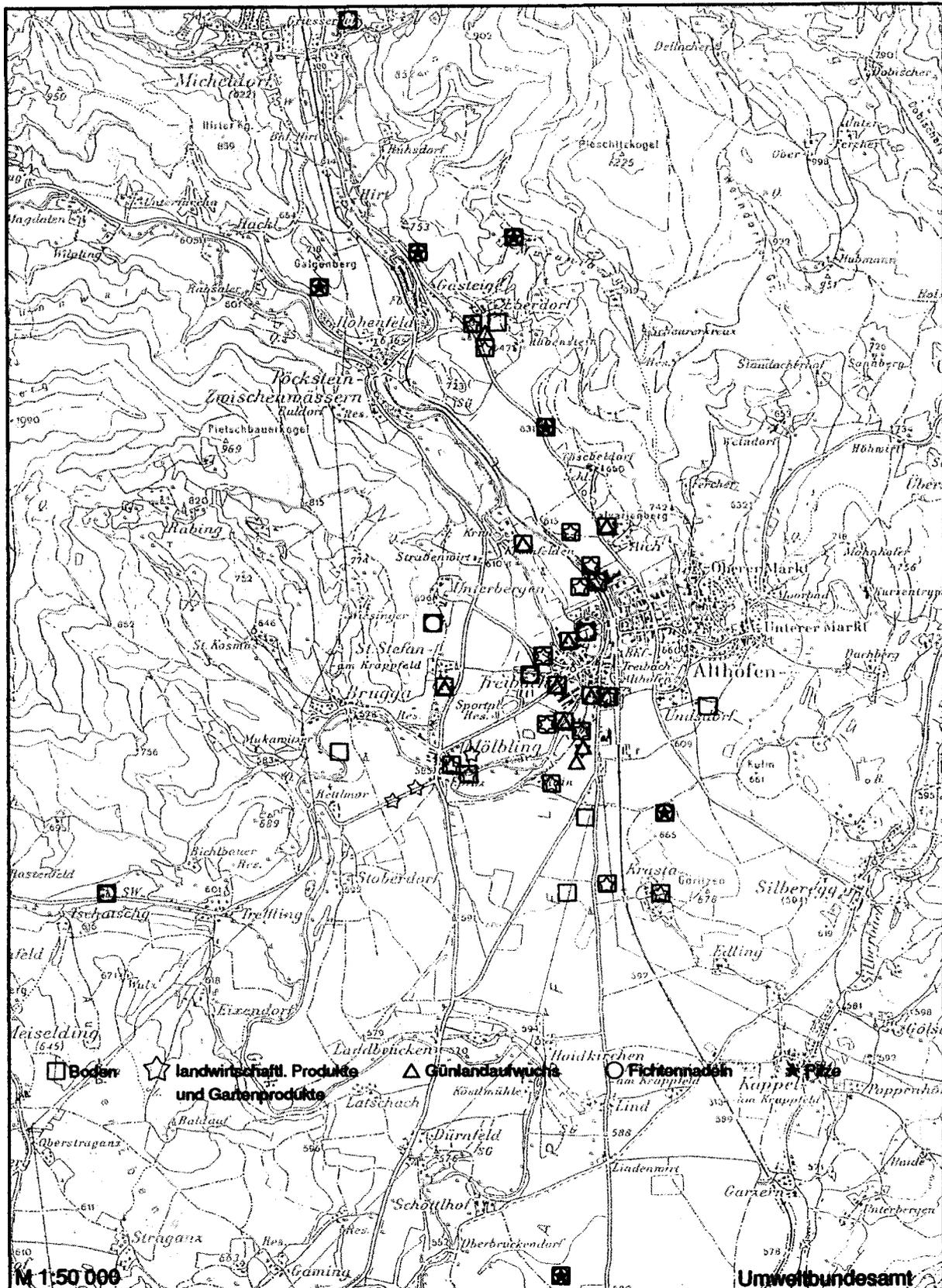


Abb. 2: Lage der Probenmestellen
 (Sedimentuntersuchungen sind in dieser Karte nicht berücksichtigt)

2 STANDORTBESCHREIBUNG

2.1 Die Treibacher Chemischen Werke

Treibach ist ein Industriestandort, dessen Anfänge auf das 16. Jahrhundert zurückgehen. Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts befanden sich auf dem Gelände der heutigen TCW verschiedene Hammer- und Eisenhüttenwerke.

Um diese Zeit erwarb Carl Auer von Welsbach das mittlerweile stillgelegte Eisenwerk und errichtete dort ab 1898 einen chemischen Forschungs- und Versuchsbetrieb (SMETANA und DAUSCHAN, 1980).

Die von 1900 bis heute in Treibach verarbeiteten Stoffe umfassen eine äußerst

breite Palette von Produkten, von denen hier nur eine unvollständige Aufzählung gegeben werden kann:

- * Sicherheitssprengstoffe
- * Molybdänsäure
- * Ferrowolfram
- * Georadium
- * Ferrovandium und Herstellung von Vanadinpentoxid aus verschiedenen Rohstoffen
- * Radiumverbindungen
- * Uranverbindungen
- * Pflanzenschutzmittel
- * Natriumdichromat aus Ferrochrom
- * Zündsteine (Cereisen)

Heute verfügt das Werk über folgende Produktionsanlagen:

Tab. 1: Übersicht über die heutigen Produktionsanlagen und deren Produkte

Anlage:	Produkte:
Elektrohütte	Ferrolegierungen
Umschmelzanlage	Vorlegierungen
Vanadinanlage	Vanadinoxid
Abfallverbrennungsanlage (Nickelröstanlage) ...	Aufarbeitung nickelhaltiger Katalysatoren
Tantaloxidanlage	Hartmetallrohstoffe
Wolframpulveranlage	Hartmetallrohstoffe
Perboratananlage	Natriumperborat
Mischmetall-Elektrolyse	Mischmetall
Zündsteinherstellung	Zündsteine
Seltene Erden-Betrieb	Glaspoliermittel, seltene Erden
Samarium-Kobaltmagnetproduktion	Magnete für die Elektroindustrie

Seit 1977 werden in den TCW aus Rückständen von industriellen Produktionen im Recyclingverfahren vor allem die

Wertmetalle Wolfram und Nickel gewonnen.

Angesichts einer zunehmenden Verknappung von Rohstoffen und des immer größer werdenden Müllproblems ist Recycling ein notwendiger und begrüßenswerter Prozeß. Dabei darf jedoch nicht übersehen werden, daß es auch bei Recyclingprozessen zum konzentrierten Auftreten von umweltbelastenden Stoffen kommen kann.

Durch das breit gefächerte Produktionsprogramm – von Waschmittelzusatzstoffen bis zu einer großen Auswahl metallischer Stoffe und durch die damit in Zusammenhang stehende große Zahl von Einzelanlagen, weisen die TCW eine Vielfalt an Emissionsquellen auf.

Als Emissionen sind vorwiegend anorganische Stoffe, in erster Linie Metallverbindungen, zu erwarten.

Tab. 2: Umsatz und finanzieller Aufwand für Umweltinvestitionen seit 1980 (Werksangaben)

Jahr	TCW-Umsatz in Mio öS	Aufwand für Umweltinvestitionen in Mio öS
1980	3929	12
1981	3726	15
1982	3749	8
1983	3725	3
1984	4068	4
1985	4342	19
1986	3298	33
1987	3112	22
1988	4001	3
1989	4543	12
1990	3448	41

2.2 Naturraumgliederung des Untersuchungsgebietes

Treibach–Althofen liegt am Nordrand des Krappfeldes, das einen landwirtschaftlich besonders intensiv genutzten Bereich des Verwaltungsbezirkes St. Veit an der Glan darstellt. Das submediterrane be-

einflußte Klima begünstigt die natürliche Ertragsfähigkeit der Böden (vorwiegend Braunerden).

In der unmittelbaren Nähe der Gurk finden sich graue Auböden, im Hochterrassenbereich von Althofen dominieren seichtgründige, kalkhaltige Lockersedimentbraunerden auf dem Schotterkörper der Gurk. Stellenweise treten kalkfreie Felsbraunerden auf kristallinem Schiefer (Raum Eberdorf) und an exponierten Stellen Rankerböden mit geringem Speicher- und Durchlässigkeitsvermögen auf. Diese Standorte sind deshalb meist abschwemmungsgefährdet.

Der Niederterrassenbereich besteht aus einem Schotterkörper, der von meist sehr seichtgründigen, ebenfalls kalkhaltigen Lockersedimentbraunerden überdeckt ist.

2.3 Geologie

Als westliche Begrenzung des Untersuchungsgebietes stehen im Bergbereich von Möbling und Brugga paläozoische Phyllite, Schiefer und Kalke an.

Die südlichen und südöstlichen Berggebiete (Göritzen, Kulm) werden von Kalken und Mergel der Oberkreide aufgebaut.

Die nördliche Bergbegrenzung wird teilweise von Endmoränenablagerungen des würmeiszeitlichen Murgletschers eingenommen.

Der Großteil des Untersuchungsgebietes wird vom Niederterrassenschotterkörper der Gurk (Krappfeld) aufgebaut, der von Braunerden bedeckt ist. Nördlich von Althofen finden sich Reste der rißeiszeitlichen Hochterrasse, die durch eine markante Terrassenkante im Gelände markiert ist.

Zum Zeitpunkt der Berichterstellung gab es für das Untersuchungsgebiet noch keine geologische Flächenkartierung.

2.4 Meteorologie

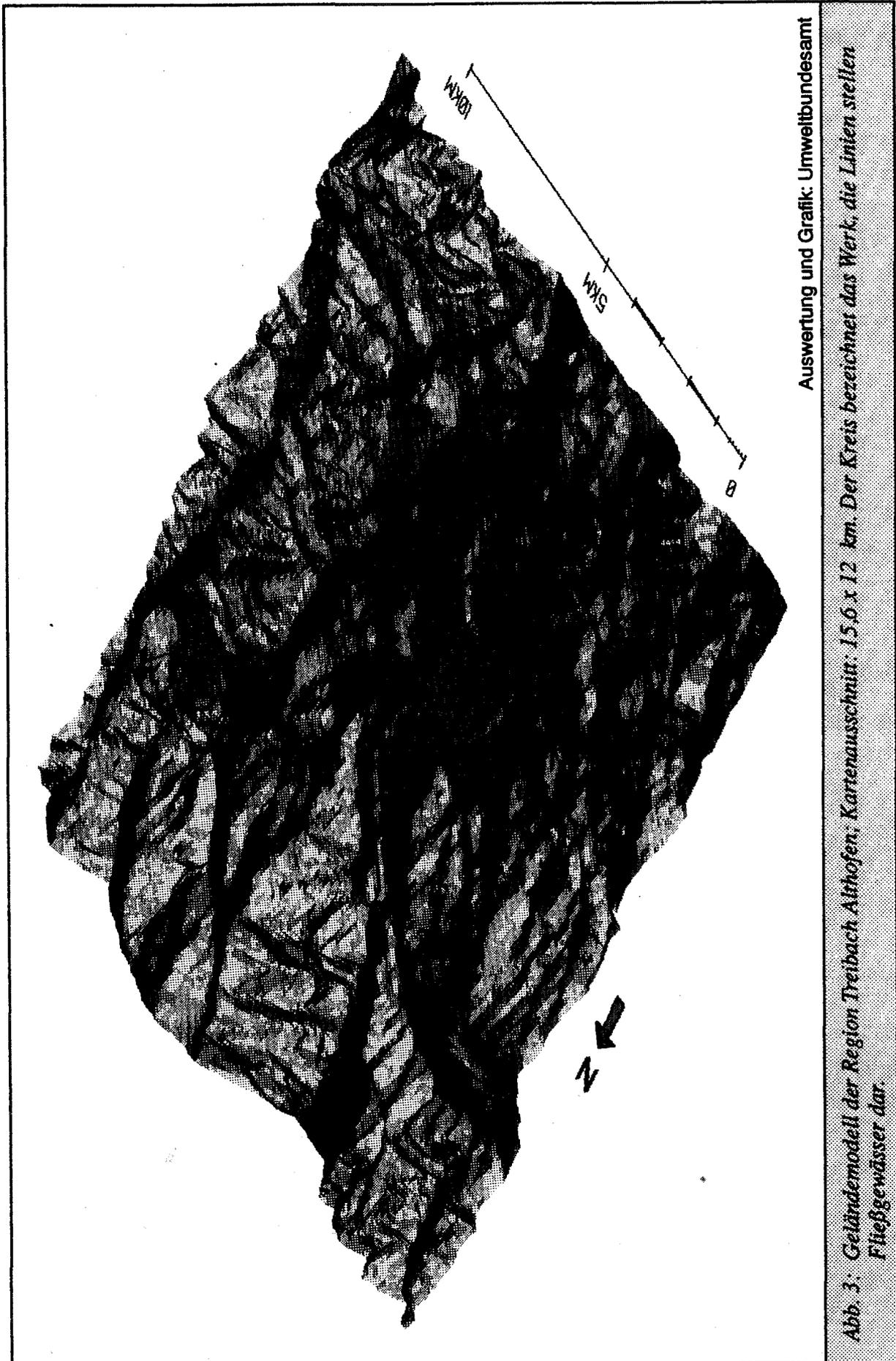
Kurze Klimabeschreibung des Raumes Treibach–Althofen

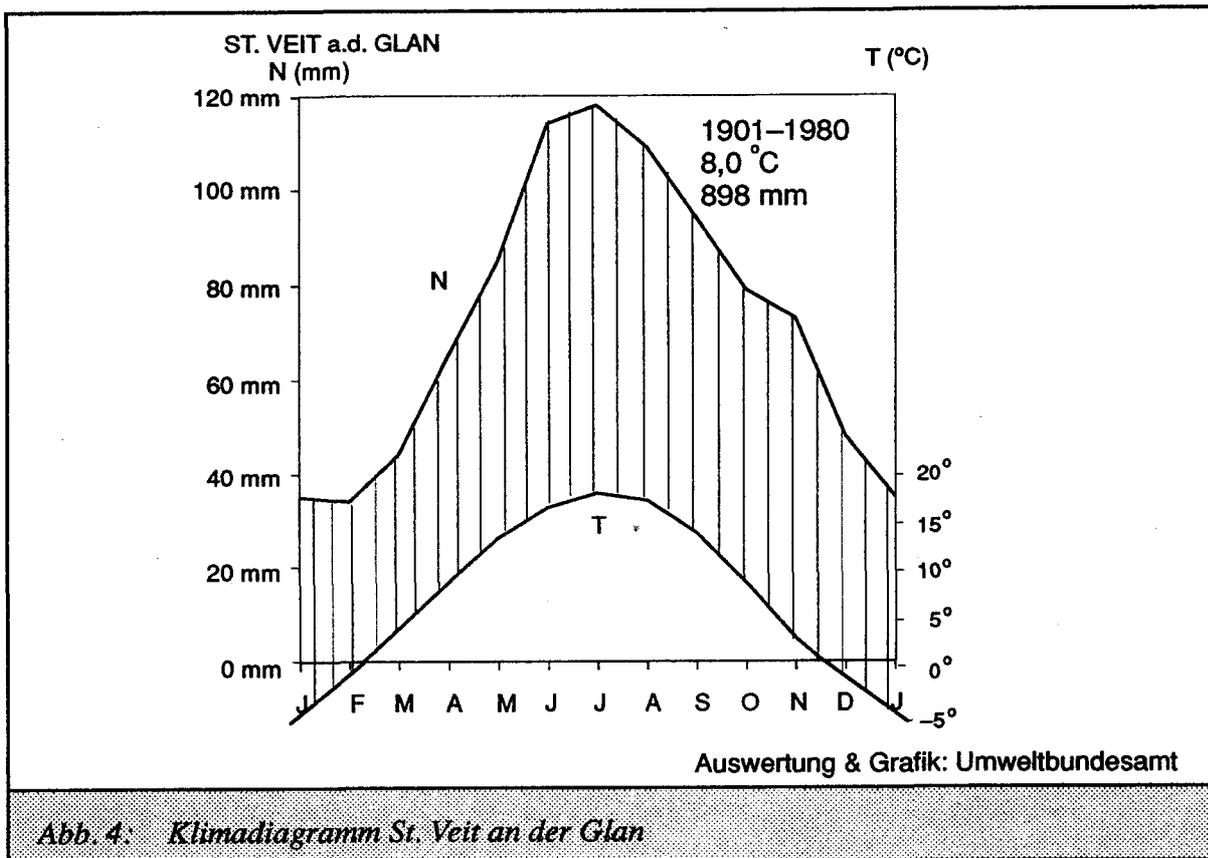
Das Werksgelände der TCW liegt am Nordende des Krappfeldes, einer beckenähnlichen Erweiterung des Gurktales. An dieser Stelle knickt das Gurktal von einer NW–SO–Richtung in eine N–S–Richtung um. Nördlich des Krappfeldes mündet das Metnitztal in das Gurktal ein. Außerdem ist die Topographie durch die Einmündungen vieler kleiner Seitentäler gekennzeichnet.

In der folgenden Abbildung (Abb. 3) zeigt ein Geländemodell den Raum Treibach und seine Umgebung.

Zur Beschreibung der Windverhältnisse im Raum Treibach–Althofen wird die Windmeßreihe, die vom Amt der Kärntner Landesregierung an der Meßstelle Container Nord (Seehöhe rund 600 m) erhoben wird, aus dem Zeitraum September 1987 bis September 1988 herangezogen. Die Temperatur– und Niederschlagsverhältnisse werden anhand der Ergebnisse der Klimastation St. Veit an der Glan (Zeitraum 1901–1980) dargestellt.

Das vom Umweltbundesamt beprobte Gebiet ist einerseits noch niederschlagsreich (800–1250 mm), andererseits zeichnet es sich durch eine eigenbürtige Kontinentalität mit kalten Wintern (Jänner unter -5 °C) und sehr warmen Sommern (über $18,9\text{ °C}$) aus.



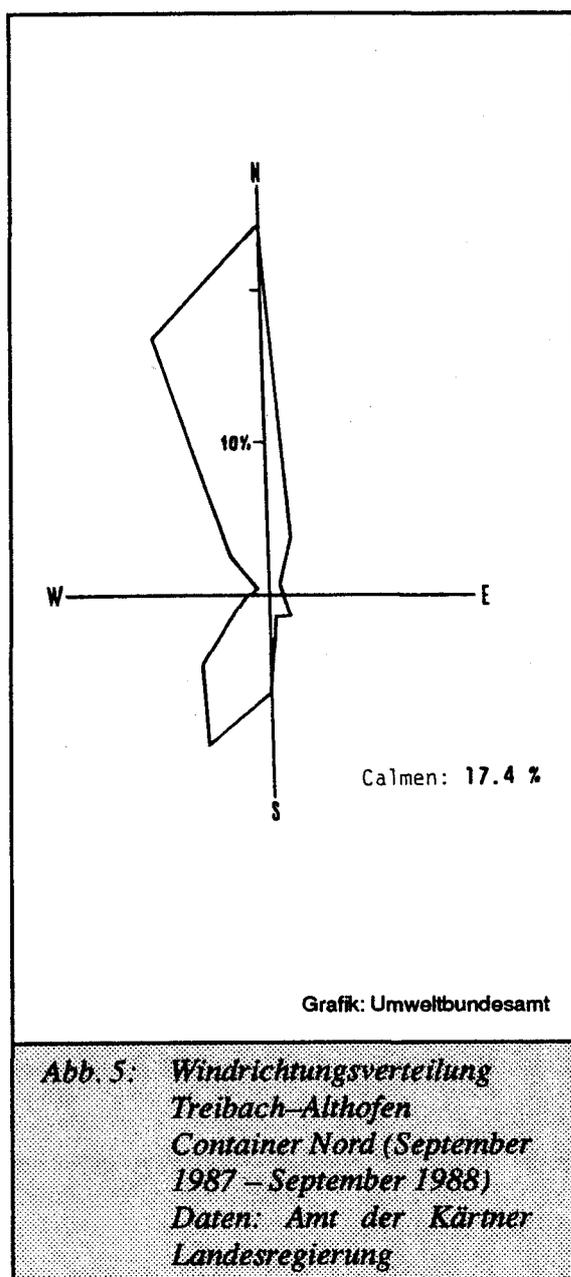


Windverhältnisse

Aus der beschriebenen topographischen Situation und der inneralpiner Beckenlage folgen charakteristische Windverhältnisse. Die mittlere *Windgeschwindigkeit* ist sehr gering; die Monatsmittelwerte bewegen sich zwischen 2 km/h und rund 8 km/h, wobei die kleineren Werte im Winterhalbjahr auftreten. Die Calmenhäufigkeit (Windgeschwindigkeit < 2 km/h) hat für inneralpine Becken typische Werte: Für das gesamte Jahr beträgt sie 17,4 %, für das Winterhalbjahr 24,4 % und für das Sommerhalbjahr 9,4 %. Die tageszeitlichen Unterschiede sind dabei gering.

Infolge der Ausbildung lokaler Windsysteme (Hangwinde sowie Berg-/Talwinde) überwiegen die talparallelen *Windrichtungen* Nordnordwest und Nord sowie Süd bis Südwest (s. Abb. 5 bis 7). Winde im rechten Winkel zur Talrichtung treten selten auf.

Die beschriebene Windsituation gilt jedoch nur für den bodennahen Bereich. In höheren Schichten (hoher Werkschornstein!) ist mit abweichenden Windverhältnissen zu rechnen (siehe KOFLER und MITARBEITER, 1991).



Interessant für die Beurteilung der Immissions-situation in der Umgebung der TCW ist der *Tagesgang der Windrichtungsverteilung* infolge Ausbildung lokaler Windsysteme bei ungestörten Wetterlagen. In den ersten Nachtstunden bilden sich Tal-auswinde (Bergwinde) aus, die im nördlichen Teil des Krappfeldes im wesentlichen Nordwinde sind. Dieser Bergwind hält bis zum Morgen an. Im Laufe des Vormittages dreht das Windsystem; es herrschen Taleinwinde (Talwinde) vor (Richtung Süd bis Südwest).

Das beschriebene Geschehen läßt sich gut anhand der Windrichtungsverteilung getrennt für das Sommer-/Winterhalb-jahr und für Tag-/Nachtstunden illustrieren (s. Abb. 6 und 7). Dem Regime der Berg-/Talwinde entsprechend wurde im Sommerhalbjahr (April–September) der "Tag" von 9h bis 21h Ortszeit definiert, im Winterhalbjahr (Oktober bis März) von 10h bis 19h Ortszeit. Es zeigt sich sowohl im Sommer als auch im Winter deutlich die Ausbildung eines Berg-/Talwindsystems, wobei festzuhalten ist, daß der nächtliche Bergwind aus Nord häufiger und regelmäßiger auftritt als der Talwind aus dem Sektor Süd bei Tag. Das liegt an lokalen Einflüssen aufgrund der Einstrahlung bei Tag. Die jahreszeitlichen Unterschiede bei der Windrichtungsverteilung sind nicht sehr groß.

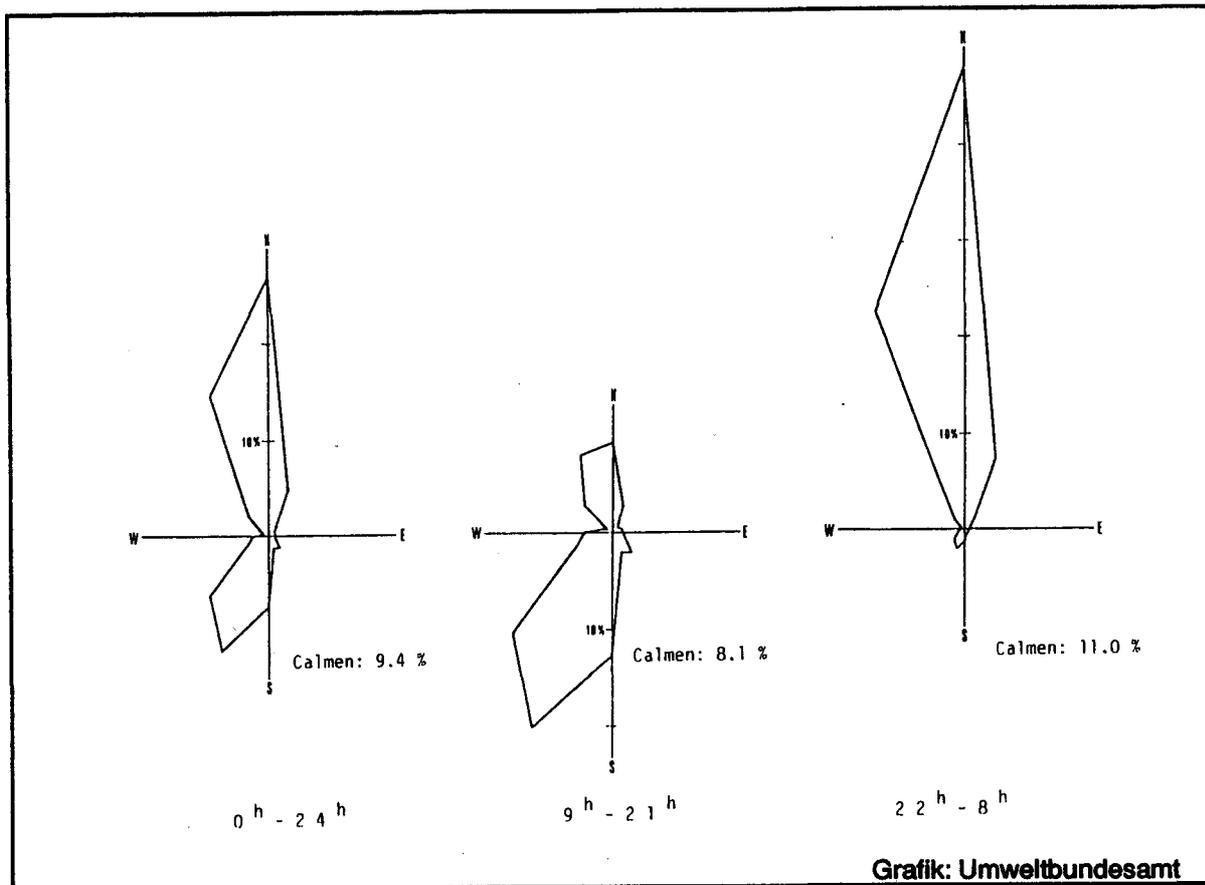


Abb. 6: Windrichtungsverteilung Treibach-Althofen; Sommerhalbjahr (April-September); Daten: Amt der Kärntner Landesregierung

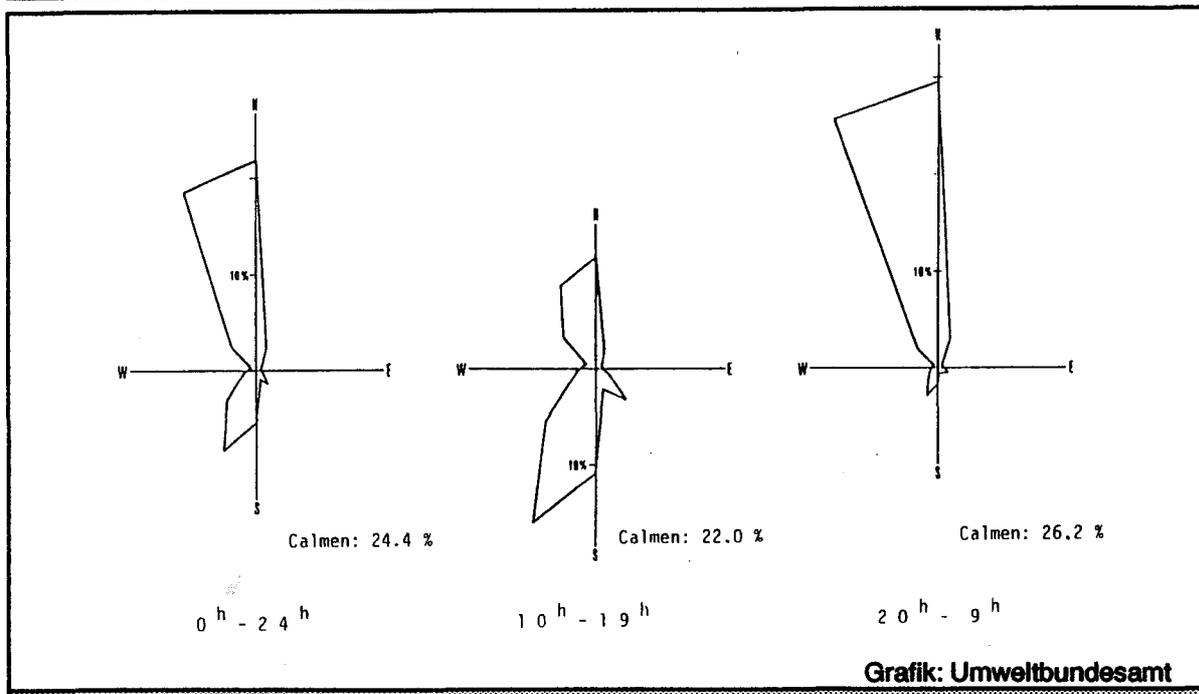


Abb. 7: Windrichtungsverteilung Treibach-Althofen; Winterhalbjahr (Oktober-März); Daten: Amt der Kärntner Landesregierung

Temperaturverhältnisse

Die Temperaturverhältnisse sind in Tabelle 3 in Form eines mittleren Jahresganges aus St. Veit an der Glan (ca. 15 km südwestlich von Treibach, Seehöhe 490 m) dargestellt. Der Jahresmittelwert beträgt 8,0 °C. Der inneralpinen

Lage entsprechend ist der Wind häufig kalt und der Sommer eher kühl. Von Dezember bis Februar liegen die Monatsmittelwerte unter dem Gefrierpunkt. Es wird davon ausgegangen, daß sich die Temperaturverhältnisse in Treibach trotz der größeren Seehöhe nicht wesentlich von denen in St. Veit unterscheiden.

Tab. 3: Monatsmittelwerte und Jahresmittelwert der Lufttemperatur in St. Veit/Glan (1901–1980) in °C

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Jahr
-4,3	-1,4	3,6	8,6	13,5	16,9	18,5	17,7	14,1	8,5	2,5	-2,2	8,0

Typisch für inneralpine Beckenlagen ist die Ausbildung von Inversionsschichten. Da sich in solchen Becken bevorzugt kalte Luft in Bodennähe ansammelt, kommt es häufig zu Inversionsbildungen, die im Winter (bei beständigen Hochdrucklagen) oft tagelang anhalten können. Auch im Sommer treten Inversionen auf, jedoch nur nachts, da sie von der intensiven Sonneneinstrahlung im Sommerhalbjahr schon in den Morgenstunden aufgelöst werden. Die Kaltluftschichten können sehr seicht sein, wodurch es zu hohen Schadstoffkonzentrationen infolge von Emissionen aus bodennahen

Quellen (Hallenabluft, niedrige Kamine) kommen kann.

Niederschlagsverhältnisse

Auch bezüglich des Niederschlags liegt nur eine langjährige Reihe aus St. Veit/Glan vor (s. Tab. 4). Gerade bei der Niederschlagshöhe ist eine Übertragbarkeit auf andere Gebiete nur schwer möglich. Trotz allem soll als Anhaltspunkt die Reihe aus St. Veit dienen. Die mittlere Jahressumme des Niederschlags beträgt 898 mm. Der meiste Niederschlag tritt erwartungsgemäß in den Sommermonaten auf.

Tab. 4: Mittlere Monats- und Jahressummen der Niederschlagshöhe in St. Veit/Glan (1901–1980) in mm

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Jahr
35	34	44	65	85	114	118	109	94	79	73	48	898

Zusammenfassend ist die meteorologische Situation im Bereich der TCW – verglichen mit dem Flachland oder mit Alpenrandlagen – gekennzeichnet durch schwache Winde, die oft Teil eines lokalen Windsystems sind. Die Bildung von Inversionsschichten ist häufiger als im

Flachland. Diese beiden Faktoren (schwache Winde und Inversionen) wirken sich ungünstig auf die Verdünnung von Luftschadstoffen aus, was zu hohen Immissionskonzentrationen insbesondere in der Umgebung der TCW führen kann.

3 LUFT UND DEPOSITION

In den Jahren 1974 bis 1976 wurden im Rahmen einer "Lufthygienischen Modellstudie für das Bundesland Kärnten" von der Abteilung 19 des Amtes der Kärntner Landesregierung gemeinsam mit der Lehrkanzel für Hygiene an der Universität Innsbruck im Gemeindegebiet Treibach-Althofen Untersuchungen durchgeführt.

Aufgrund der gemessenen Staubbelastung wurde dem Gemeindegebiet in Tallagen (verbaut und unverbaut) die Kategorie 3, dem Bereich der Hang- und Terrassenregion die Kategorie 2 zugeordnet. Gebiete der Kategorie 1 und 2 müssen in Hinblick auf die Staubbelastung strenge Anforderungen erfüllen, wie sie für Erholungsgebiete gestellt werden. Kategorie 3 bedeutet, daß die Anforderungen, wie sie für Siedlungsgebiete außerhalb von Industriegebieten gestellt werden, noch erfüllt sind.

Hinsichtlich der SO_2 -Belastung wurde dem Bereich der Tallage die Kategorie 2 zugeordnet (geringe SO_2 -Belastung), den Hang- und Terrassenlagen die Kategorie 1 (hygienisch vernachlässigbar).

Da im Raum Treibach-Althofen jedoch mit anderen Belastungen, insbesondere mit Schwermetallimmissionen zu rechnen war, wurde im Herbst 1986 eine

"Lufthygienische Schwerpunktstudie für den Raum Treibach-Althofen" von der Abteilung 19 des Amtes der Kärntner Landesregierung in Auftrag gegeben. Im Rahmen dieser Studie wurden Luftmessungen mit High-Volume-Sampler und Depositionsmessungen nach dem Bergerhoffverfahren durchgeführt. Darüber hinaus wurden Untersuchungen mit einem Meßcontainer bzw. mit mobilen Meßwagen vorgenommen, wobei auch SO_2 , NO_x , CO, O_3 und Kohlenwasserstoffe gemessen wurden. Die Meßwerte wurden Herrn Univ. Prof. Dr. W. Kofler als medizinischem Sachverständigen zur Begutachtung vorgelegt (siehe auch KOFLER und MITARBEITER, und Kap. 12.2 dieser Studie).

3.1 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) in der Luft

Vom Umweltbundesamt wurde die Belastung durch polycyclische aromatische Kohlenwasserstoff-(PAH)-Immissionen im Raum Treibach-Althofen untersucht. Es wurden dazu bei Meßcontainer Nord und Süd Proben gezogen (s. Tab. 6). Angaben zur Probenahme und Methode finden sich in Kapitel 9.

<i>Tab. 5: Untersuchte PAH-Verbindungen</i>		
PAH	PAHs, die als Summe bestimmt wurden	US-EPA 1)
Naphthalin		*
Acenaphthylen		*
Acenaphthen		*
Fluoren		*
Phenanthren		*
Anthracen		*
2-Methylantracen		
9-Methylantracen		
Fluoranthen		*
Pyren		*
Benzo(b)naphtho(2,1-d)thiophen		
Benzo(ghi)fluoranthen	a	
Benzo(c)phenanthren	a	
Benz(a)anthracen		*
Chrysen	b	*
Triphenylen	b	
Benzo(j)fluoranthen	c	
Benzo(k)fluoranthen	c	*
Benzo(a)fluoranthen		
Benzo(e)pyren		
Benzo(a)pyren		*
Perylen		
Indeno(1,2,3-cd)pyren		*
Dibenz(a,c)anthracen	d	
Dibenz(a,h)anthracen	d	*
Benzo(ghi)perylen		*
Anthanthren		
Coronen		
1) Die mit * gekennzeichneten Substanzen sind jene PAH-Verbindungen, die in der von der EPA (US-Environmental Protection Agency) herausgegebenen Liste gefährlicher Umweltgifte enthalten sind. Die mit den gleichen Buchstaben (a, b, c, d) gekennzeichneten Verbindungen wurden als Summe bestimmt.		

Tab. 7: Meßzeitraum – PAH-Bestimmung (s. Tab. 6, 6a)

	BEGINN		ENDE	
	DATUM	UHRZEIT	DATUM	UHRZEIT
N001	27.04.1988	16.15	29.04.1988	13.10
N002	29.04.1988	13.15	02.05.1988	09.17
N003	02.05.1988	09.23	04.05.1988	08.02
N005	06.05.1988	10.20	09.05.1988	09.10
N006	09.05.1988	09.20	11.05.1988	13.35
S007	11.05.1988	13.22	13.05.1988	10.14
N007	11.05.1988	13.46	13.05.1988	10.47
N008	13.05.1988	10.55	16.05.1988	13.30
S008	13.05.1988	10.24	16.05.1988	13.00
N010	18.05.1988	10.45	20.05.1988	09.00
S010	18.05.1988	10.10	20.05.1988	09.10
N011	20.05.1988	16.35	24.05.1988	11.55
S011	20.05.1988	16.20	24.05.1988	12.11
S015	30.05.1988	09.34	01.06.1988	09.20
N016	01.06.1988	09.50	03.06.1988	09.21
S017	03.06.1988	09.58	06.06.1988	10.25
N017	03.06.1988	09.29	06.06.1988	10.50
S018	06.06.1988	10.35	08.06.1988	10.15
N019	08.06.1988	10.00	10.06.1988	12.31
N020	10.06.1988	12.40	13.06.1988	09.55
N021	13.06.1988	10.05	16.06.1988	11.40
N022	16.06.1988	12.45	17.06.1988	11.30
S022	16.06.1988	11.50	17.06.1988	12.50
S023	17.06.1988	12.55	20.06.1988	11.00
N023	17.06.1988	12.35	20.06.1988	11.15

Für PAH-Immissionsbelastungen liegen in Österreich keine Grenz- oder Richtwerte vor. In einem Bericht des UBA Berlin aus dem Jahre 1979 wird ein Richtwert von 10 ng/Nm³ für Benz(a)pyren im Jahresmittel vorgeschlagen (BUCK, 1986).

Dieser Richtwert für Benz(a)pyren wurde bei keiner Probe überschritten. Ebenso konnte für Benz(a)anthracen, das ebenfalls als Leitkomponente für die Luftüberwachung dient, keine nennenswerte Konzentration nachgewiesen werden. Bei zwei Proben wurden Naphthalin-Konzentrationen >100 ng/Nm³ gemessen. Im Vergleich mit Immissionskonzentrationen einiger Großstädte lagen alle gemessenen PAH-Konzentrationen im Bereich bzw. unter denen der Vergleichswerte. Die zeitweise relativ hohe Naph-

thalinkonzentration könnte auf eine südwestlich des Werkes gelegene Asphaltmischanlage zurückzuführen sein.

3.2 Schwermetalle im Staubbiederschlag

Seit Ende des Jahres 1986 wird vom Amt der Kärntner Landesregierung im Raum Treibach ein Meßstellennetz zur Erfassung der Schwermetalle im Staubbiederschlag betrieben. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, daß im werksnahen Bereich teilweise hohe Schwermetallniederschläge auftreten (Abb. 8 bis 13).

Die Gehalte an Nickel, Molybdän, Vanadium, Chrom und Cobalt sind im werksnahen Bereich im Vergleich zu Werten

aus unbelasteten Gebieten hoch und nehmen mit der Entfernung vom Werk stark ab (Spearman Rang-Korrelations-test, $R = -0,62$ bis $-0,96$); $p < 0,001$). Für diese Elemente existieren keine Grenzwerte.

Cadmium im Staubbiederschlag zeigt im werksnahen Bereich ebenfalls deutlich höhere Werte als an den entfernteren Meßstellen ($R = -0,58$; $p < 0,001$). Der österreichische Grenzwert (laut Forstgesetz: $0,05 \text{ kg/ha} \cdot \text{a}$, das entspricht $13,7 \mu\text{g/m}^2 \cdot \text{d}$) wird an wenigen Meßstellen, der Grenzwert von $5 \mu\text{g/m}^2 \cdot \text{d}$ laut TA Luft (BRD) an einer Reihe von Meßstellen im werksnahen Bereich deutlich überschritten.

Die Werte für *Zink* und *Blei* im Staubbie-

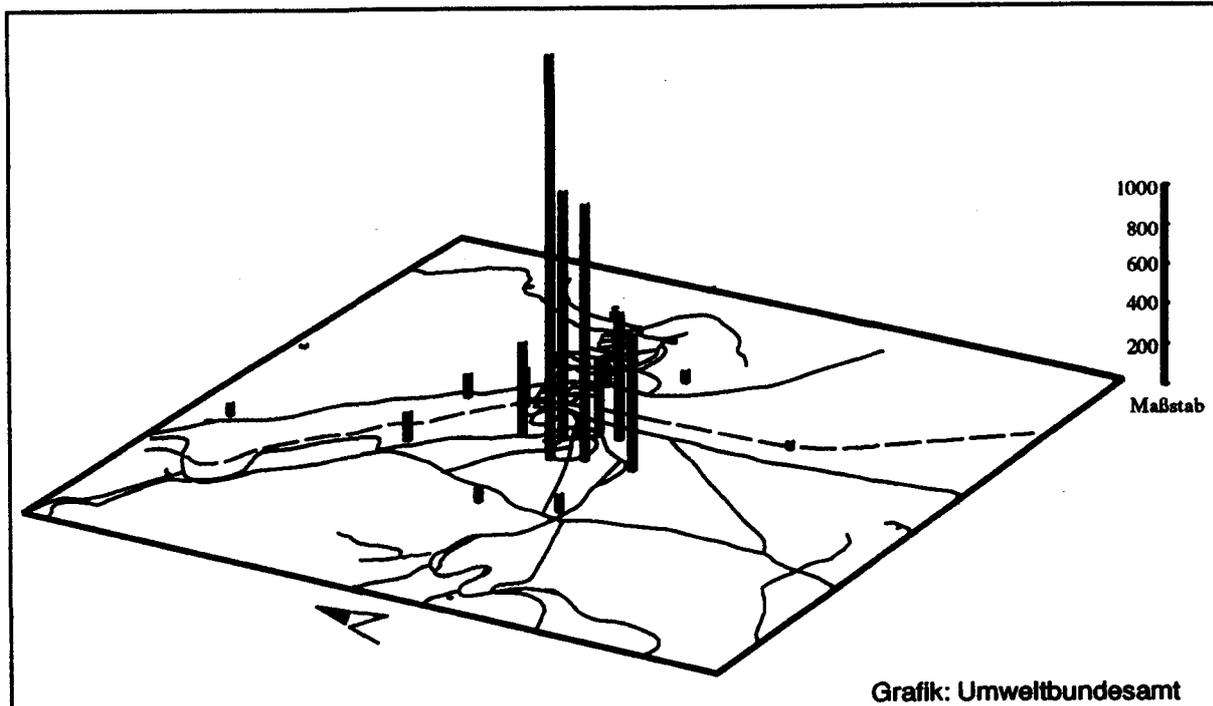
derschlag sind niedrig.

In den Abbildungen 8 bis 13 wird die räumliche Verteilung der Metallbelastung im Staubbiederschlag für den Meßzeitraum 4.12.1987 bis 2.2.1988 dargestellt. Der zeitliche Verlauf der Belastungen mit Vanadium, Nickel, Molybdän sowie mit dem gesamten Staubbiederschlag in der Zeit vom 17.11.1986 bis zum 30.9.1988 kann den Abbildungen 14 bis 21 entnommen werden (unterschiedliche Maßstäbe). Die in diesen Abbildungen angegebenen Meßperioden sind in Tabelle 8 aufgeschlüsselt.

Vom Amt der Kärntner Landesregierung wurde eine "Lufthygienische Schwerpunktstudie für den Raum Treibach-Alt-hofen" in Auftrag gegeben. Diese Studie liegt ebenfalls vor (siehe auch Kap. 12.2).

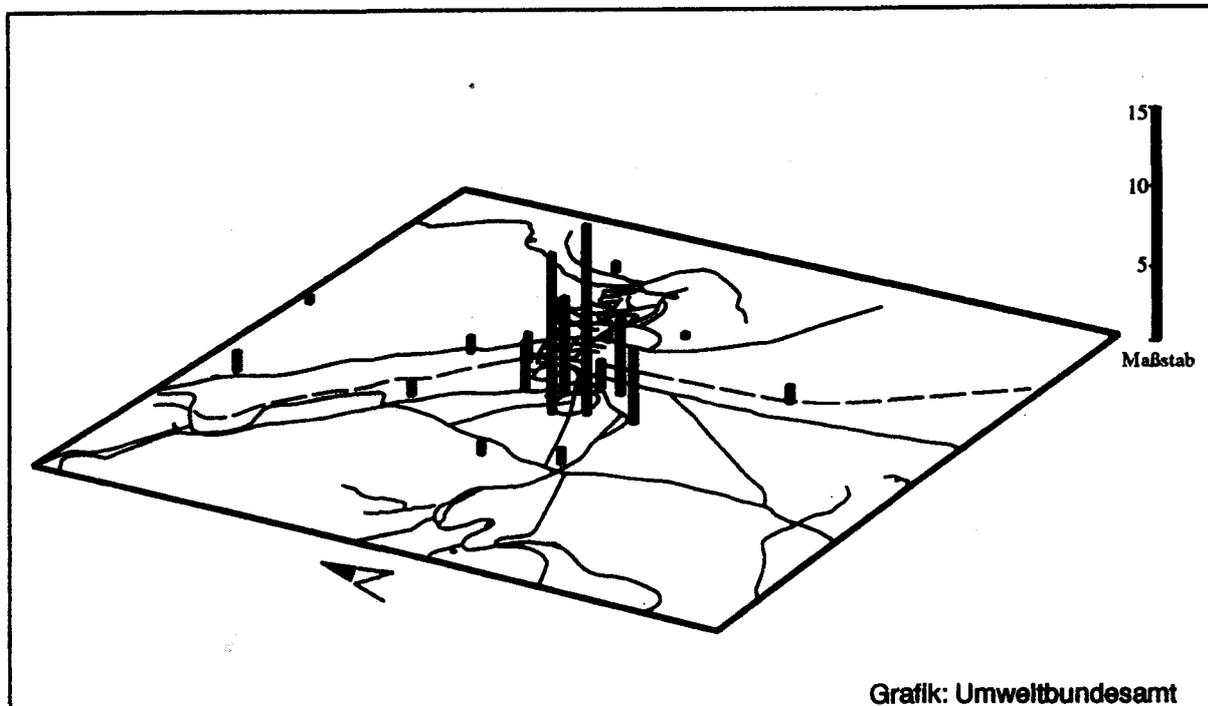
Tab. 8: Aufgeschlüsselte Meßperioden der Abbildungen 14 bis 21

1	17.11.1986 – 30.12.1986	17	01.10.1988 – 03.11.1988
2	30.12.1986 – 03.02.1987	18	03.11.1988 – 06.12.1988
3	03.02.1987 – 04.03.1987	19	06.12.1988 – 05.01.1989
4	04.03.1987 – 09.04.1987	20	05.01.1989 – 16.02.1989
5	09.04.1987 – 06.05.1987	21	16.02.1989 – 22.03.1989
6	06.04.1987 – 04.06.1987	22	23.03.1989 – 21.04.1989
7	04.06.1987 – 06.07.1987	23	21.04.1989 – 30.05.1989
8	06.07.1987 – 18.08.1987	24	30.05.1989 – 26.06.1989
9	04.11.1987 – 04.12.1987	25	26.06.1989 – 25.07.1989
10	04.12.1987 – 02.02.1988	26	25.07.1989 – 25.08.1989
11	02.02.1988 – 07.03.1988	27	25.08.1989 – 25.09.1989
12	07.03.1988 – 19.05.1988	28	25.09.1989 – 30.10.1989
13	19.05.1988 – 07.07.1988	29	28.11.1989 – 04.01.1990
14	07.07.1988 – 03.08.1988	30	04.01.1990 – 01.02.1990
15	03.08.1988 – 01.09.1988	31	01.02.1990 – 09.03.1990
16	01.09.1988 – 30.09.1988		



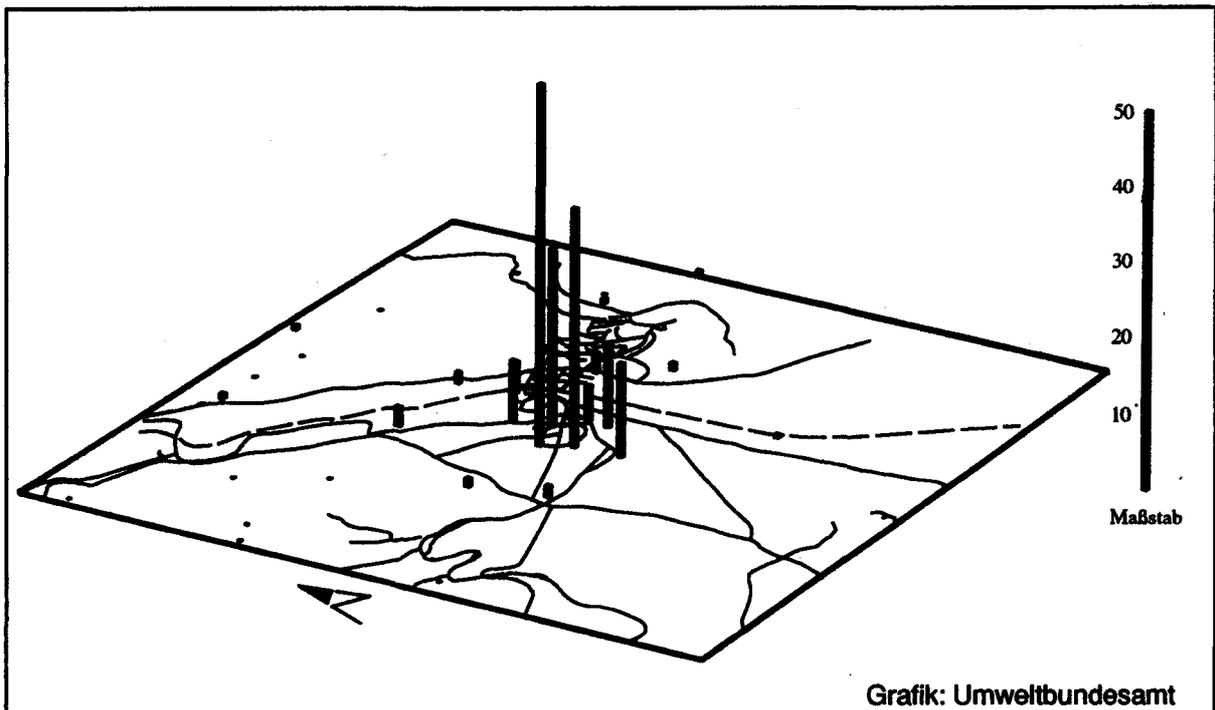
Grafik: Umweltbundesamt

**Abb. 8: Nickel im Staubniederschlag im Raum Treibach (in $\mu\text{g}/\text{m}^2$ pro Tag),
Kartenausschnitt 12 x 16 km
Daten: Amt der Kärntner Landesregierung (Meßperiode 4.12.87-2.2.88)**

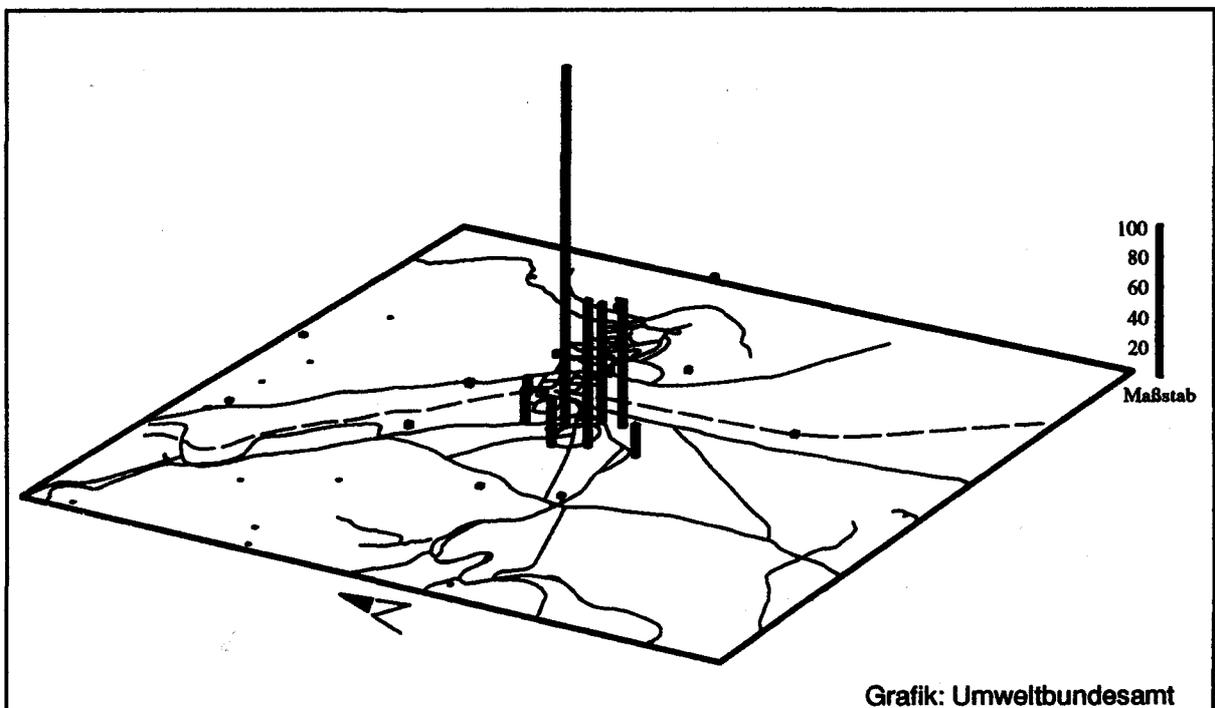


Grafik: Umweltbundesamt

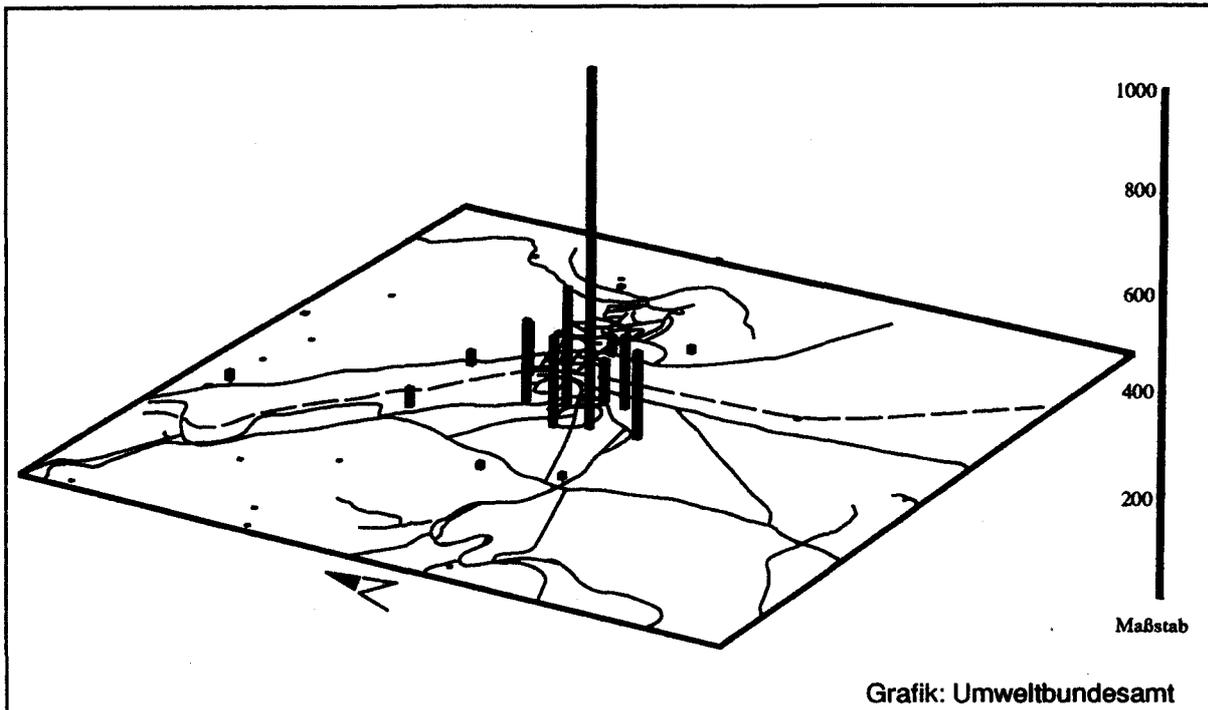
**Abb. 9: Cadmium im Staubniederschlag im Raum Treibach (in $\mu\text{g}/\text{m}^2$ pro Tag),
Kartenausschnitt 12 x 16 km
Daten: Amt der Kärntner Landesregierung (Meßperiode 4.12.87-2.2.88)**



**Abb. 10: Kobalt im Staubniederschlag im Raum Treibach (in $\mu\text{g}/\text{m}^2$ pro Tag),
Kartenausschnitt 12 x 16 km
Daten: Amt der Kärntner Landesregierung (Meßperiode 4.12.87-2.2.88)**

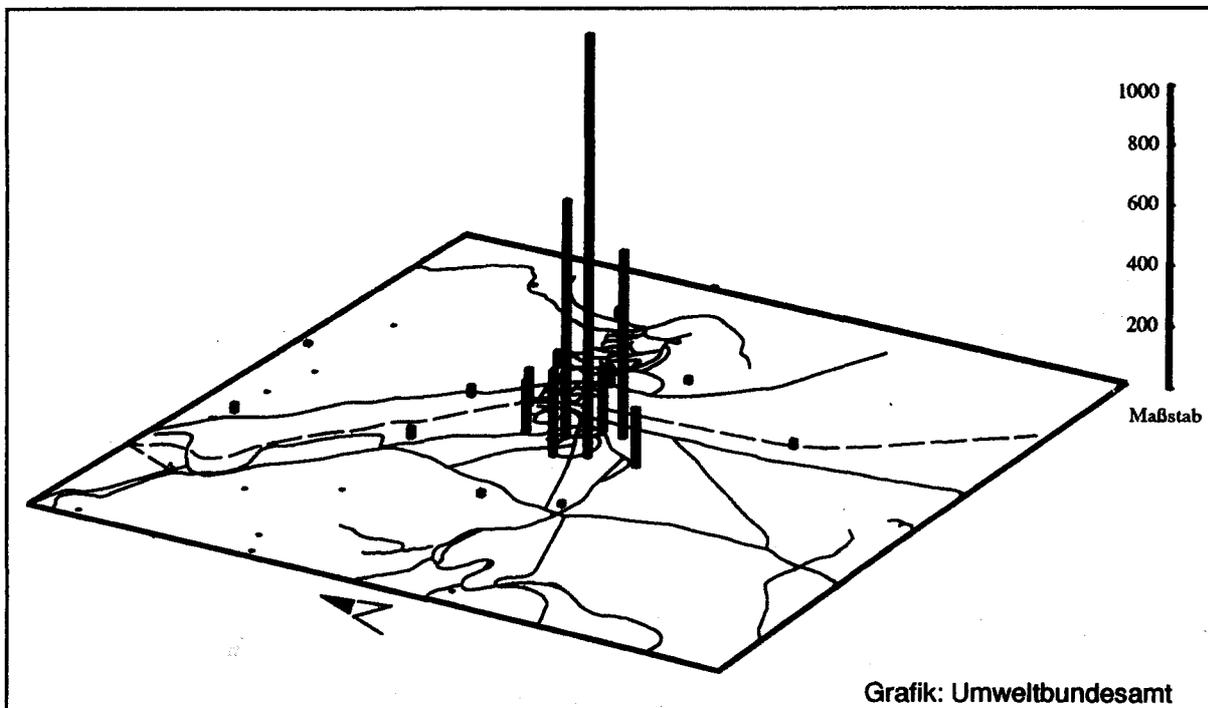


**Abb. 11: Chrom im Staubniederschlag im Raum Treibach (in $\mu\text{g}/\text{m}^2$ pro Tag),
Kartenausschnitt 12 x 16 km
Daten: Amt der Kärntner Landesregierung (Meßperiode 4.12.87-2.2.88)**



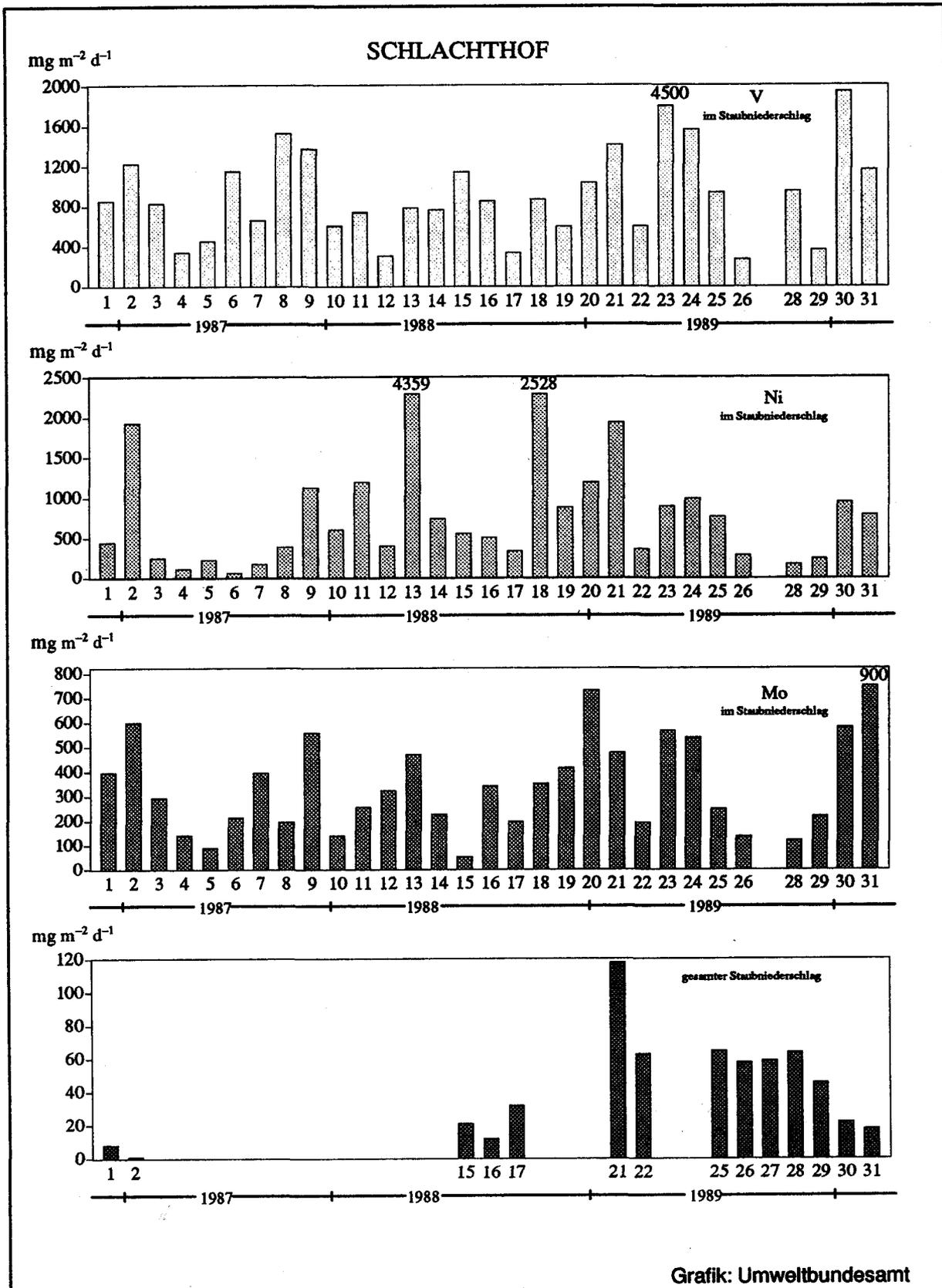
Grafik: Umweltbundesamt

**Abb. 12: Molybdän im Staubniederschlag im Raum Treibach (in $\mu\text{g}/\text{m}^2$ pro Tag),
Kartenausschnitt 12 x 16 km
Daten: Amt der Kärntner Landesregierung (Meßperiode 4.12.87-2.2.88)**



Grafik: Umweltbundesamt

**Abb. 13: Vanadium im Staubniederschlag im Raum Treibach (in $\mu\text{g}/\text{m}^2$ pro Tag),
Kartenausschnitt 12 x 16 km
Daten: Amt der Kärntner Landesregierung (Meßperiode 4.12.87-2.2.88)**



Grafik: Umweltbundesamt

Abb. 14: Staubniederschlag, Messperioden siehe Tab. 8
 Daten: Amt der Kärntner Landesregierung

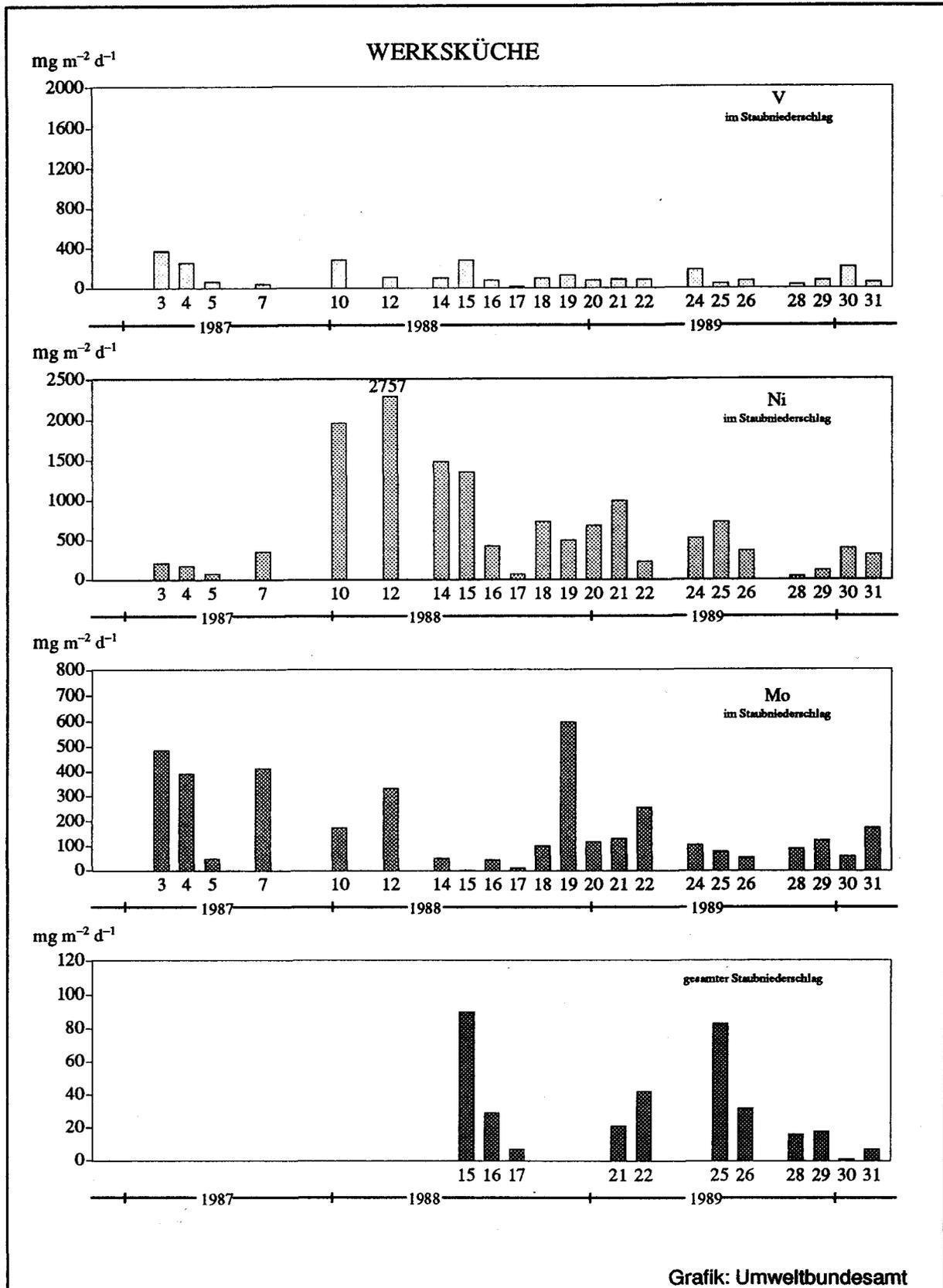


Abb. 15: Staubniederschlag, Messperioden siehe Tab. 8
 Daten: Amt der Kärntner Landesregierung

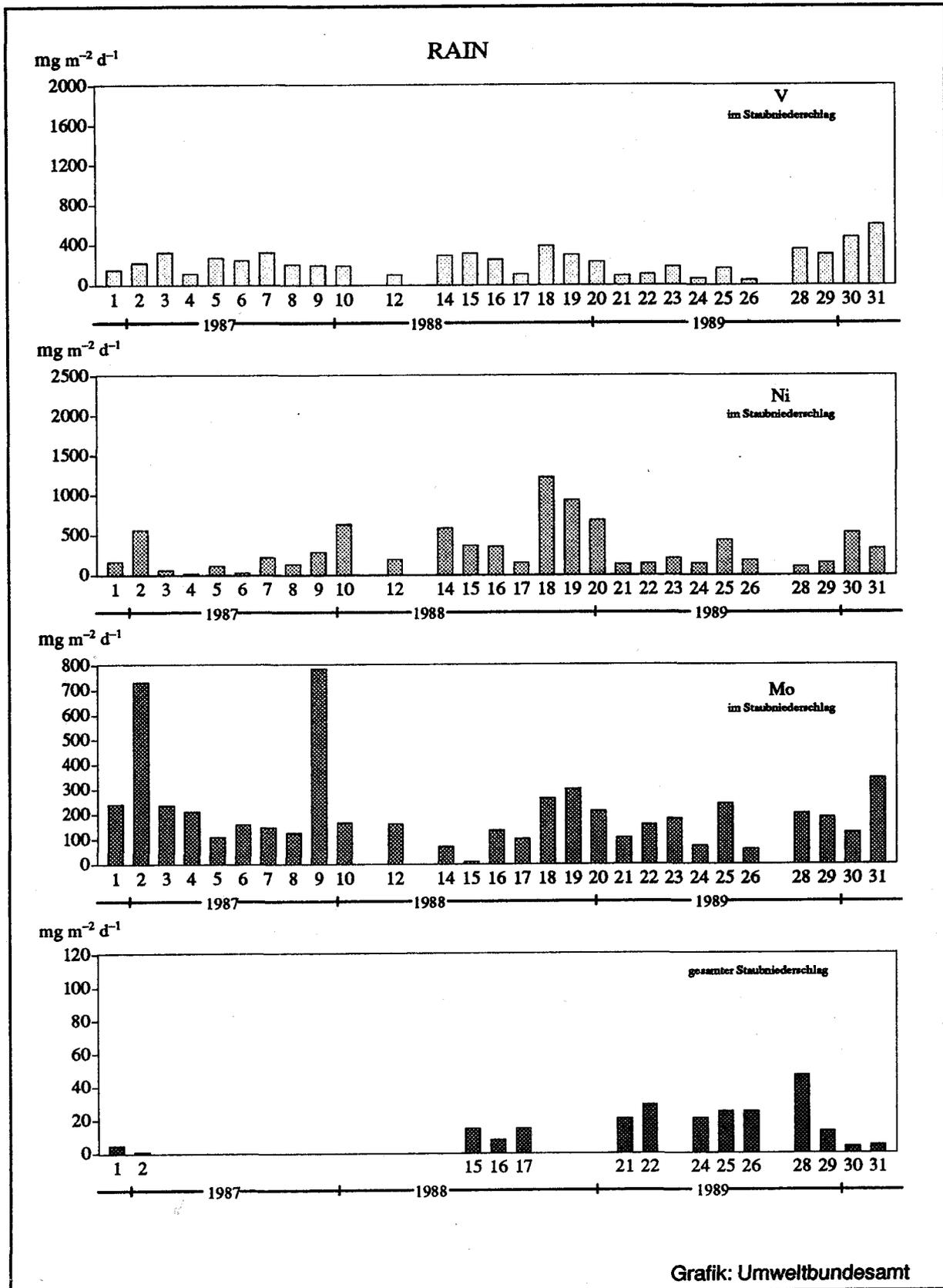


Abb. 16: Staubniederschlag, Meßperioden siehe Tab. 8
 Daten: Amt der Kärntner Landesregierung

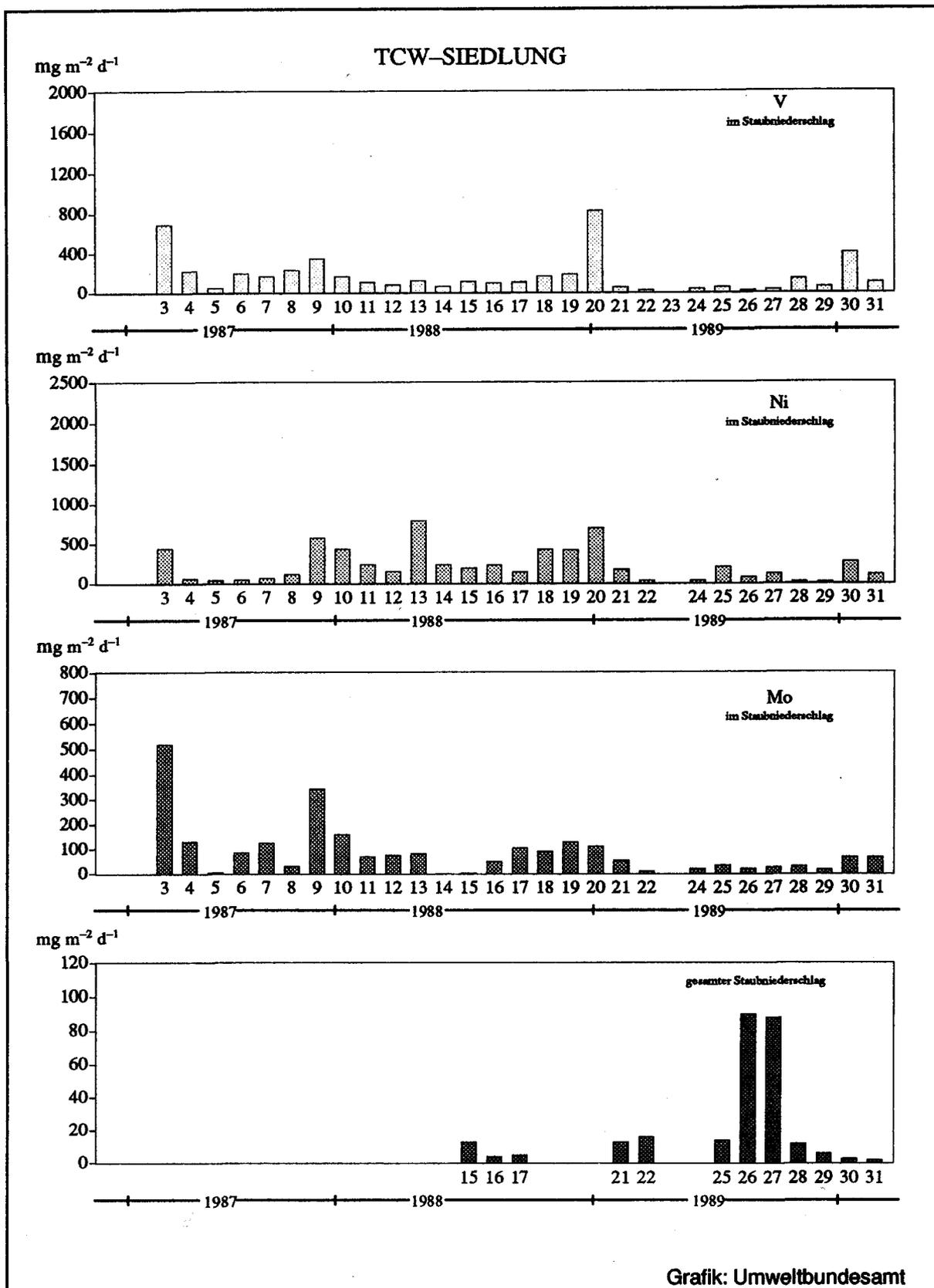


Abb. 17: Staubniederschlag, Meßperioden siehe Tab. 8
 Daten: Amt der Kärntner Landesregierung

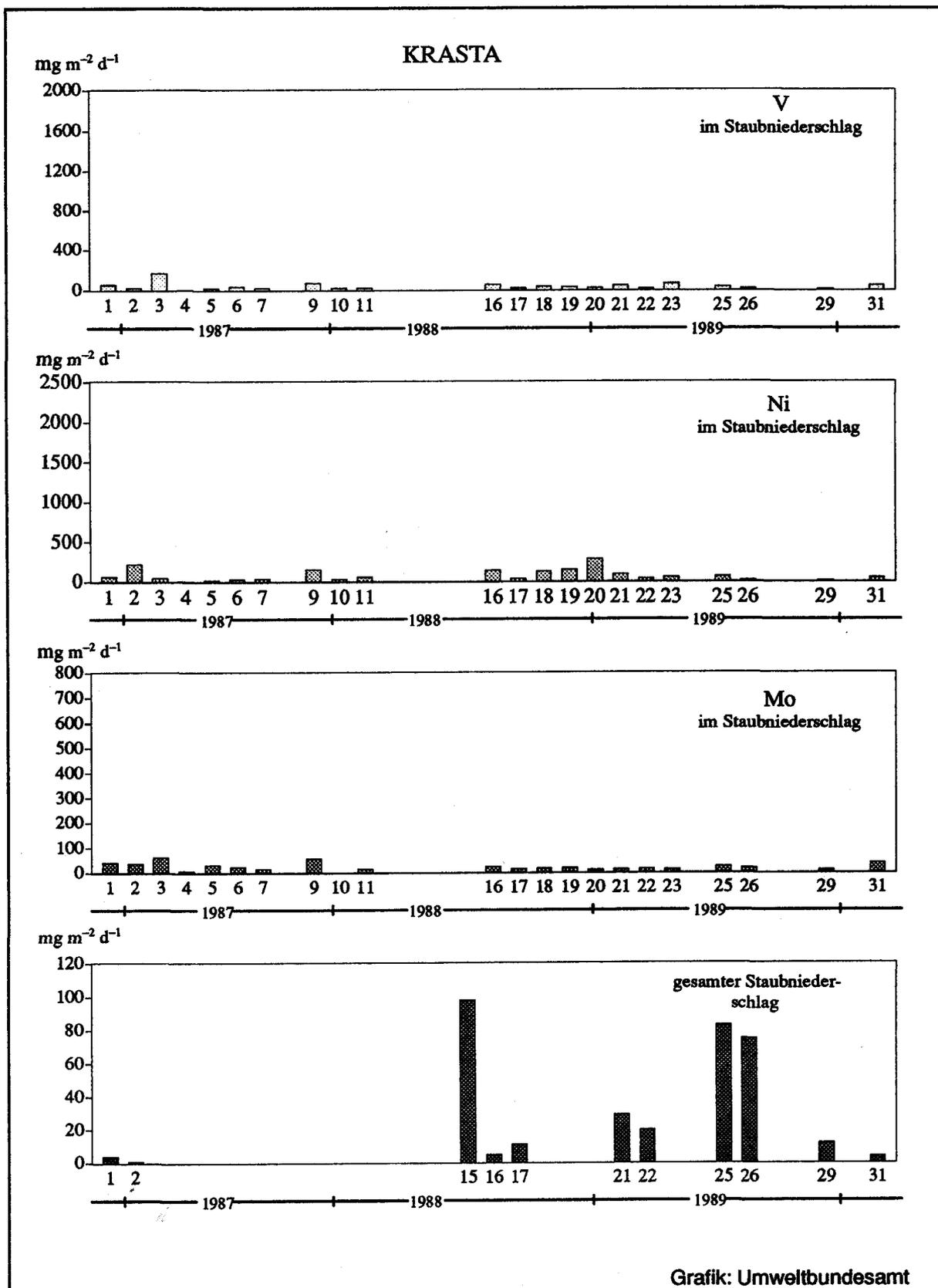


Abb. 18: Staubniederschlag, Meßperioden siehe Tab. 8
 Daten: Amt der Kärntner Landesregierung

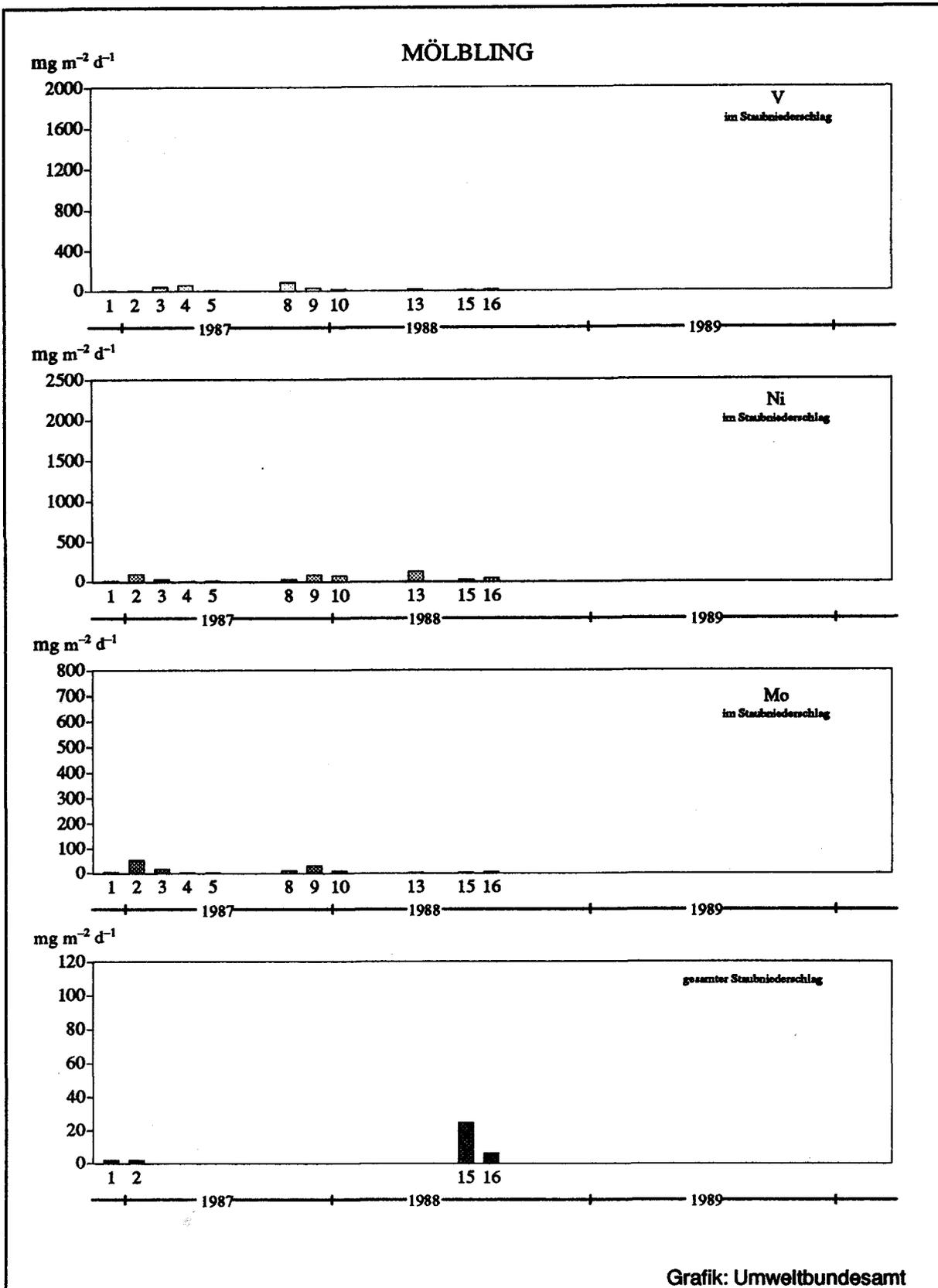


Abb. 19: Staubniederschlag, Messperioden siehe Tab. 8
 Daten: Amt der Kärntner Landesregierung

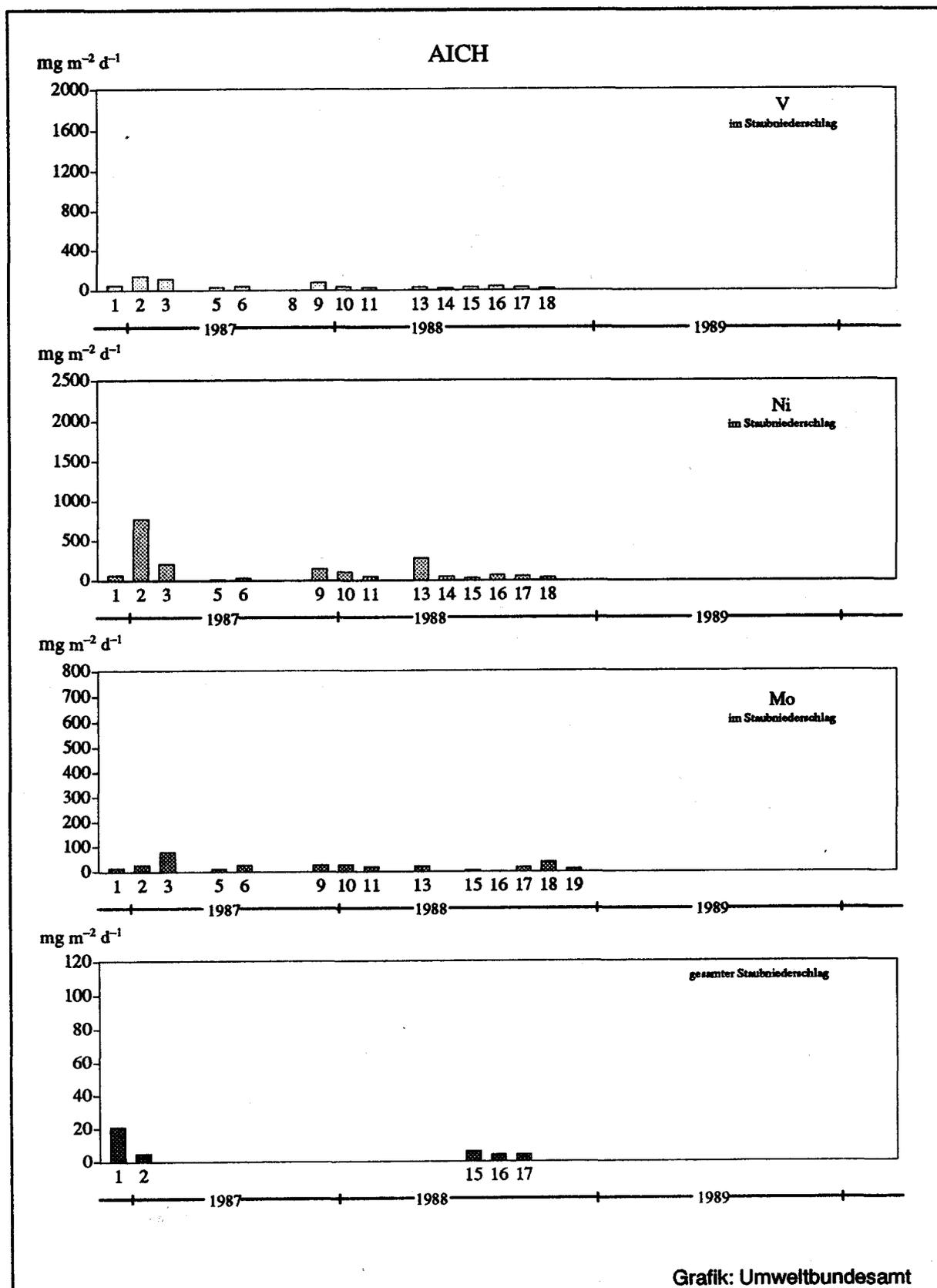
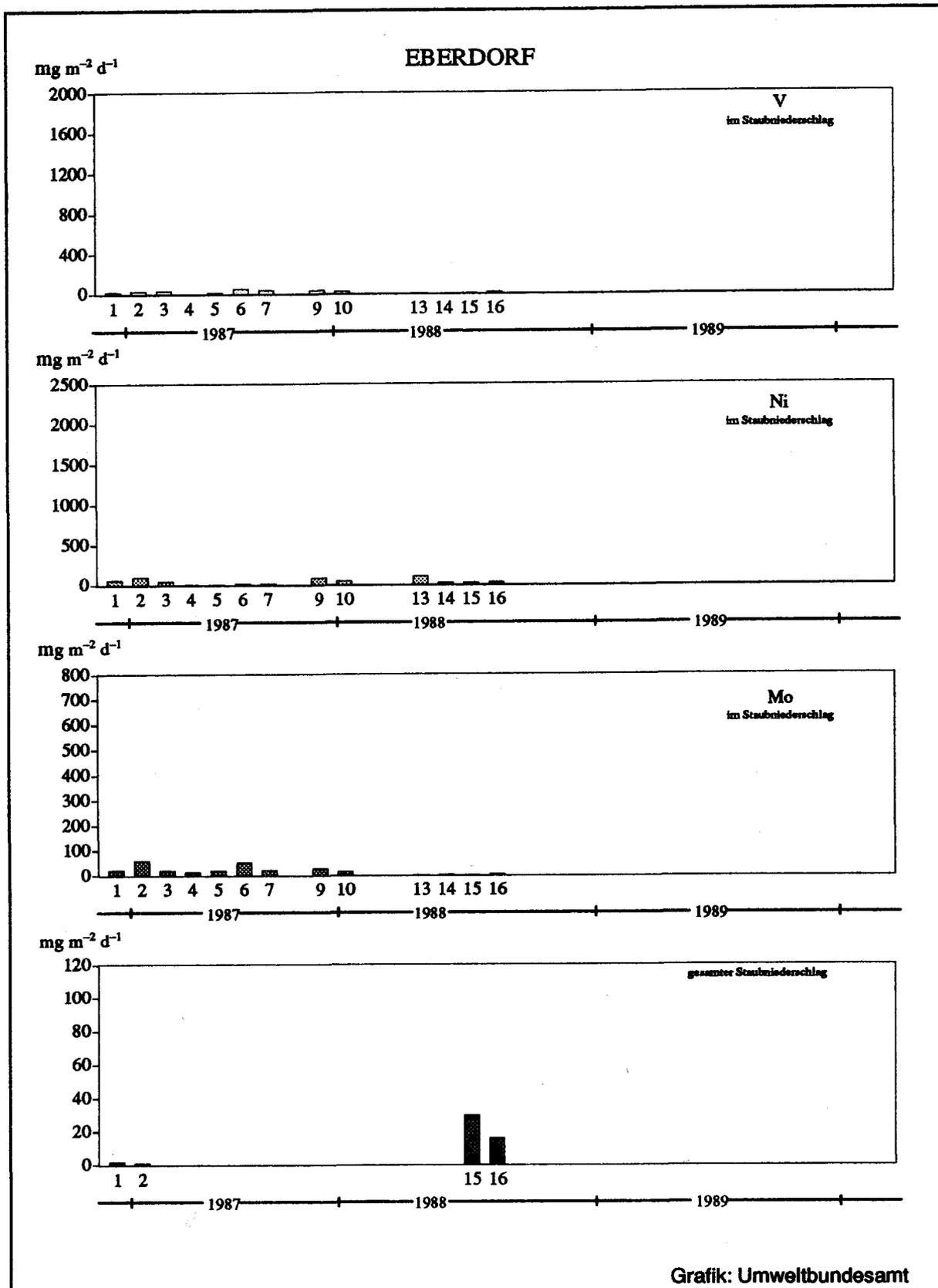


Abb. 20: Staubniederschlag, Messperioden siehe Tab. 8
Daten: Amt der Kärntner Landesregierung



**Abb. 21: Staubniederschlag, Meßperioden siehe Tab. 8
Daten: Amt der Kärntner Landesregierung**

4 LANDWIRTSCHAFT

4.1 Kulturartenverhältnis und Agrarstruktur

Während im Bereich südlich der Siedlungsräume Treibach und Althofen (eigentliches Krappfeld) der Ackerbau gegenüber dem Grünland dominiert, steht im NNW der beiden Orte (d.h. im Gurk- bzw. Metnitztal) die Grünlandwirtschaft im Vordergrund.

In den letzten Jahren ist der Anbau von Winterweizen, Winterroggen und Wintergerste stark zurückgegangen; hingegen wird Körnermais immer öfter in die Fruchtfolge aufgenommen. Allgemein läßt sich eine Intensivierung der Landwirtschaft sowohl in Acker- als auch in Grünlandwirtschaften feststellen.

Als Folge dieser Intensivierung bei gleichzeitigem Arbeitskräftemangel aufgrund von Abwanderung, war eine deutliche Investitionszunahme auf dem Landmaschinen Sektor zu beobachten.

Ein zunehmender Teil der Landwirtschaft wird von Nebenerwerbsbauern geführt. Während es 1963 noch ca. 2182 vollbeschäftigte Betriebsleiter gab, hat sich deren Anzahl bis dato auf nahezu die Hälfte verringert.

Betriebsgrößen im Bezirk:

0,5	-	5 ha	25,9 %
5	-	10 ha	10,4 %
10	-	20 ha	13,1 %
20	-	50 ha	27,7 %
50	-	100 ha	14,6 %
100	-	200 ha	5,9 %
200	-	500 ha	1,9 %
500	-	1000 ha	0,4 %
über		1000 ha	0,1 %

Schwermetalleintrag durch landwirtschaftliche Bewirtschaftungsmaßnahmen

Ein Schadstoffeintrag in Böden durch die Landwirtschaft ist am ehesten für das Element Cadmium zu erwarten. Cadmium ist in phosphathaltigen Handelsdüngern in Spuren enthalten (laut Österreichischer Düngemitteltypenverordnung dürfen 120 mg Cadmium pro kg P_2O_5 enthalten sein). Österreichweit ist mit einem Cadmumeintrag durch Phosphatdünger von zirka 1 – 3 g/ha.a zu rechnen.

In der vorliegenden Untersuchung wurden die höchsten Cadmiumkonzentrationen an Standorten gefunden, die keiner landwirtschaftlichen Bewirtschaftung unterliegen. Dieser Umstand und die Tatsache, daß die Cadmiumkonzentrationen mit Annäherung an das Werk steigen, zeigen jedoch, daß in diesem Fall die Belastung kaum auf landwirtschaftliche Düngungsmaßnahmen zurückgeführt werden kann.

4.2 Schwermetalle: Orientierungsdaten für Boden und Pflanzen

Als Interpretationshilfe wurden im folgenden Orientierungsdaten für die Schadstoffbelastung in Vegetation und Boden zusammengestellt.

Vegetation:

Tab. 9: Normalgehalte in Pflanzen (in mg/kg Trockengewicht (TG); nach SAUERBECK, 1985)

Bor	5	–	30
Cadmium	< 0.1	–	1
Cobalt	0.01	–	0.5
Chrom	< 0.1	–	1
Kupfer	3	–	15
Fluor	1	–	5
Molybdän	0.1	–	3
Nickel	0.1	–	5
Blei	1	–	5
Vanadium	0.1	–	1
Zink	15	–	150
Mangan	20	–	200 (*)

(*) bez. auf Frischgewicht
(nach SCHIELE, in MERIAN, 1984)

Tab. 10: Kritische Schadstoffkonzentrationen in Pflanzen bei Verwendung als Tierfutter (in mg/kg TG; nach SAUERBECK, 1985)

Bor			150
Cadmium	0.5	–	1
Cobalt	10	–	50
Chrom	50	–	3000
Kupfer	30	–	100
Fluor	40	–	200
Molybdän	10	–	58
Nickel	50	–	60
Blei	10	–	30
Vanadium	10	–	50
Zink	300	–	1000

Tab. 11: Richtwerte für Nahrungsmittel (in mg/kg FS; BGB, 1986)

Nahrungsmittel	Blei	Cadmium
Blatt- und Sproßgemüse	0.8	0.05
Fruchtgemüse	0.5	0.05
Obst und Wurzelgemüse	0.25	0.05
Getreide	0.3	0.1

In Österreich existieren keine allgemein gültigen Grenzwerte für Schwermetalle in landwirtschaftlich genutzten Böden. Um dennoch ein Maß zur Interpretation der gemessenen Werte zu haben, werden die im Raum Treibach gemessenen Schwermetallgehalte der Böden mit anderen nationalen und internationalen Grenz- und Richtwerten verglichen (diese gelten zum überwiegenden Teil nur für die Aufbringung von Klärschlamm).

Weiters können die Meßwerte mit Richtwerten für Schwermetalle in Böden verglichen werden, deren Nutzung für biologischen Landbau erfolgt (Erlaß des Bundesministers für Gesundheit und öffentlicher Dienst vom 7. Jänner 1989, Zl. 72.046/3/VII/16/88).

Für jene Elemente, die in den erwähnten österreichischen Regelungen nicht angeführt sind, wird auf die von KLOKE (1980) formulierten tolerierbaren Gehalte in Kulturböden zurückgegriffen.

Boden:

Tab. 12: Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte in Kulturböden (in mg/kg TG; nach KLOKE, 1980)

Element	häufig		tolerierbar (Richtwert)
Bor	5	– 20	25
Cadmium	0.01	– 1	3
Cobalt	1	– 10	50
Chrom	2	– 50	100
Kupfer	1	– 20	100
Fluor	50	– 200	200
Molybdän	0.2	– 5	5
Nickel	2	– 50	50
Blei	0.1	– 20	100
Vanadium	10	– 100	50
Zink	3	– 50	300

Tab. 13: Nach der (nutzungsbezogenen) "Holländischen Liste" werden folgende Metallgrenzkonzentrationsniveaus angegeben (in mg/kg TG)
Liste mit Erläuterungen nach DE BORST & VAN VEEN, 1985 und VAN LIDTH DE JEUDE, 1985.

Metall	A	B	C
Chrom	100	250	600
Cobalt	20	50	300
Nickel	50	100	500
Kupfer	50	100	500
Zink	200	500	3000
Arsen	20	30	50
Molybdän	10	40	200
Cadmium	1	5	20
Zinn	20	50	300
Barium	200	400	2000
Quecksilber	0.5	2	10
Blei	50	150	600

Kategorie A:
Konzentrationen in nicht verunreinigten Böden (natürliche Konzentrationen)

Kategorie B:
Konzentrationen wo eine weitere Untersuchung benötigt wird

Kategorie C:
Wenn diese Konzentrationen überschritten werden, sind in der Regel Sanierungsmaßnahmen zu treffen. Bei diesen Entscheidungen spielen die lokale Situation und die Benutzung des Bodens eine wichtige Rolle.

Die Grenzwerte für F, Cl und S für Fichtennadeln werden im Kapitel 6.3 angeführt.

4.3 Schwermetalle im Boden

Im Raum Treibach wurden vom Umweltbundesamt im Jahre 1988 an 27 Stellen die Gesamtgehalte einer Reihe von Schwermetallen bestimmt. Dabei zeigte sich, daß die Anteile einiger Schwermetalle im Oberboden (Acker und Grünland) im werksnahen Bereich erhöht sind und teilweise deutlich über den tolerierbaren Gehalten für Kulturböden liegen (s. Tab. 12).

Für *Nickel* ist in der Klärschlammverordnung zum Bodenschutzgesetz Steier-

mark ein Grenzwert von 60 mg/kg gesetzlich festgelegt. Dieser Wert – sowie der Kategoriegrenzwert B der Holländischen Liste (100 mg/kg TG) – wird an einigen Standorten deutlich überschritten (bis zu 688 mg/kg TG).

Für *Vanadium* gibt es in Österreich keine gesetzlichen Regelungen. Der für Kulturböden tolerierbare Gehalt von 50 mg/kg (KLOKE, 1980) wird an der Mehrzahl der Meßpunkte überschritten.

Bei *Molybdän* zeigen sich im werksnahen Bereich starke Erhöhungen (bis 67 mg/kg TG). Die Werte nehmen mit der Entfernung vom Werk ab. Damit wird der in der steirischen Klärschlammverordnung für Boden festgelegte Grenzwert von 9 mg/kg im werksnahen Bereich überschritten. Der Gehalt des Bodens an der Südseite des Werksgebietes liegt etwa um den Faktor 13 über dem von 5 mg/kg von KLOKE (1980) als tolerierbar angesehenen Wert für Kulturböden.

Cadmium zeigt ebenfalls eine deutliche Erhöhung im werksnahen Bereich. Allerdings wird der Grenzwert im Boden laut Klärschlammverordnung von 2 mg/kg am Werksrand des Werksgebäudes mit 1.8 mg/kg gerade nicht erreicht.

Bei *Blei* und *Cobalt* liegen die Gehalte im normalen Bereich und zeigen keine erkennbare Abhängigkeit von der Entfernung zum Werk.

Der Gehalt an *Chrom* überschreitet an einer Stelle den in den österreichischen Regelungen (mehrere Landesverordnungen für die Aufbringung von Klärschlamm) festgelegten Wert von 100 mg/kg.

Die gemessenen Werte sind in Tabelle 14 zusammengefaßt. Zusätzlich wird in den Abbildungen 23 bis 26 die räumliche Verteilung der Elemente Nickel, Cadmium, Molybdän und Vanadium dargestellt.

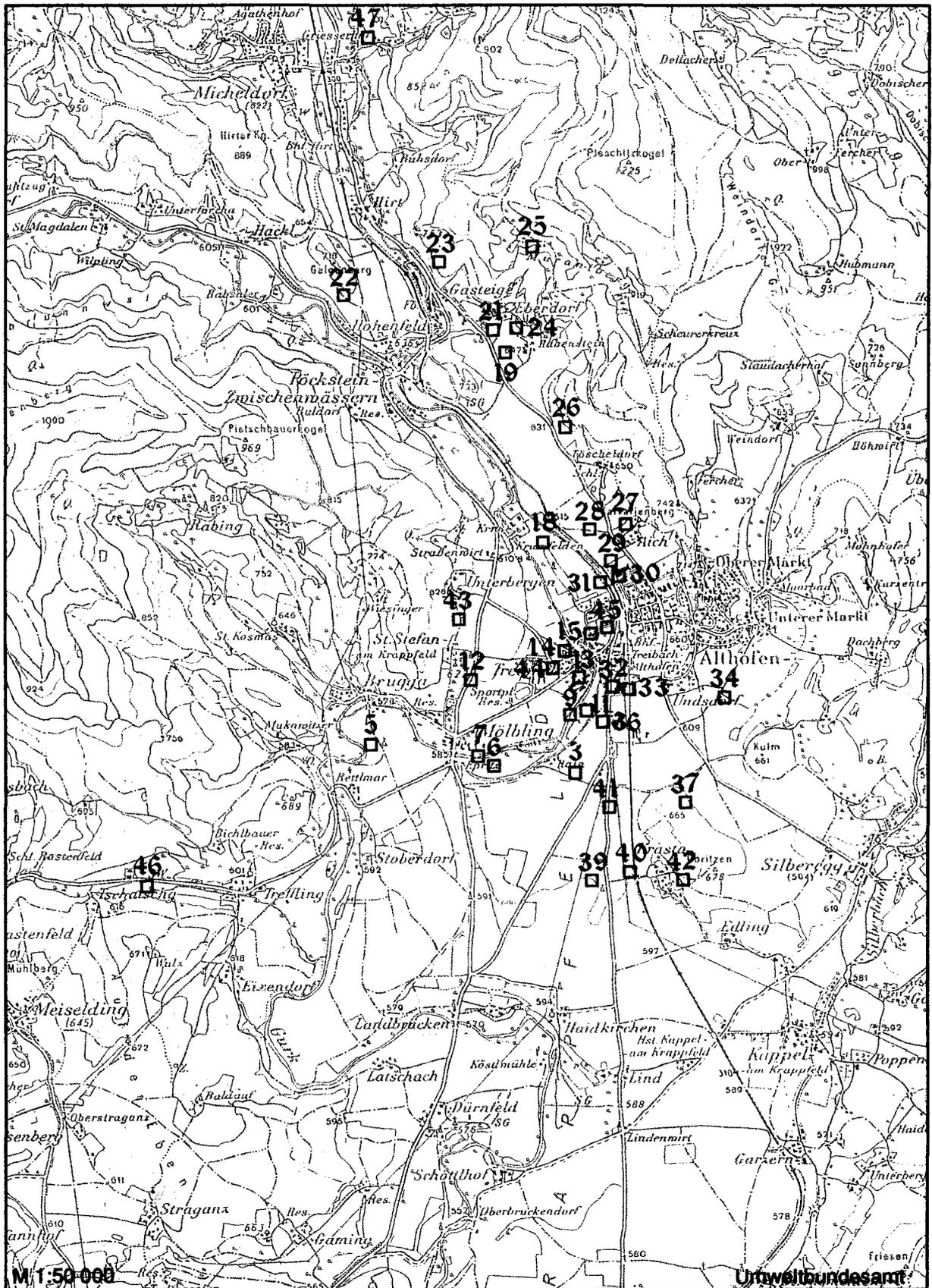


Abb. 22: Probennahmepunkte für Bodenuntersuchungen

Tab. 14. Schadstoffe in landwirtschaftlich genutzten Böden (in mg/kg⁻¹); Waldböden s. Tab. 24; Gartenböden s. Tab. 27

Standort	Datum	Pos.Nr.	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	V	Zn
Werkküche	03.05.1988	13	-	1.785	19	51	53	-	-	1395	28	240	40	102	295
Werkgr.	13.07.1988	9	-	1.238	-	35.4	76.1	-	-	-	21.1	254	53.0	53.1	85.8
West	20.07.1988	11	-	0.757	-	37.8	105.9	-	-	-	67.3	173	66.2	264.8	98.4
Schlachthof	20.07.1988	36	-	0.783	-	121.8	183.6	-	-	-	13.4	688*	104.4	469.8	147
	01.08.1988	36	< 50	0.737	15.3	81.9	108.8	44000	9378	2697	22.4	194	86.7	28.9	158.9
Krapfelderstr.	20.07.1988	32	-	0.767	-	47.9	140	-	-	-	19	167	86.3	134.3	209.1
	27.07.1988	33	-	0.302	-	37.8	102	-	-	-	6.8	91	85	103.9	143.6
Rain	03.05.1988	41	-	0.640	26	55	45	-	-	1500	11	88	55	103	155
	27.07.1988	3	-	0.664	-	37.9	197.2	-	-	-	19.3	90	75.8	75.8	161.2
TCW-Nord	01.08.1988	14	< 50	0.610	14.6	62.5	100.4	41000	8614	3693	15.4	92	57.7	16.8	111.1
TCW-Siedlung	03.05.1988	15	-	0.695	17	69	50	-	-	3050	26	143	75	169	150
St. Stefan	20.07.1988	12	-	0.327	-	38.5	174.5	-	-	-	0.8	131	76.9	28	114
Möbiling	13.07.1988	7	-	0.375	-	44	45	-	-	-	< 1	38	47.1	37.7	98.9
	20.07.1988	6	-	0.375	12	34	40	-	-	1285	5	37	40	72	115
	27.07.1988	7	-	0.207	-	21.6	80.1	-	-	-	2.1	60	47	47	110.9
Philips	06.07.1988	30	-	0.292	-	29.2	107.1	-	-	-	5.8	178	68.1	48.7	116.8
	27.07.1988	29	-	0.259	-	29.8	114.3	-	-	-	2.2	67	79.5	49.7	131.2
	01.08.1988	31	< 50	0.505	18.2	67.4	96.7	45000	9971	1337	6.1	78	72.2	9.6	158.8
Undsdorf	03.05.1988	34	-	0.375	28	38	55	-	-	1420	3	37	70	64	150
KW-Krumfelden	20.07.1988	18	-	0.280	-	40	177.9	-	-	-	2.7	180	139.9	60	116.9
Aich	03.05.1988	27	-	0.410	36	48	55	-	-	1405	5	82	40	96	135
	01.08.1988	28	< 50	0.420	14.5	58	76.3	39000	8709	1242	3.2	53	72.5	12.1	130.5
Brugga	06.07.1988	5	-	0.269	-	86.5	136.5	-	-	-	4.2	-	48.1	67.3	105.7
Krasta	03.05.1988	39	-	0.335	11	44	65	-	-	1270	9	52	40	80	140
	27.06.1988	42	-	4*	-	54	111	-	-	-	8	84	109	86	278
	01.08.1988	40	< 50	0.428	15.8	63.2	84.1	59000	8762	1162	4.5	79	72.9	14.6	136.1
Eberdorf	06.07.1988	21	-	0.335	-	59.1	129.9	-	-	-	2	625*	68.9	68.9	143.7
	03.05.1988	24	-	0.475	26	93	70	-	-	1480	4	65	50	112	170
	01.08.1988	19	< 50	0.377	23.1	119	107.6	53000	12036	1180	1.4	67	49.6	19.8	133.9

* Diese Werte sind unwahrscheinlich (inhomogene Probe?) und daher nicht in die Abbildungen aufgenommen. Sie werden vom Umweltbundesamt zu einem späteren Zeitpunkt überprüft.

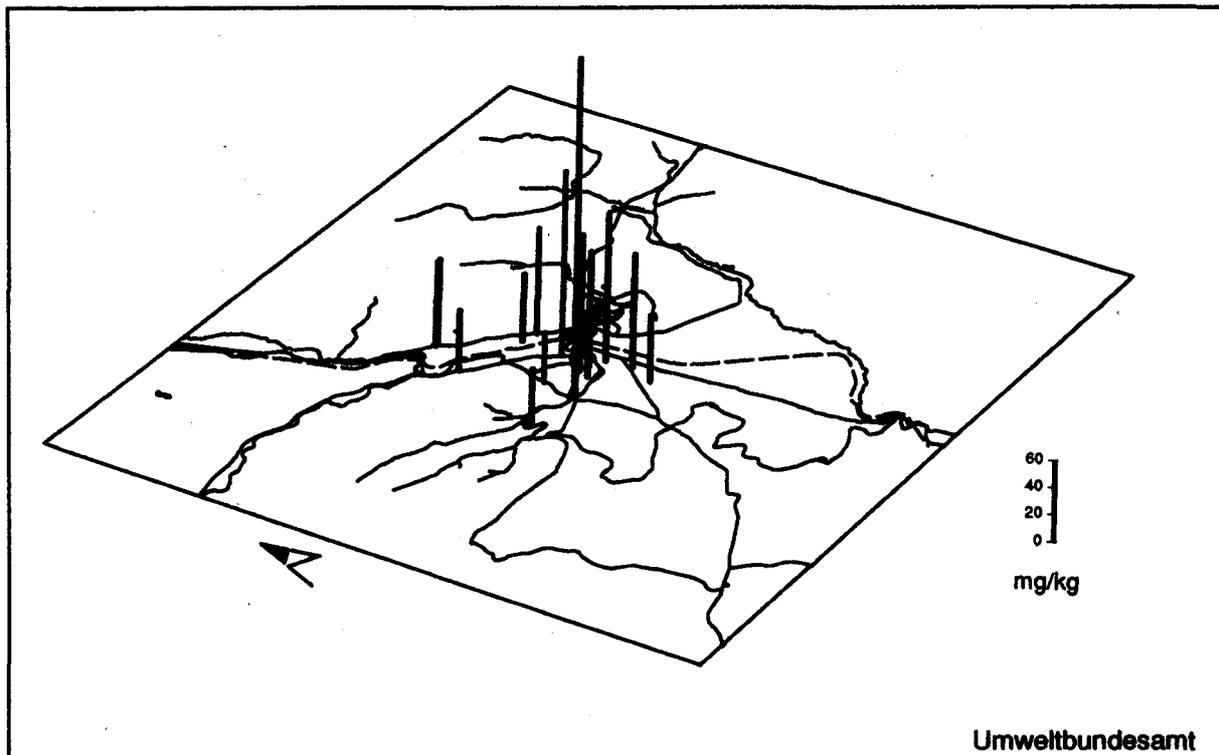


Abb. 23: Nickel im Oberboden im Raum Treibach (in mg/kg)
Kartenausschnitt 12 x 16 km

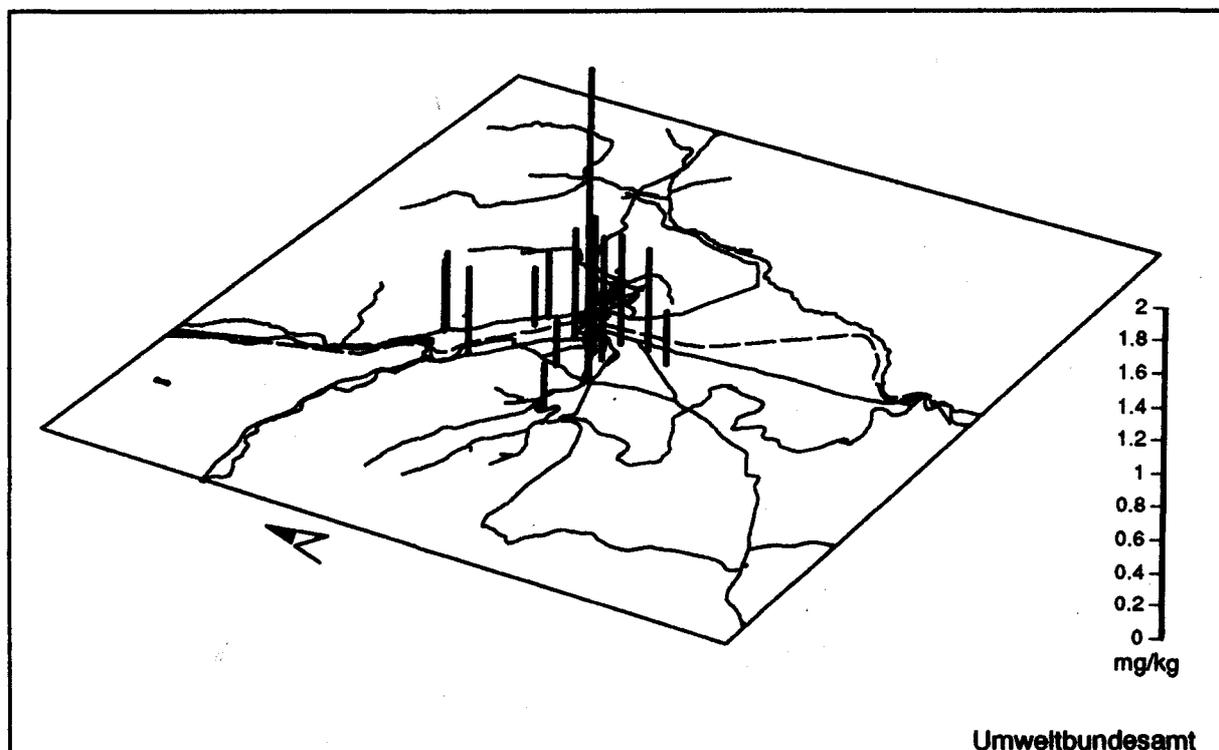
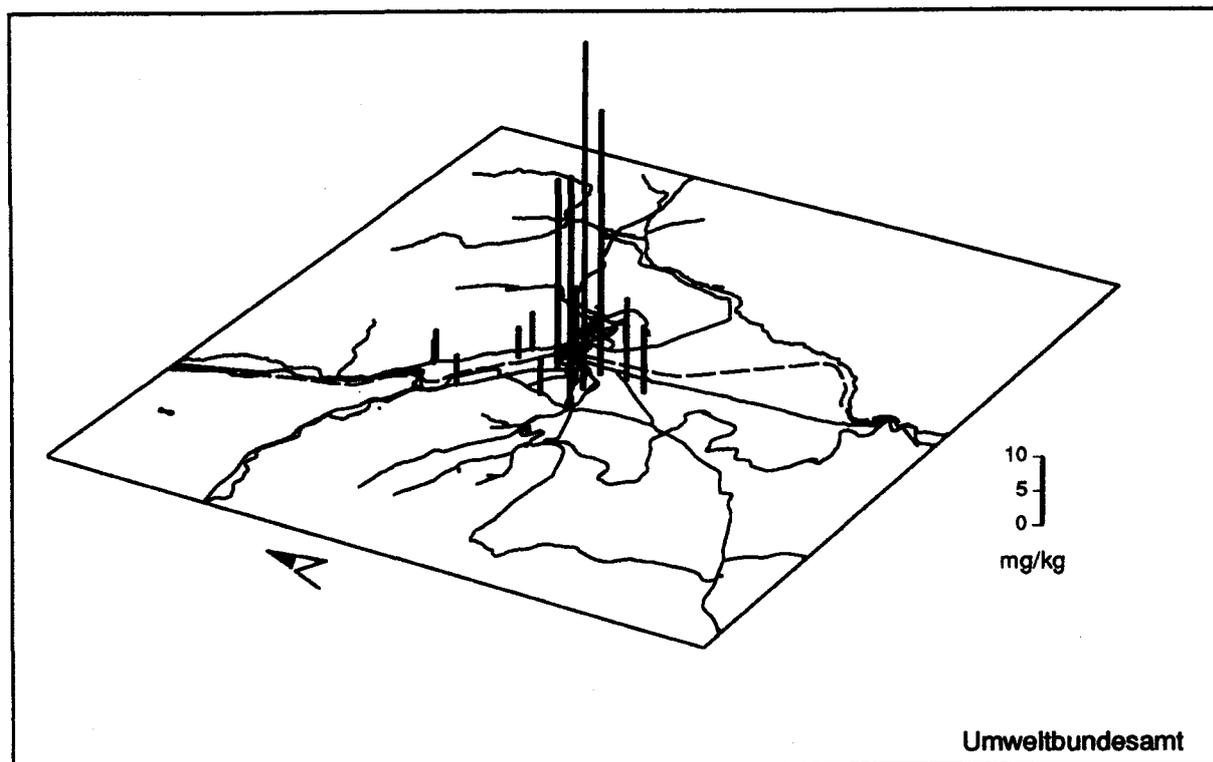
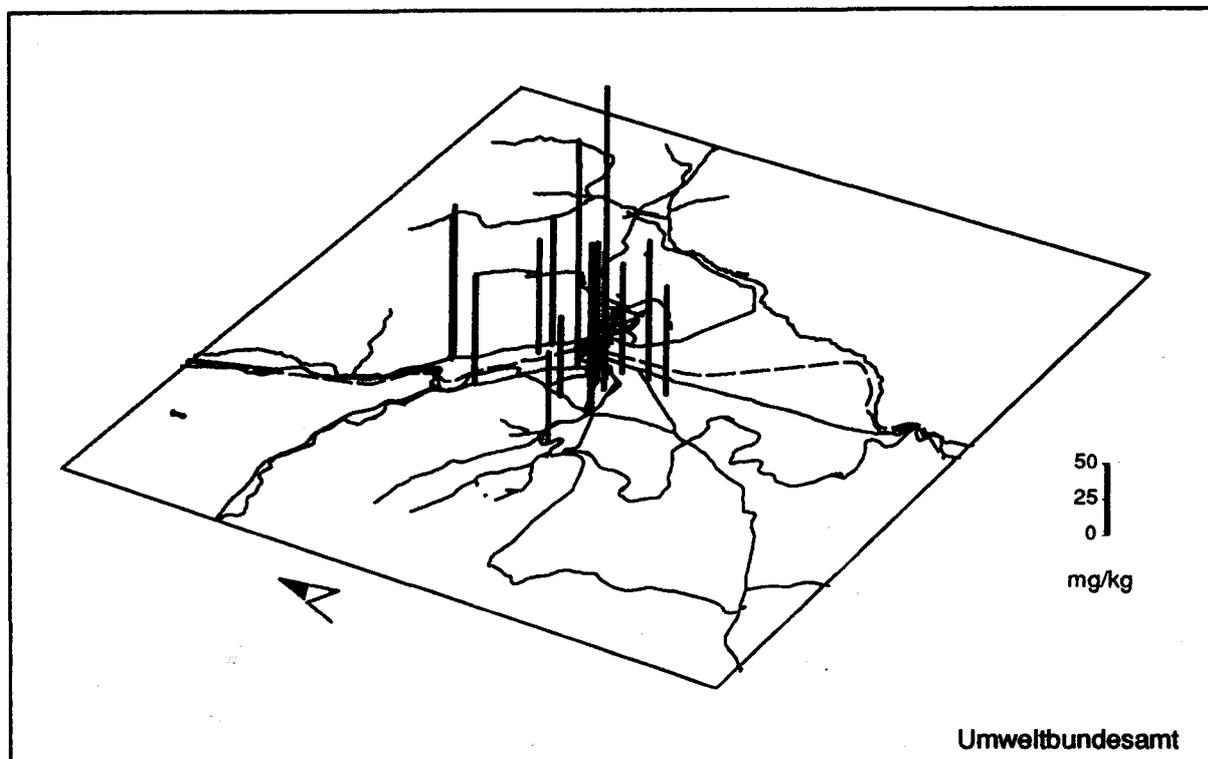


Abb. 24: Cadmium im Oberboden im Raum Treibach (in mg/kg)
Kartenausschnitt 12 x 16 km



*Abb. 25: Molybdän im Oberboden im Raum Treibach (in mg/kg)
Kartenausschnitt 12 x 16 km*



*Abb. 26: Vanadium im Oberboden im Raum Treibach (in mg/kg)
Kartenausschnitt 12 x 16 km*

Vergleich und Bewertung der Schwermetalle im Staubniederschlag und Boden

Der Vergleich der Schwermetallgehalte im Boden mit den Schwermetallgehalten im Staubniederschlag zeigt bei den Elementen Nickel, Vanadium, Molybdän und Cadmium eine gute Übereinstimmung, was auf einen Eintrag aus der Luft bei diesen Elementen hinweist. Die vergleichsweise hohen Werte im Nahbereich der Treibacher Chemischen Werke lassen diese als Verursacher erscheinen.

Die Elemente Nickel, Molybdän und Cadmium dürften für die Belastung der Umwelt in Treibach die größte Bedeutung haben. Nickel (im sauren Bereich) und Molybdän (im alkalischen Bereich) sind im Boden relativ mobil und werden von den Pflanzen aus dem Boden aufgenommen. Nickel ist eher pflanzentoxisch, während Molybdän bei Tieren zu Vergiftungen führen kann. Bei Vanadium sind im Boden ebenfalls Werte erreicht, die das Pflanzenwachstum beeinträchtigen können.

Cadmium hat humantoxikologische Bedeutung. Die Werte im Boden und Staubniederschlag sind allerdings bei diesem Element nicht so hoch, daß kritische Gehalte in landwirtschaftlichen Produkten und im Tierfutter zu erwarten sind.

Die hohen Gehalte einiger Schwermetalle im Staubniederschlag und im Boden ließen eine Untersuchung von landwirtschaftlichen Produkten auf Schwermetalle notwendig erscheinen.

Dies gilt für Produkte aus dem Ackerbau (im "Krappfeld" wird hauptsächlich Getreide, Mais und Futtererbse angebaut), aber auch für Grünlandfutter und Vieh, da in den Randbereichen des Gebietes auch Viehwirtschaft betrieben wird. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß aus früheren Jahren eini-

ge Untersuchungen über Molybdänvergiftungen bei Haustieren vorliegen.

4.4 Schadstoffe in landwirtschaftlichen Produkten

Es wurden in der aufgrund eines meteorologischen Gutachtens bekannten Hauptwindrichtung neben den Staubniederschlagsmeßstellen des Amtes der Kärntner Landesregierung Gras- und Bodenproben genommen und die Grasprobenahme zwei- bis dreimal wiederholt. Bei der Analyse von Gras auf B, F, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, V und Zn ergaben sich besonders bei F, Mo, Ni und V zum Teil sehr hohe Werte. Im Boden wurden Cd, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, V und Zn analysiert, wobei vor allem Mo, Ni und V überhöhte Werte aufwiesen. Beim Vergleich von Staubniederschlag (Werte vom Amt der Kärntner Landesregierung), Boden und den Grasschnitten ist ein eindeutiger Zusammenhang der Medien zueinander und eine hohe Korrelation der Schadstoffkonzentration zur Werksnähe gegeben.

In einer Reihe von Grasproben konnten deutliche Konzentrationserhöhungen nachgewiesen werden. Diese sind offensichtlich auf Emissionen der TCW zurückzuführen. So wurde beim 2. Schnitt an den Standorten "Eberdorf" und "Werksküche" der angenommene Grenzwert für Futtermittel von 0.5 – 1.0 mg Cd/kg TG (88% TM) laut Futtermittelverordnung des Landes Nordrhein-Westfalen (1.10.1987) und der laut SAUERBECK (1985) kritische Wert für Tierfutter im Fall der Probenahmestelle "Werksküche" um nahezu das Doppelte überschritten.

Auch am Standort "Schlachthof", dieser liegt wie die beiden vorher genannten Standorte ebenfalls sehr nahe dem Werk, konnten ca. 30 mg/kg TG Chrom

im 2. Schnitt festgestellt werden. Die Chrombelastung am Standort "Krappfelderstraße" liegt ebenfalls mit ca. 10 mg/kg TG noch weit über den Pflanzennormalgehalten (lt. SAUERBECK, 1985). Darüber hinaus erscheinen die Werte von Molybdän, Nickel und Vanadium aufgrund ihrer Höhe bedenklich.

In zirka 40 % aller Proben werden die von SAUERBECK (1985) angeführten kritischen Werte für Tierfutter überschritten.

In der folgenden Tabelle werden gemessene Konzentrationen in den einzelnen landwirtschaftlichen Produkten dargestellt. Die Lage der einzelnen Probenahmeplätze ist in der Abbildung 27 enthalten.

4.4.1 Erbsen

Es wurden sowohl Kraut (gewaschen und ungewaschen) als auch die Samen (Erbsen) untersucht. Die Probenahme erfolgte am 16. Juli 1988 an den Standorten "Brugga", "Eberdorf" und "Philips".

Mit Ausnahme geringfügig erhöhter Bleikonzentrationen, die sich im Bereich von 0,2 bis 0,7 mg/kg Trockengewicht bewegen, sind keine auffälligen Belastungen feststellbar (Richtwert 1979 des Bundesgesundheitsamtes Nordrhein-Westfalen für Fruchtgemüse: 0,2 mg Blei/kg TG).

Die Meßergebnisse sind in der folgenden Tabelle (Tab. 15) dargestellt.

Tab. 15: Stoffkonzentrationen in Erbsen (Angaben in mg/kg bezogen auf das Trockengewicht, Standortnummern siehe Abb. 27)

	B	Cd	Co	Cr	Cu	F	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	V	Zn
<i>Standort: Brugga 1</i>														
Kraut	17.2	0.02	0.09	0.81	5.7	1.1	135	1634	20.2	6.7	1.9	0.2	0.64	17.3
Kraut (w)	19.3	0.02	0.05	1.11	6.5	1.1	87	1913	21.3	7.5	1.0	0.4	0.23	25.1
Samen	9.0	<0.01	<0.03	0.28	9.0	<1.0	83	1523	11.6	6.2	3.2	0.2	0.04	49.3
<i>Standort: Eberdorf 21</i>														
Kraut	20.8	0.02	0.24	1.36	8.2	<1.0	309	2419	29.0	3.0	2.7	<0.1	1.02	30.6
Kraut (w)	23.5	0.02	0.05	0.8	9.6	<1.0	106	2718	25.6	3.7	0.9	0.3	0.15	39.3
Samen	11.5	0.02	0.07	0.53	13.9	<1.0	229	2084	16.6	3.3	2.3	<0.1	0.06	71.3
<i>Standort: Philips 30</i>														
Kraut	16.7	0.04	0.17	1.02	5.9	1.3	188	1961	25.7	7.9	4.9	<0.1	1.97	24.0
Kraut (w)	18.6	0.06	0.12	2.30	6.9	<1.0	128	2324	30.1	6.7	5.3	0.7	0.84	26.6
Samen	10.7	0.02	0.05	0.23	11.6	<1.0	78	1554	14.1	5.6	4.5	<0.1	<0.03	58.3
<i>w: gewaschen</i>														

4.4.2 Gerste

An den Standorten "Mölbling", "Rain", "Krappfelderstraße" und "Philips" wurden Gerstenkörner untersucht.

Die Probenahme erfolgte am 27. Juli 1988.

Tab. 16: Stoffkonzentrationen in Gerstenkörnern. (Angaben in mg/kg bezogen auf das Trockengewicht, Standorte siehe Abb. 27)

Standort	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	V	Zn
7 Möbling	0.2	0.02	<0.03	0.14	3.4	31	1099	9.6	3.8	0.5	<0.1	0.11	21.7
3 Rain	0.4	0.05	0.05	0.33	3.2	113	1249	13.2	16.8	1.2	<0.1	1.03	23.9
33 Krappfelderstr.	1.5	0.03	<0.03	0.85	5.9	30	1466	14.3	4.8	0.9	0.1	0.50	53.2
29 Philips	0.6	0.01	0.03	0.22	5.4	33	1145	12.9	7.5	0.9	0.1	0.31	30.5

4.4.3 Weizen

Weizenuntersuchungen wurden nur an den Standorten "Brugga" und "Schlachthof" durchgeführt. Dabei wurden am

werksnahen Standort "Schlachthof" für praktisch alle Elemente erhöhte Konzentrationen festgestellt. Die Probenahme erfolgte am 27. Juli 1988.

Tab. 17: Stoffkonzentrationen in Weizen. (Angaben in mg/kg bezogen auf das Trockengewicht, Standorte siehe Abb. 27)

Standort	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	V	Zn
2 Brugga	0.6	0.05	0.04	0.46	2.7	30	1156	25.0	2.5	0.5	<0.1	0.41	20.4
10 Schlachthof	2.3	0.07	0.05	2.05	3.4	40	1423	38.1	13.0	4.9	<0.1	1.80	28.5

4.4.4 Hafer

Hafer wurde an sechs (Korn) bzw. zwei (Stroh) Standorten untersucht. Die Probenahme erfolgte am 1. August 1988.

Der werksnahe Standort Schlachthof zeigte für einige Elemente (Chrom, Molybdän, Nickel und Vanadium) gegenüber der Umgebung erhöhte Werte.

Tab. 18: Stoffkonzentrationen in Hafer. (Angaben in mg/kg bezogen auf das Trockengewicht, Standorte siehe Abb. 27)

Standort	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	V	Zn
<i>Korn:</i>													
19 Eberdorf	1.1	0.03	0.03	0.10	3.2	30	1031	49.3	2.6	3.7	0.2	0.10	24.4
28 Aich	0.6	0.02	<0.03	0.10	2.3	28	979	30.4	2.0	0.9	<0.1	0.10	16.1
31 Philips	0.6	0.01	<0.03	0.12	4.5	35	1137	39.8	4.1	2.8	<0.1	0.35	33.1
14 TCW-Nord	0.9	0.05	0.04	0.13	3.6	32	1120	60.5	3.0	4.8	<0.1	0.35	27.2
36 Schlachthof	1.3	0.02	0.07	0.91	2.9	28	991	36.7	16.6	7.1	0.1	4.29	19.1
40 Krasta	0.6	0.04	0.12	0.17	2.9	32	1140	35	19.1	4.8	0.2	0.47	21.5
<i>Stroh:</i>													
36 Schlachthof	4.1	0.10	0.48	9.13	2.0	95	925	37.7	47.5	49.8	0.6	37.63	15.0
40 Krasta	1.5	0.09	0.31	2.43	1.6	53	513	17.5	18.5	32.5	0.9	8.90	8.4

4.4.5 Mais

Die Maisuntersuchungen wurden an zwei Standorten durchgeführt, wobei auch hier am werksnäheren Standort deutlich höhere Konzentrationen gemessen wurden. Die Probenahme erfolgte am 13. Juli 1988.

Obwohl Maisblätter nicht als "Lebensmittel" in Frage kommen, erscheinen die Chrom- und Cadmiumwerte sehr hoch.

Im Fall von Cadmium, Molybdän und Nickel überschreiten sie häufig jedenfalls auch die für Tierfutter in Diskussion stehenden Grenzwerte. Für die meisten (Cadmium, Chrom, Vanadium, Molybdän, Nickel) der untersuchten Schwermetalle gilt, daß die gewaschenen Proben niedrigere Werte als die ungewaschenen lieferten, was auf einen Eintrag aus der Luft in Form von Trockendepositionen hinweist (siehe Tab. 19).

Tab. 19: Stoffkonzentrationen in Mais (Blätter), (Angaben in mg/kg bezogen auf das Trockengewicht, Standorte siehe Abb. 27)

Standort	B	Cd	Co	Cr	Cu	F	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	V	Zn
8 Möbling	4.4	0.10	0.05	0.80	9.2	<1.0	116	2238	47.5	4.7	3.3	0.9	0.68	20.8
Möbling (w)	3.8	0.07	0.03	0.70	11.2	<1.0	104	2272	46.3	4.0	4.8	0.6	0.42	23.3
9 TCW-														
West	7.1	1.48	3.18	4.08	11.2	76.8	197	2711	96.5	119.3	201.9	4.2	14.28	24.6
TCW-														
West (w)	4.5	0.17	1.70	1.18	9.8	39.2	124	2083	75.6	103.4	93.4	3.1	4.79	19.6

w: gewaschen

Tab. 20: An den einzelnen Standorten (s. Abb. 27) wurden jeweils folgende Produkte untersucht:

1 Erbsen	19 Hafer
2 Weizen	21 Erbsen
3 Gerste	28 Hafer
7 Gerste	29 Gerste
8 Mais	30 Erbsen
9 Mais	31 Hafer
10 Weizen	33 Gerste
14 Hafer	36 Hafer
16 Salat, Buschbohnen, Petersilie	40 Hafer
17 Salat, Buschbohnen, Petersilie	42 Salat, Buschbohnen, Petersilie

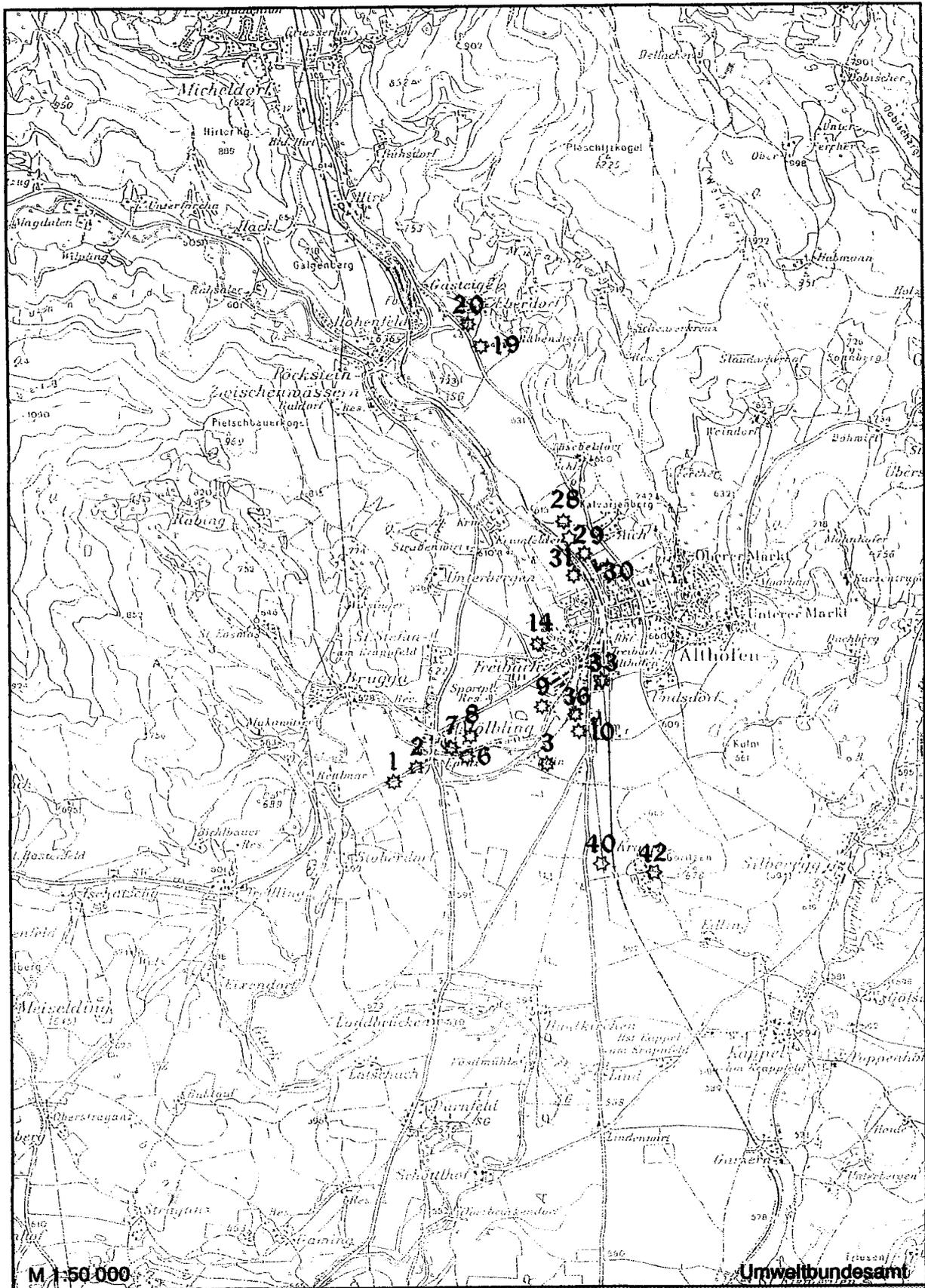


Abb. 27: Probenahmepunkte f. landwirtschaftliche Produkte und Gartenprodukte

4.5 Schadstoffe im Gras (Heu)

Jährlich wurden bis zu drei Probenahmen – den ortsüblichen Schnitterminen entsprechend – durchgeführt. Die Probenflächen, die jeweils einen Quadratmeter umfassen, befinden sich neben ausgewählten Staubbiederschlagsmeßstellen. Auf diese Weise ist ein unmittelbarer Vergleich der erhaltenen Daten möglich. Die Ergebnisse der Grasuntersuchungen sind im folgenden dargestellt.

Im Untersuchungsgebiet wurden teilweise beträchtliche Metallbelastungen der Grasproben festgestellt. Die Normalgehalte in Pflanzen (nach SAUERBECK, 1985) wurden bei einem Teil der Proben für folgende Elemente wesentlich überschritten: Cobalt, Chrom, Fluor, Molybdän, Nickel, Vanadium. Die höchsten Werte, die in einigen Fällen nahezu das 100fache der Normalgehaltsobergrenze betragen, wurden überwiegend an werksnahen Standorten gefunden (s.

Tab. 21). Für die Verwendung als Tierfutter wurden kritische Werte bei Cadmium geringfügig, bei Molybdän, Nickel und Vanadium jedoch mehrfach überschritten.

Untersucht man die Abhängigkeit der Stoffbelastung von der Entfernung zum Werk, so können für folgende Elemente Konzentrationserhöhungen mit Annäherung an das Werk festgestellt werden: Cadmium, Cobalt, Chrom, Fluor, Molybdän, Nickel und Vanadium (Signifikanzniveau $p < 0,02$).

Die Zunahme der Kupferkonzentration mit der Entfernung vom Werk ($p < 0,01$) kann aufgrund der vorliegenden Daten nicht interpretiert werden. Kupfer wird im Werk Treibach nicht in nennswerten Mengen eingesetzt. Die Berechnung der oben angeführten Korrelationen erfolgte mit dem (parameterfreien) Rangkorrelationstest nach Spearman. Der Zeitpunkt der Probenahme und der Schnitt bleiben unberücksichtigt.

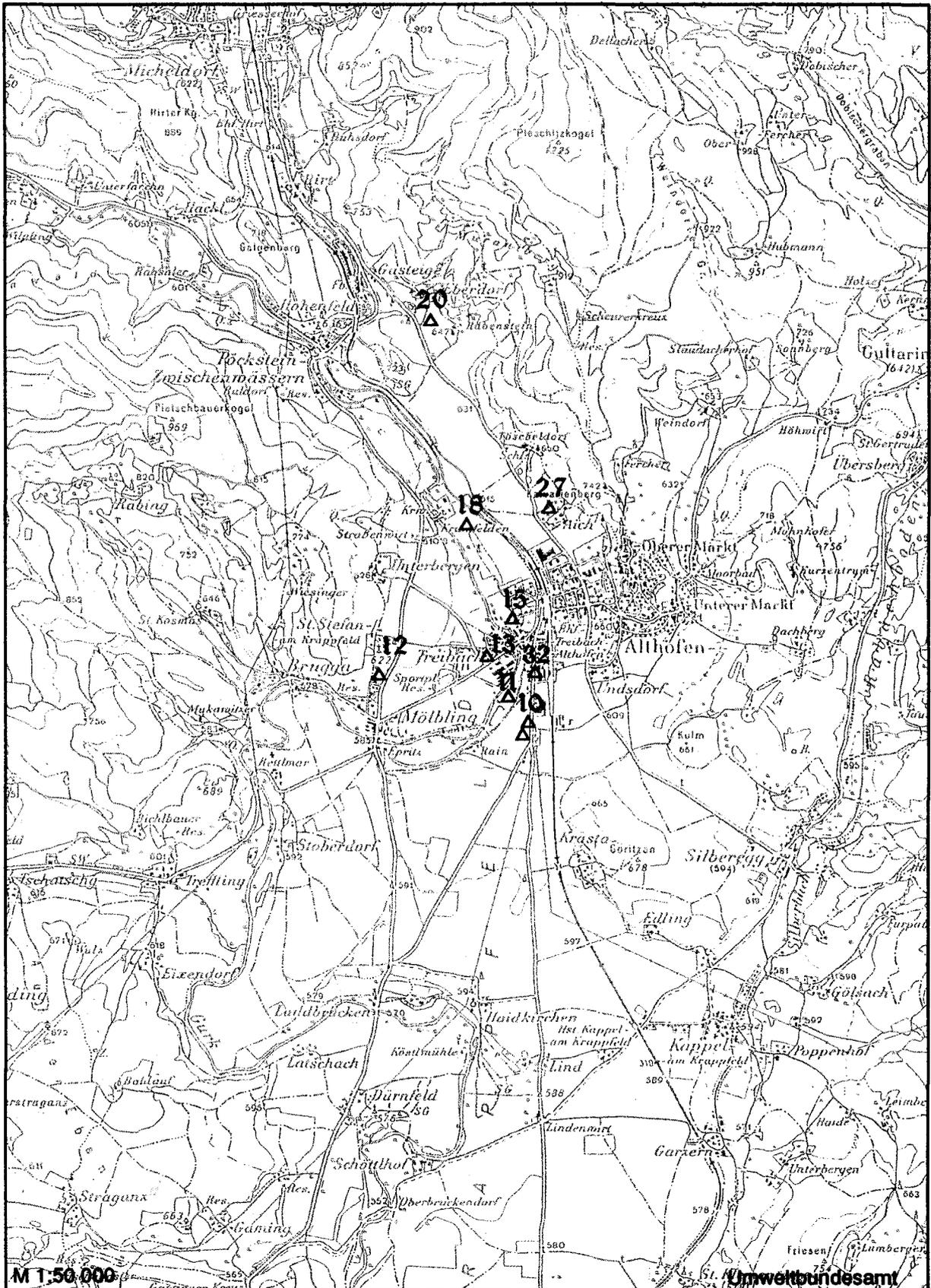


Abb. 28: Probenahmepunkte für Grünlandaufwuchs

Tab. 21: Schadstoffe im Gras (in mg.kg⁻¹); S: Probenahmezeitpunkt entspr. ortsüblichen Schnittterminen

Standort	Datum	S	F	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	V	Zn
Werksküche (13)	03.-04.05.1988	1	-	-	0.03	10	14	10	-	-	54	270	480	<1	10	59
	25.-28.06.1988	2	-	12.6	2.57	2.76	5.85	8.3	231	-	55.4	190.7	191.7	2.5	11.67	39.8
	25.-28.06.1988	2	-	12.5	1.59	1.93	2.87	6.7	137	-	36.6	176.1	119.9	1.7	6.43	34.4
	20.07.1988	2	-	11.7	1.77	1.66	3.76	8.5	123	2968	48.5	214.7	135.9	1.9	9.58	38.3
	12.06.1990				3.06	3.57	5.15	-	-	-	-	351.7	74.8	2.51	11.1	-
Werksgr.West (11)	20.07.1988	2	-	3	0.29	0.79	7.94	3.3	123	1198	49.5	240.8	56.2	3.1	77.7	15.6
	28.09.1988	3	25	6.1	0.38	1.82	10.54	7.6	272	1740	74	346.6	120.4	5	188.1	30.7
	20.07.1988	2	-	5.8	0.35	0.73	29.45	3.1	224	1047	100.6	37.7	116.7	5.8	90.5	19.2
Schlachthof	28.09.1988	3	24.4	7.7	0.35	1.96	33.26	6.1	298	1670	185	80.4	174.4	2.9	130.4	21.9
	12.06.1990				0.06	0.32	82.5	-	-	-	-	25.9	33.2	1.13	35.1	-
	20.07.1988	2	-	35.9	0.21	0.62	10.15	8.7	195	2406	78.9	97.4	43.4	1.5	17.79	35.3
	12.06.1990				0.10	0.47	13.9	-	-	-	66.7	47.5	2.1	11.1	-	
Krapfelderstr. (32)	03.-04.05.1988	1	-	-	0.085	11	15	12	-	-	158	185	380	<1	129	70
	25.-28.06.1988	2	-	5.5	0.15	0.53	1.56	4	110	-	98.5	26.5	40.7	1.2	5.99	19.6
	25.-28.06.1988	2	-	6.5	0.29	0.68	1.29	4.9	117	-	99.7	26.3	43.7	0.9	7.2	25.5
	20.07.1988	2	-	10.2	0.48	0.27	2.44	6.4	110	1607	99	18.8	41	1.3	10.23	31.8
St. Stefan (12)	28.09.1988	3	96.2	15.8	0.26	1.08	2.96	6.9	105	2100	155	18.2	46	1.8	13.8	31.9
	20.07.1988	2	-	5.6	0.18	0.24	2.04	2.8	100	1577	23	9.9	12.7	1.9	3.18	18.1
	28.09.1988	3	7.5	23.3	0.06	0.14	0.98	7.8	91	5200	47	21.1	13.6	1.7	2.6	33.7
Möbling (6)	03.-04.05.1988	1	-	-	0.095	<1	<1	12	-	-	-	79	26	<1	10	56
	20.07.1988	2	-	5	0.09	0.07	2.05	6.8	65	1970	30.4	6.1	3.8	1.9	1.28	32.2
KW-Krumfelden (18)	20.07.1988	2	-	21.7	0.11	0.14	0.92	7.9	90	2431	37.1	30.8	10.4	1.4	2.56	30
	28.09.1988	3	8.6	23.9	0.10	0.42	1.20	10	116	2910	51	54.7	40.8	1.9	4.5	31.6
	03.-04.05.1988	1	-	-	<0.005	2	3	15	-	-	76	19	56	<1	3	50
Aich (27)	20.07.1988	2	-	15.7	0.22	0.22	1.35	7.9	81	3232	60.5	13.6	14.1	0.7	2.81	25.8
	03.-04.05.1988	1	-	-	0.035	<1	6	20	-	-	106	95	50	<1	5	85
Eberdorf (20)	25.-28.06.1988	2	-	15.6	0.19	0.25	1	14.8	439	-	70.4	2.8	10.3	1.8	1	59.7
	25.-28.06.1988	2	-	16.6	0.19	0.19	0.44	14.9	352	-	67.3	3.5	7.5	2	1.03	57.8
	20.07.1988	2	-	19.3	1.17	0.12	0.63	11.1	100	3224	51.3	2.8	7.1	0.6	1.41	38.8
	28.09.1988	3	9.2	14.5	0.17	0.21	1.07	10.7	115	3880	82	7.3	20.5	1.3	3.2	39.1

Tab. 22: Korrelation von Stoffkonzentrationen im Gras mit der Entfernung zum Werk (Umschmelzanlage). Spearman-Rang-Korrelationstest; niedrigstes angegebenes Signifikanzniveau: $p < 0,02$

	Spearman R	p
Blei	–	n.s.
Cadmium	– 0,46	< 0,02
Chrom	– 0,67	< 0,002
Cobalt	– 0,70	< 0,002
Fluor	– 0,61	< 0,01
Eisen	–	n.s.
Magnesium	–	n.s.
Mangan	–	n.s.
Molybdän	– 0,76	< 0,001
Nickel	– 0,75	< 0,001
Kupfer	0,54	< 0,01
Vanadium	– 0,73	< 0,001
Zink	–	n.s.

4.6 Kontrolluntersuchungen von Grasproben im Juni 1990

Zur Abschätzung der Belastungsentwicklung wurden am 12. Juni 1990 erneut mehrere Proben gezogen, analysiert und die erhaltenen Werte mit jenen der vergangenen Jahre verglichen. Die Ergebnisse haben aufgrund des geringen Stichprobenumfangs nur orientierenden Charakter. Die angewendeten Unter-

suchungsverfahren werden in Kapitel 8 dargestellt.

Den Analyseergebnissen zufolge dürfte die Nickelbelastung im werksnahen Bereich zurückgegangen sein, während die Konzentrationen der anderen Elemente im wesentlichen unverändert geblieben sind. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 21 gemeinsam mit Daten von 1988 zusammengefaßt.

5 HAUSGÄRTEN

5.1 Untersuchungen 1988 und Kontrolluntersuchungen im Juni 1990

Da sich im Nahbereich der TCW Siedlungen mit zahlreichen Hausgärten befinden, wurden am Standort Karl-Veldner-Straße (2 Standorte) und Auer Welsbach-Straße, die wenige Hausreihen entfernt bzw. unmittelbar neben dem Werksgelände liegen sowie in Krasta, etwa 600 m südlich des Werksgeländes Pflanzen- und Bodenproben gezogen und analysiert.

Die Belastung von Pflanzen mit Schadstoffen erfolgt entweder durch äußere Ablagerung aus der Luft oder über den Boden durch Aufnahme über die Wurzeln. Für die Untersuchung wurden Salate, Buschbohnen und Petersilie ausgewählt. Alle drei Arten weisen eine große Oberfläche auf und sind daher Luftschadstoffen in besonderem Ausmaß ausgesetzt.

Durch Analysen von Boden und Wurzeln läßt sich abschätzen, ob die Belastung über den Boden oder durch Deposition auf der Pflanzenoberfläche erfolgt. Eine relativ hohe Belastung von Blättern weist auf den Belastungspfad über die Luft hin.

Zur Abschätzung der Belastungsentwicklung wurden neben den Grasproben am 12. Juni 1990 auch mehrere Gemüseproben gezogen und die Analysenergebnisse mit jenen der vergangenen Jahre verglichen. Wie auch bei den an diesem Termin gewonnenen Grasproben haben die erhaltenen Daten aufgrund des geringen Stichprobenumfangs nur orientierenden Charakter (Methoden s. Kapitel 10).

Salat wurde an drei Standorten untersucht. Da in keinem der ausgewählten Hausgärten Kopfsalat kultiviert wurde,

mußte auf ähnliche Sorten ausgewichen werden (Kaisersalat, bzw. in Krasta eine ähnliche, nicht näher bekannte Salatsorte). Alle Salatproben befanden sich zum Zeitpunkt der Probenahme in einem noch sehr frühen Wachstumsstadium (ohne deutlich ausgeprägten Kopf). Aus diesem Grund mußte auf eine Unterscheidung zwischen inneren und äußeren Teilen verzichtet werden.

Die *Buschbohnen* (Blätter) waren zum Probenahmezeitpunkt ca. 20 bis 30 cm groß und noch ohne Blüten. *Petersilie* (Blätter) konnte nur an zwei Standorten beprobt werden (Wuchshöhe 5 – 10 cm).

Die Ergebnisse dieser Untersuchung werden in Tabelle 23 und in den Abbildungen 29 – 38 dargestellt. Erhöhte Konzentrationen wurden für die nachstehenden Elemente gefunden:

Nickel: Für Nickel werden "Normalgehalte in Pflanzen" (s. Kapitel 4.4) von 0.1 bis 5.0 mg/kg TM angegeben. Die Obergrenze von 5 mg/kg wird bei fast allen Proben aus dem Jahr 1988 teilweise um ein Vielfaches überschritten, wobei die höchsten Konzentrationen in Werksnähe auftraten. Im Nahbereich des Werkes wurden 1988 noch Konzentrationen erreicht, die auch bei der Verwendung als Tierfutter als kritisch zu bezeichnen sind (s. Kapitel 4.2). Im Jahr 1990 durchgeführte Kontrolluntersuchungen wiesen deutlich geringere Nickelkonzentrationen in den untersuchten Pflanzenteilen nach. Die "Normalwerte für Pflanzen" wurden nunmehr nur bei einer Probe – geringfügig – überschritten.

Molybdän: Für Molybdän werden 0,1 bis 3 mg/kg TM als "Normalgehalt" und 10 – 58 mg/kg als "kritisch bei der Verwendung als Tierfutter" angesehen (s. Kapitel 4.4). Die angegebenen Normalgehalte wurden im werksnahen Bereich aus-

ausnahmslos überschritten und der als für Tierfutter kritische Bereich in den meisten Fällen erreicht. Die Belastungssituation dürfte sich gegenüber 1988 nicht verbessert haben (teilweise noch höhere Werte).

Vanadium: Die Vanadiumbelastung in den Pflanzen erreichte 1988 in einigen Fällen kritische Konzentrationen, war aber 1990 bereits deutlich geringer.

Wie ein Vergleich der Standorte (auch bei den anderen in diesem Gebiet durchgeführten Untersuchungen) zeigt, müssen die TCW als Hauptverursacher der aufgezeigten Belastungen angesehen werden. Die unterschiedliche Belastung von Außen- und Innenblättern bei den stärker belasteten Salatpflanzen (Kopfsalat) macht es wahrscheinlich, daß die Schadstoffaufnahme überwiegend direkt auf dem Weg der Deposition, und nicht indirekt über den Boden erfolgt. In diesem Fall ist nach der Reduktion der Emissionen mit einer relativ raschen Verbesserung der Belastungssituation zu rechnen. Die auffällige Verringerung der Nickelbelastung in den Pflanzen werksnaher Hausgärten dürfte dies bestätigen.

Die immer noch hohe Belastung der Hausgärten, insbesondere auch der mögliche Anstieg der Molybdänkonzentration, macht eine Fortsetzung der Untersuchungen notwendig.

Von einer Interpretation der Schadstoffbelastung der Gartenerde (s. Abb. 29 – 38) wurde abgesehen, da die gemessenen Werte stark von den (sehr unterschiedlichen) Bodenbehandlungen (zusätzlicher Eintrag durch Mineraldüngung, Kompost usw.) abhängen können.

Maßnahmen zur Senkung der Schadstoffaufnahmen

Von den gemessenen Schadstoffkonzentrationen erscheint vor allem die Nickelbelastung in Gartenprodukten bedenklich.

Als Sofortmaßnahme zur Senkung der Schadstoffaufnahme der Bevölkerung über Produkte der Hausgärten wurde bereits 1988 – nach der Vorlage eines Zwischenberichtes durch das Umweltbundesamt – ein Merkblatt für die Bevölkerung von den lokalen Behörden gemeinsam mit dem Umweltbundesamt und dem medizinischen Gutachter Prof. Kofler ausgearbeitet und verteilt. Dabei wurde auf Pflanzen hingewiesen, die unter den gegebenen Bedingungen besser zu kaufen, als aus dem eigenen Garten zu verwenden wären. Wo es möglich ist, die Belastung einzelner Produkte durch geeignete küchentechnische Maßnahmen zu reduzieren, wurden entsprechende Hinweise gegeben.

In dem betroffenen Gebiet erfolgt die Belastung vorwiegend durch Staubbiederschlag und in geringerem, aber keineswegs zu vernachlässigendem Ausmaß, indirekt über den Boden. Demzufolge ist die Verwendung von Pflanzen mit einer sehr großen, ungeschützten Blattoberfläche zu vermeiden (z.B. die meisten Kohlsorten, Spinat, Salat, Rapunzel). Wo die darunterliegenden Schichten durch abdeckende Blätter geschützt sind, kann, wenn diese bei der Zubereitung weggelassen werden, die Schadstoffaufnahme reduziert werden. Gründliches Waschen sämtlicher Gartenprodukte ist jedoch in allen Fällen zu empfehlen.

Das Ausmaß der Schadstoffaufnahme über den Boden hängt sehr stark von der Pflanzenart ab. Rapunzel (Feldsalat), Spinat, Kohlarten und Kartoffeln gelten als besonders hoch belastet.

In Wurzelgemüse (Karotten, Rettich, Sellerie usw.) ist die Belastung vergleichsweise geringer.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in Tabelle 23 (nach Standorten geordnet) sowie in den Abbildungen 29 – 38 (nach Elementen geordnet) dargestellt.

Tab. 23: Schadstoffe in Produkten von Hausgärten

Untersuchungen 1988**Standort Karl-Veldner-Straße A**

	B	Cd	Co	Cr	Cu	F	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	V	W	Zn
Haupt Salat														
außen	33	0.49	1.6	8.3	8.2	18.5	3141	149	16	42	9	16	6	34
innen	25	0.39	0.3	1.3	6.3	4.1	401	39	4	5	1	2	<5	46
Boden	-	0.31	-	25.9	123.5	-	-	-	14	61	166	78	-	113

Petersilie

Blätter	24	0.09	2.4	3.0	6.8	9.5	965	3891	48	12	15	5	6	18
Wurzeln	14	0.06	38.1	2.2	6.9	-	536	2643	28	3	2	4	1	14
Boden	-	0.34	-	41.6	100.3	-	-	-	-	9	63	114	76	127

Buschbohnen

Blätter	14	0.09	3.3	2.1	5.1	6.2	303	5436	51	25	24	2	6	21
Wurzeln	9	0.27	31.9	8.0	9.5	-	3989	3849	159	29	9	8	8	42

Standort Auer Welsbach Straße

	B	Cd	Co	Cr	Cu	F	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	V	W	Zn
Endivien Salat														
außen	46	0.37	0.7	2.7	5.9	4.5	902	64	16	20	1	4.5	<5.0	20
innen	33	0.34	0.3	1.3	7.6	3.9	394	41	11	22	1	3.1	<5.0	35
Boden	-	0.33	-	36.2	88.1	-	-	-	6	62	59	48.8	-	119

Petersilie

Blätter	22	0.08	7.4	3.4	7.0	9.4	1243	4751	54	16	18	3.4	5.9	23
Wurzeln	18	0.08	24.3	2.8	9.5	-	848	4147	45	7	4	1.9	1.9	19

Buschbohnen

Blätter	22	0.10	7.7	3.7	6.3	8.6	533	4603	63	59	45	2.9	9.4	24
Fisolen	15	0.02	6.8	2.5	5.2	-	122	3113	21	26	5	0.5	0.4	85
Wurzeln	10	0.20	28.3	6.4	9.6	-	4071	3586	131	44	8	8.4	9.3	27
Boden	-	0.38	-	37.5	85.4	-	-	-	6	68	69	59.2	-	124

Standort Krasta

	B	Cd	Co	Cr	Cu	F	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	V	W	Zn
Haupt Salat														
außen	18	0.15	4.3	4.8	8.1	16.7	3384	68	2	11	3	4.0	-	99
innen	22	0.33	3.7	4.2	8.6	15.4	2453	108	7	21	8	6.5	-	61

Petersilie

Blätter	19	0.09	2.5	0.9	5.9	5.9	336	25	4	4	1	0.8	-	29
Wurzeln	14	0.13	11.1	2.3	7.5	-	996	37	2	2	2	2.9	-	31

Buschbohnen

Blätter	13	0.11	2.9	2.0	7.5	15.1	1126	83	22	9	4	2.9	-	48
Wurzeln	11	0.32	24.7	3.1	14.9	-	1502	64	43	5	3	12.8	-	87
Boden	-	4.00	-	54.0	111.0	-	-	-	8	84	109	86.0	-	278

Untersuchungen 1990

	Cd	Co	Cr	Mo	Ni	Pb	V
Standort Karl-Veldner-Straße A							
Salat	0.78	0.16	0.52	16.4	1.90	0.66	1.1
Buschbohnen (Kraut)	0.05	0.31	1.10	89.7	6.83	1.34	2.3
Petersilie	0.23	0.21	1.07	69.3	1.89	1.11	1.5
Boden	0.51	18.3	103.5	1.75	83.9	63.0	101.9

Standort Karl-Veldner-Straße B

Salat	0.44	0.22	1.52	16.3	3.48	1.05	1.9
Buschbohnen (Kraut)	0.05	0.43	1.69	50.0	4.10	1.85	3.1
Boden	0.43	19.6	102.0	2.64	67.1	55.6	99.7

Standort Krasta

Salat	0.12	0.10	0.69	3.8	1.45	0.67	1.1
Buschbohnen (Kraut)	0.05	0.38	3.29	20.7	4.15	2.68	4.6
Petersilie	0.04	0.08	0.80	12.3	1.70	1.01	1.4
Boden	0.78	15.8	91.8	1.46	66.5	59.9	106.1

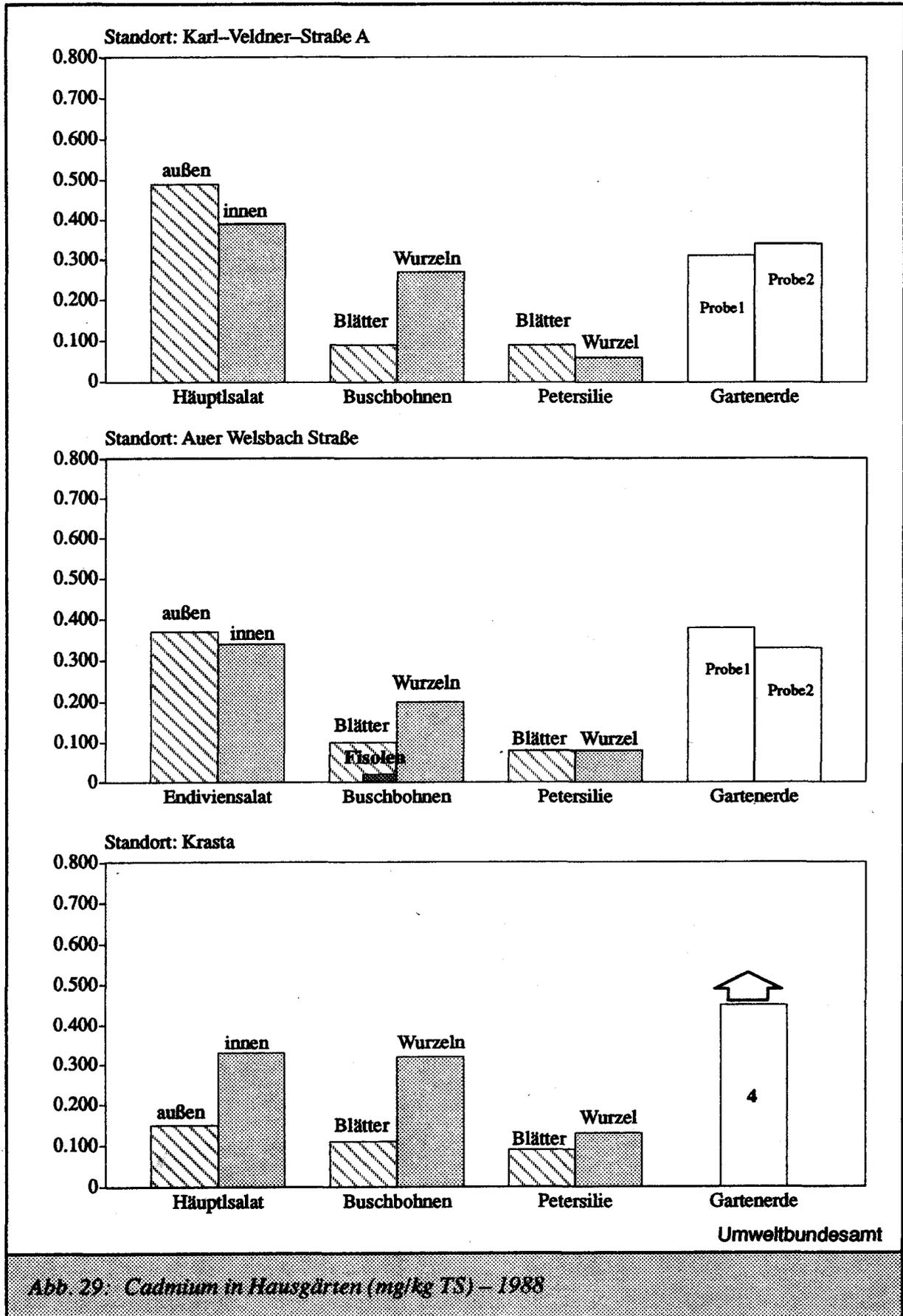


Abb. 29: Cadmium in Hausgärten (mg/kg TS) – 1988

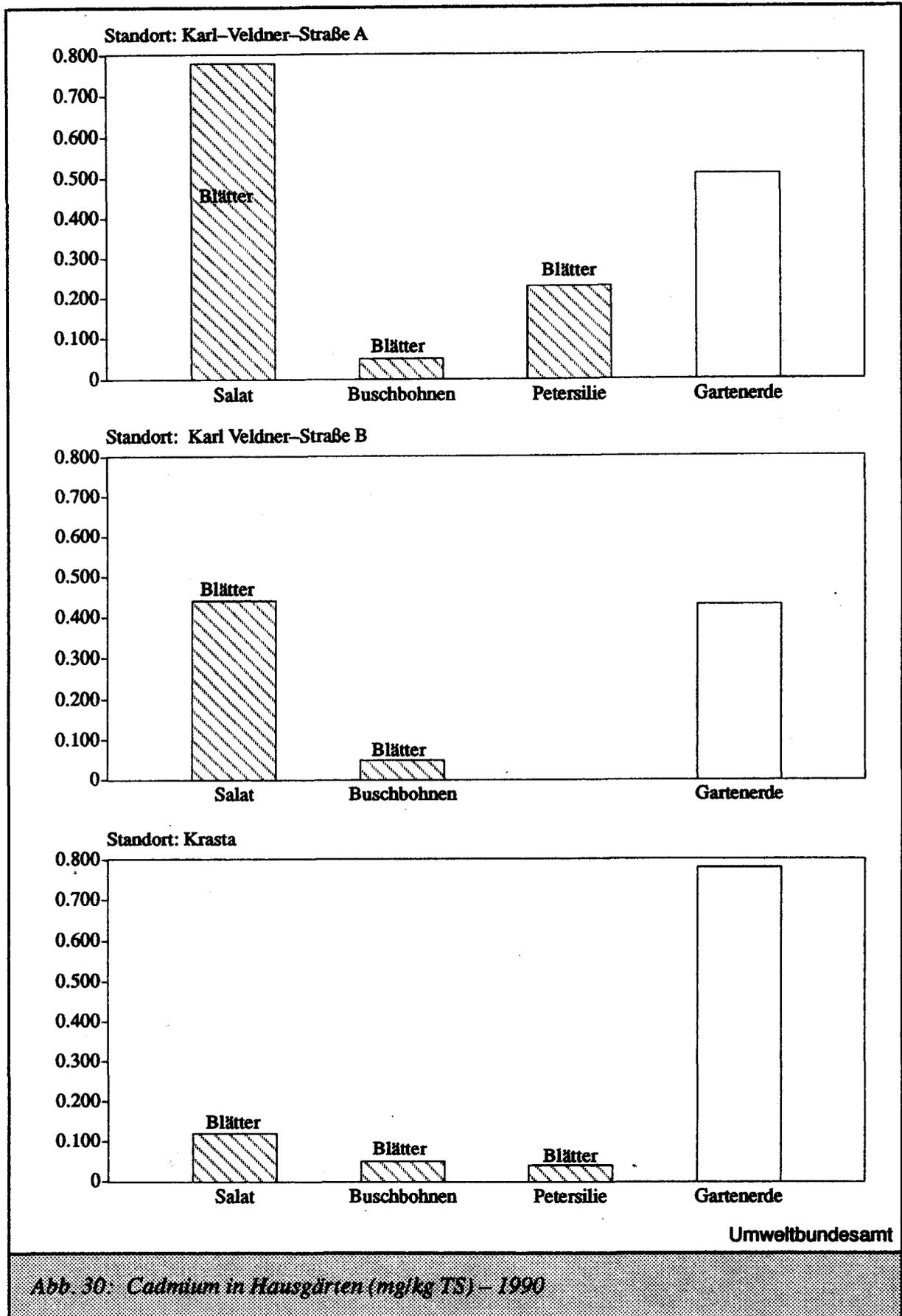


Abb. 30: Cadmium in Hausgärten (mg/kg TS) – 1990

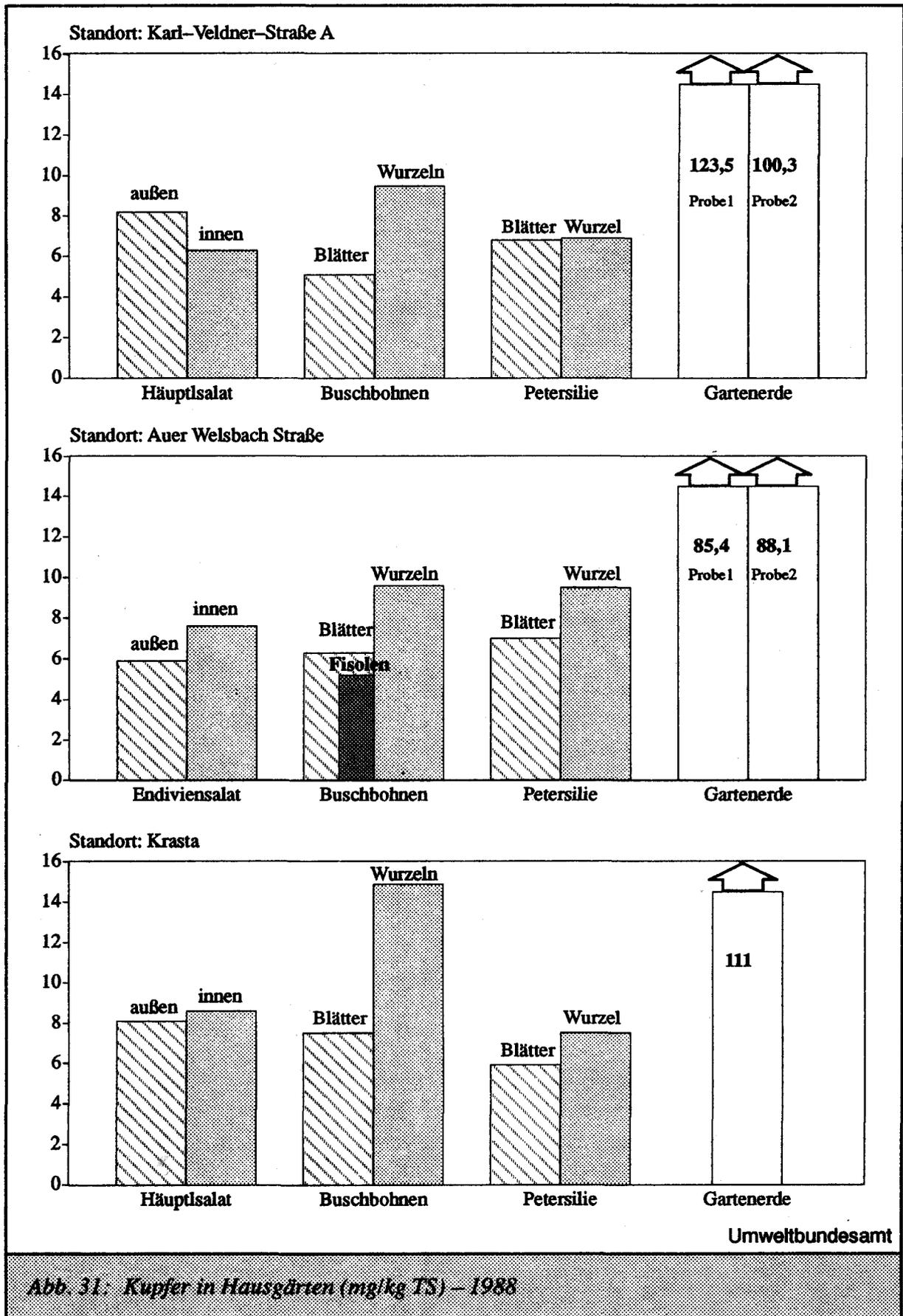


Abb. 31: Kupfer in Hausgärten (mg/kg TS) – 1988

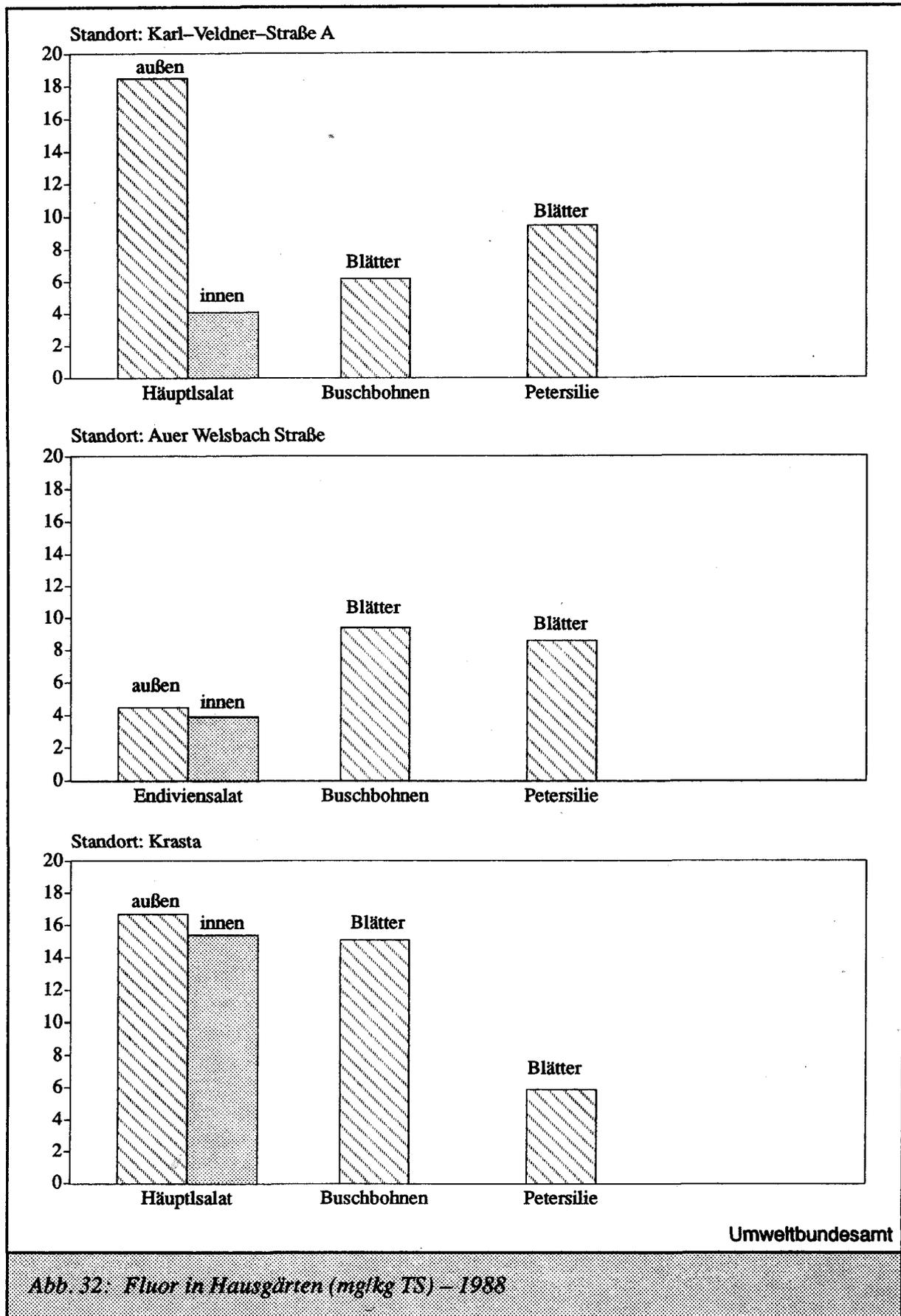


Abb. 32: Fluor in Hausgärten (mg/kg TS) – 1988

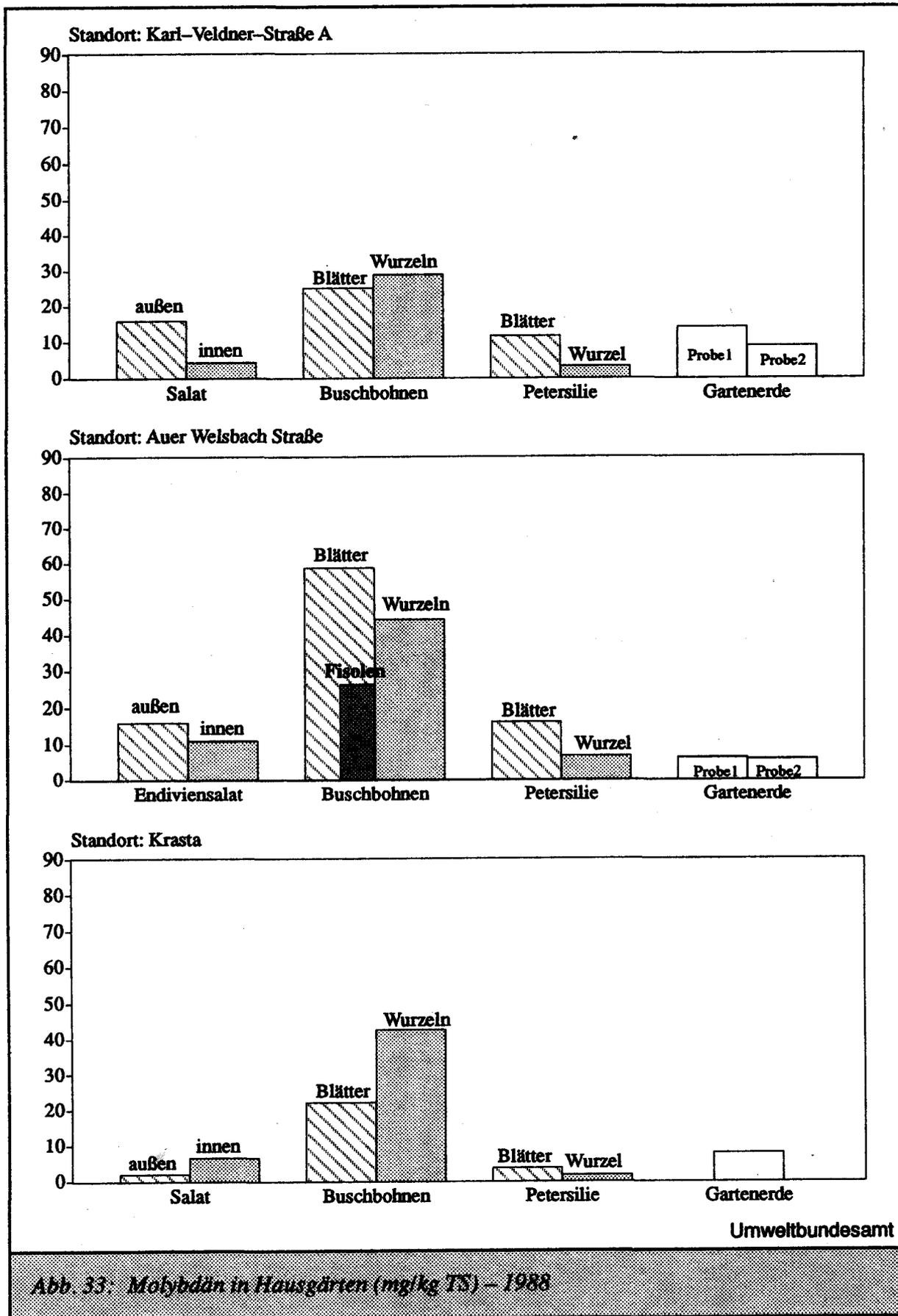
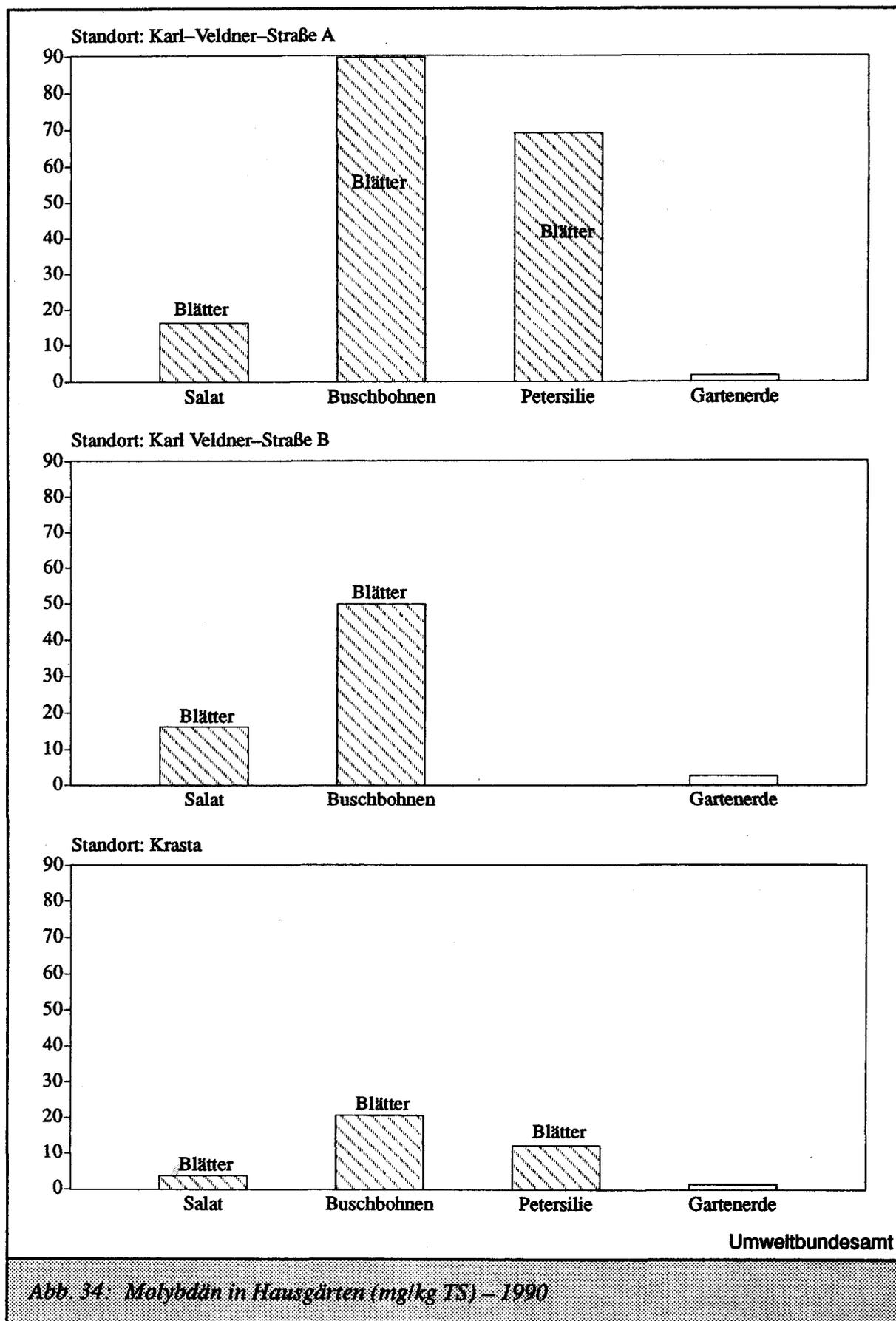
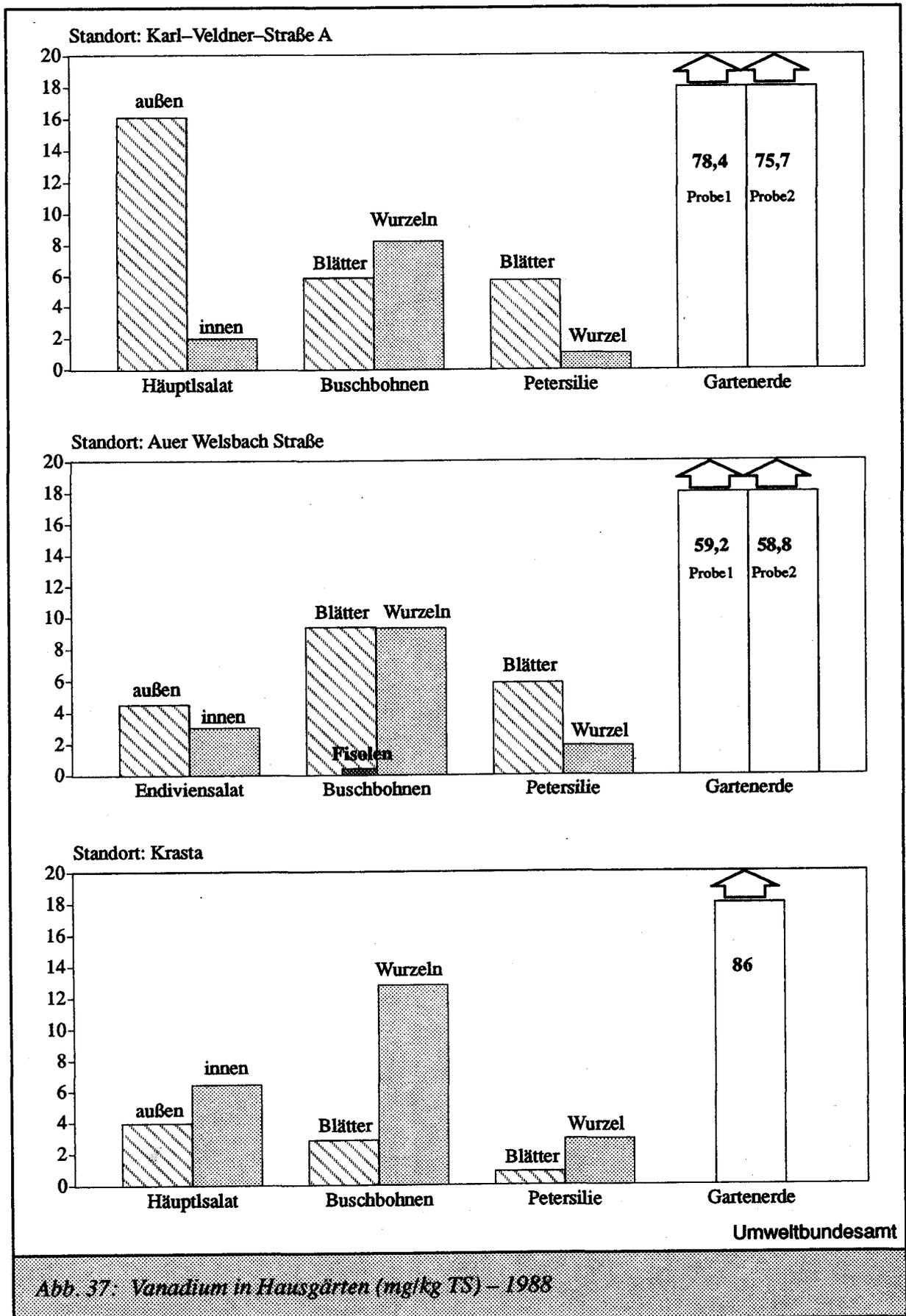


Abb. 33: Molybdän in Hausgärten (mg/kg TS) – 1988





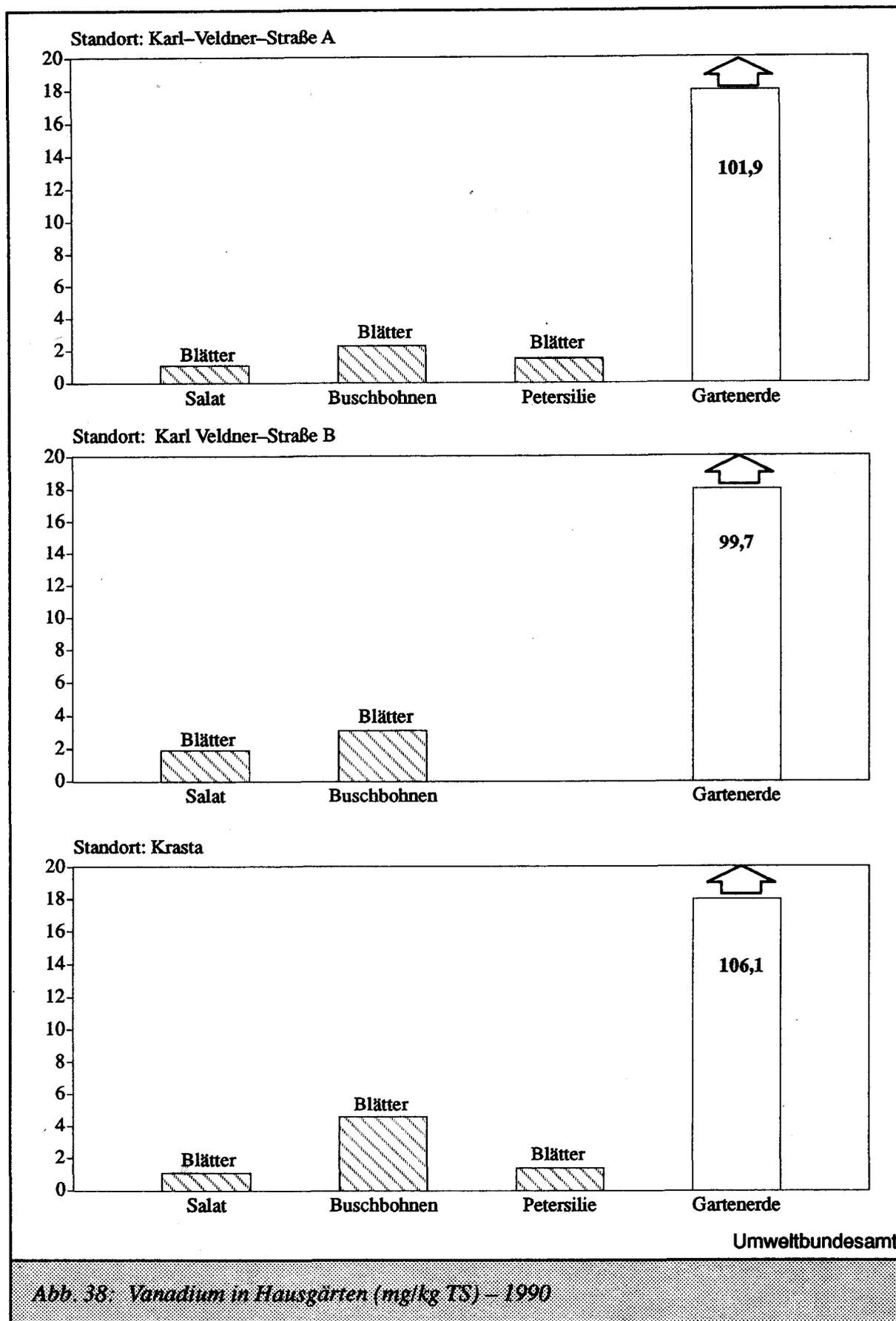


Abb. 38: Vanadium in Hausgärten (mg/kg TS) – 1990

6 WALD

Waldausstattung

Der politische Bezirk St. Veit/Glan ist in zwei Forstbezirke unterteilt. Das Untersuchungsgebiet gehört zur Bezirksforstinspektion Friesach, die eine Gesamtfläche von 90 533 ha umfaßt, wovon 56 417 ha (62 %) bewaldet sind.

Der nördliche Teil liegt im zwischenalpinen Fichten-Tannenwaldgebiet, der südliche Teil im randalpinen Fichten-Tannen-Buchenwaldgebiet (Waldgebiete nach MAYER, 1974). Durch jahrhundertelange Kahlschlagwirtschaft und Beweidung sowie überhöhte Wilddichten in den letzten Jahrzehnten hat sich die natürliche Baumartenzusammensetzung stark zugunsten der Fichte und zu Lasten der Mischbaumarten verändert, was auch die aktuelle Baumartenverteilung im Wirtschaftswald in der BFI Friesach zeigt.

Fichte	82.4 %
Lärche	7.5 %
Kiefer	4.8 %
Tanne	0.5 %
Buche	0.2 %
Sonstige	4.6 %

Die Waldausstattung und örtliche Verteilung der Waldflächen entspricht laut Waldentwicklungsplan des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft im großen und ganzen den Bedürfnissen, ausgenommen das Krappfeld (KG Krasta), wo aufgrund der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung nur mehr 20 % der Gesamtfläche bewaldet sind; in dieser Region ist eine weitere Waldverminderung nicht mehr vertretbar; im Hinblick auf die Landeskultur und Erhaltung der Bodengüte wäre hier eine gezielte Waldanreicherung (z.B. durch Windschutzstreifen) angebracht.

Bedeutung des Waldes

Der politische Bezirk St. Veit/Glan gehört zu den walddreichsten Gebieten Österreichs und fällt insbesondere durch die überdurchschnittliche Massenleistung der Wälder auf.

Land- und Forstwirtschaft sowie holzbe- und weiterverarbeitende Betriebe stellen einen bedeutenden Wirtschaftsfaktor im Bezirk St. Veit/Glan dar. Gebietsweise sind im Bezirk St. Veit an der Glan hier über die Nutzfunktionen hinaus auch noch die Schutz-, Wohlfahrts- oder Erholungswirkung von Wäldern oder Waldteilen von Bedeutung.

Belastungen des Waldes

Der Raum Treibach und Umgebung steht schon seit Jahrhunderten unter dem Einfluß von industrieller Produktion. Im Jahr 1780 war das Werk Treibach mit einer Erzeugung von 1.100 bis 1.200 Tonnen Eisen die bedeutendste Eisenhütte des europäischen Kontinents (SMETANA und DAUSCHAN, 1980). Es ist deshalb anzunehmen, daß der Wald im Raum Treibach schon seit langer Zeit dem Einfluß von Immissionen ausgesetzt ist; zum anderen führte der große Holzkohlebedarf zur Eisenerzeugung zum Kahlschlag von mehreren tausend Hektar Wald, was sich bis heute auf die Struktur und Zusammensetzung des Waldes auswirkt.

Aktuelle Waldschäden

Im Krappfeld und insbesondere im Raum zwischen Hirt und Treibach-Althofen kam es im letzten Jahrzehnt zu einem vermehrten Auftreten von Schadenssymptomen an Waldbeständen. Die Schäden zeigten sich zunächst durch eine auffällige Braunfärbung der Nadeln, die in der Folge abgeworfen wurden.

Das führte zu Kronenverlichtungen in einem unnatürlichen Ausmaß. In den Jahren 1985 und 1986 mußten wegen der eklatanten Schadenszunahme in der Katastralgemeinde Töschelsdorf auf insgesamt 1.5 ha Waldfläche Kahlschläge durchgeführt werden.

Zuwachsverluste

Die Studien- und Beratungsgesellschaft Österreichischer Waldbesitzer (STUGES) führte im Jahr 1987 im Auftrag des "Vereines Geschädigter Waldbesitzer" im Krappfeld Voruntersuchungen durch, die klären sollten, ob durch Bohrkernanalysen von Baumstämmen ein Einfluß von Emissionen der TCW nachgewiesen werden konnte.

Es wurden nach Ausscheidung von ungeeigneten Stämmen und Flächen auf 13 Probeflächen 64 Bohrkern untersucht; danach konnten drei Typen von Flächen unterschieden werden.

Typ 1: Nullflächen

Hier wurden keine Zuwachsdepressionen festgestellt.

Zu diesem Typ zählen die Flächen mit den Positionsnummern 43, 46, 49 und 53.

Typ 2: Zuwachsdepression durch Chlor- und eventuell Schwermetallemissionen seit der 1. Hälfte der Dekade 1970.

In diese Kategorie fallen die Flächen mit den Positionsnummern 37, 48, 50 und 38 (hier gab es offensichtlich schon länger Vorbelastungen).

Typ 3: Zuwachsdepression seit 1960. Als Verursacher wird von der STUGES das Funderwerk angenommen, dazu eine weitere Verstärkung in der 1. Hälfte der Dekade 1970 durch Zusammenwirken von Funder und TCW. Seit

1980 kam es durch den Wegfall der Funderemissionen zu einer leichten Erholung, die Zuwächse lagen aber immer noch signifikant unter den Werten der Nullflächen. Hierher gehören die Flächen mit den Positionsnummern 25, 51 und 52.

Die Studie stellte im Raum Treibach-Althofen Zuwachsverluste fest, die auf die TCW als Verursacher hinweisen. Zu einer eindeutigen Zonierung und wertmäßigen Beurteilung der Schäden wären aber weitere Untersuchungen erforderlich.

6.1 Schwermetalle in Waldökosystemen

Wälder sind aufgrund ihrer großen tätigen Oberfläche besonders dem Eintrag von Luftverunreinigungen ausgesetzt. Unter diesen kommt den Schwermetallen eine besondere Rolle zu. Eine Reihe von ihnen sind essentielle Mikronährstoffe für Pflanzen (Cu, Mn, Fe, Zn, Mo), bei deren Fehlen es zu Mangelercheinungen kommen kann; für alle Schwermetalle gilt, daß sie bei zu großer Konzentration pflanzentoxisch wirken. Mit zunehmendem anthropogenen Eintrag werden in mitteleuropäischen Waldböden Schwermetallkonzentrationen erreicht, die in besonders exponierten Gebieten bereits im pflanzentoxischen Bereich liegen können (GLATZEL, 1985). Schwermetalle werden infolge ihrer großen Affinität für Humus- und Fulvosäuren vor allem im Auflagehumus von Waldböden angereichert. Schon durch geringe Eingriffe oder Änderungen der Umweltbedingungen kann dieser Schwermetallpool in sehr kurzer Zeit mobilisiert werden (MAYER, 1981). Der Anteil von organisch gebundenen Schwermetallen ist abhängig vom pH-Wert. Ein Absinken des pH-Wertes

durch Bodenversauerung, bedingt durch Schwefeldioxid oder andere saure Luftschadstoffe, führt bei den meisten Schwermetallen zu einer Freisetzung; dadurch werden sie pflanzenverfügbar und unterliegen der Gefahr einer Auswaschung in tiefere Schichten.

Ein weiteres Gefahrenmoment liegt darin begründet, daß Schwermetalle – im Gegensatz zu organischen Verbindungen – nicht abbaubar sind. Es ist daher, auch nach dem Wegfall der Schwermetalldeposition noch mit langdauernden negativen Auswirkungen zu rechnen.

Schadwirkungen von Schwermetallen

GODBOLD et al. (1985) fanden bei Laborversuchen mit Fichtenkeimlingen einen Zusammenhang zwischen der Belastung durch Zn, Pb, Cd und Hg und einem Rückgang des Sproß- und Wurzelwachstums, wobei die Reihenfolge der Toxizität wie folgt festgestellt wurde: Hg > Pb > Cd > Zn. Auch eine Verringerung des Chlorophyllgehaltes in den Nadeln unter dem Einfluß von Zn, Cd und Hg trat auf. Cadmium und Blei hemmen Photosynthese und Respiration (MAYER, 1981).

Die Konzentrationen, ab denen eine direkte Hemmwirkung auf Fichtenpflanzen zu erwarten ist, dürften stark vom pH-Wert des Bodens abhängen. In stärker saurem Humus oder Mineralböden dürften diese Grenzwerte wesentlich tiefer liegen. Durch hohe Schwermetallbelastung kann es auch zu einer Hemmung

des Humusabbaus, zur Bildung mächtiger unzersetzter Auflagen und damit zur Nährstoffixierung kommen (GLATZEL, 1985).

6.2 Schwermetalle im Boden

Probenahme, Untersuchung

Die Bodenproben wurden am 4. und 5. 10. 1988 an 11 Standorten (9 Punkte des Bioindikatornetzes, 2 Punkte in Windschutzstreifen in Werksnähe) geworben. Die Lage der Probenahmepunkte ist in Abbildung 22 angegeben, die Analyseergebnisse sind in Tabelle 24 zusammengefaßt. Es erfolgte eine Aufteilung in

H	– Auflagehumus	
1	– Mineralboden	0 – 10 cm
2	– Mineralboden	10 – 20 cm
3	– Mineralboden	20 – 30 cm.

Zur statistischen Auswertung wurde das Mittel aus den 3 Schichten des Mineralbodens gebildet (alle Konzentrationsangaben bezogen auf Trockengewicht).

Schwermetalle

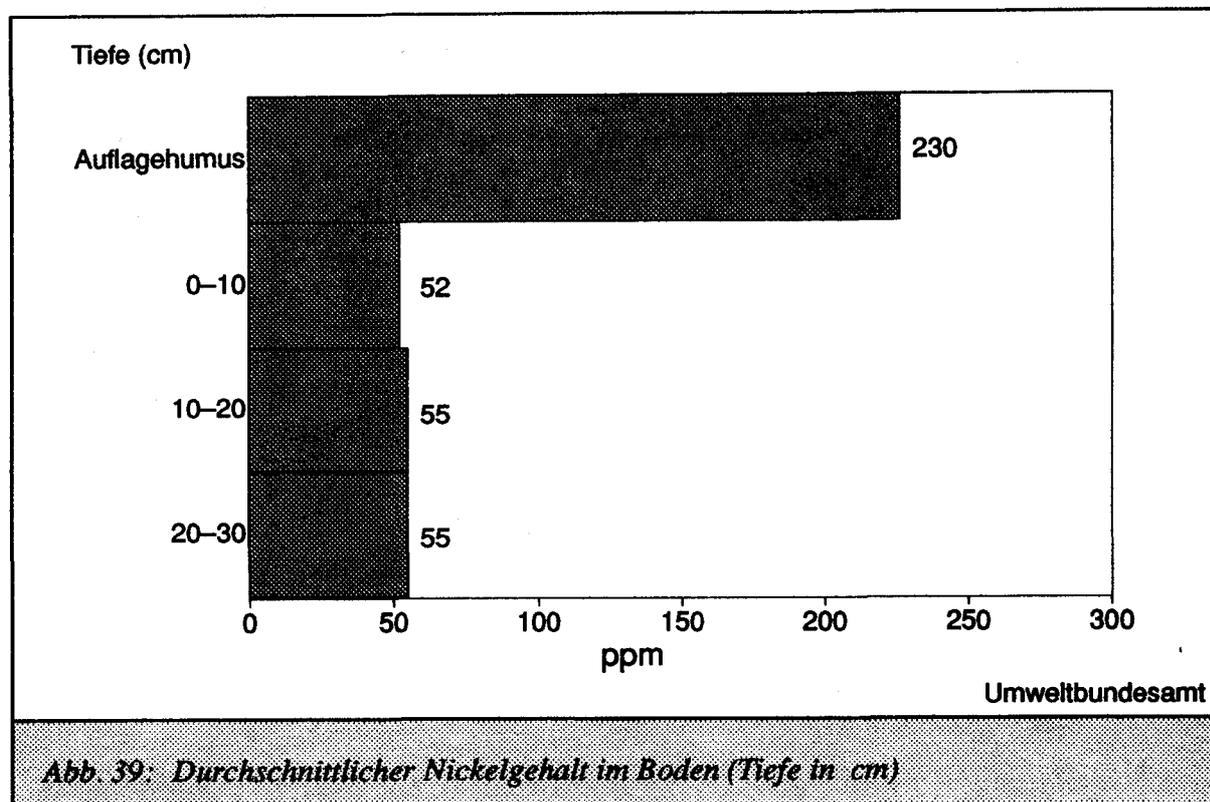
Anmerkung zu den Vergleichswerten: Obwohl es wegen der unterschiedlichen Entwicklungsdynamik und Bewirtschaftungsform problematisch ist, Waldböden mit landwirtschaftlich genutzten Böden zu vergleichen, wurden wegen der geringen Anzahl vorhandener Daten über Schwermetalle in Waldökosystemen fallweise Vergleichswerte von Kulturböden herangezogen.

Tab. 24: Schwermetalle in Waldböden, in mg/kg (TG) H: Auflagehumus Pos. Nr. siehe Abb. 22 1: Mineralboden 0–10 cm 2: Mineralboden 10–20 cm 3: Mineralboden 20–30 cm														
Pos. Nr.	Elemente													
	Ca	Cd	Cr	Co	Cu	K	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	V	Zn	
22	H	5650	1.022	25.0	11.2	16.9	1328	5354	1614	26.1	112.0	73.6	38.0	88
	1	1639	0.051	32.4	14.8	23.6	4259	8241	398	1.1	38.0	88.4	46.3	76
	2	1207	0.051	36.9	17.2	21.7	2576	9303	384	0.5	43.4	38.9	44.4	83
	3	1779	0.035	32.7	18.6	22.1	6482	9266	422	0.3	43.2	33.2	50.3	82
23	H	5841	0.99	26	9.4	16.8	3713	5811	2416	18.8	89	68.8	61	125
	1	1579	0.298	32	15.4	34.8	4967	10718	725	4.0	50	85.9	59	138
	2	823	0.298	35	35.7	42.6	6000	11019	704	2.5	55	66.4	61	143
	3	639	0.25	37	20.5	47.4	7987	11681	599	–	65	65.4	68	143
25	H	6711	1.803	30	8.5	22.0	854	3436	3185	38.6	250	133.7	72	139
	1	2158	0.895	38	19.0	30.8	1542	8703	1562	19.4	65	96.0	83	134
	2	741	0.395	36	11.4	30.1	543	8359	1205	7.9	49	43.0	58	136
	3	440	0.4	44	16.5	31.5	800	9199	1770	3.0	55	36.5	65	153
26	H	6442	1.548	92.0	16.4	18.9	387	1992	4865	58.5	353.0	99.6	103.0	81
	1	863	0.059	40.2	26.9	37.4	2603	8146	1817	1.6	52.5	95.4	53.4	109
	2	813	0.044	32.0	32.0	44.3	3892	10906	1389	0.2	62.3	81.3	66.5	110
	3	1066	0.036	30.5	24.4	48.2	1675	11835	1320	0.6	59.9	47.2	62.4	110
37	H	4784	0.893	35	9.0	17.9	794	2322	625	48	362	96	126	58
	1	1797	0.149	31	15.4	20.3	645	7236	596	5	33	59	60	69
	2	1998	0.151	34	19.1	22.6	653	6858	572	2	40	52	57	68
	3	4567	0.149	39	21.3	30.8	1390	8409	635	2	45	43	70	82
38	H	9239	1.004	34	9.0	16.6	552	2782	974	60.3	326	108.0	105	74
	1	719	0.25	36	16.0	27.0	650	7176	650	7.5	55	63.5	65	95
	2	869	0.15	41	23.0	32.9	800	9024	859	3.0	70	54.5	65	114
	3	981	0.248	39	19.8	34.7	793	10150	852	0.5	65	8.6	64	112
43	H	4011	1.212	11.0	<5.0	11.1	455	1657	505	25.8	101.0	72.7	50.0	54
	1	538	0.091	21.3	12.7	32.5	4213	8782	467	0.9	38.6	54.8	39.1	86
	2	386	0.086	31.0	15.7	37.6	2476	7619	371	0.5	44.3	54.3	44.3	99
	3	480	0.071	33.2	16.3	37.2	510	8255	592	1.2	42.9	42.3	39.3	97
44	H	5730	2.211	34.0	17.1	19.6	653	5418	1860	52.3	231.0	46.2	120.0	114
	1	2555	0.118	20.9	20.5	35.0	1136	7918	1700	2.5	49.5	48.2	62.3	93
	2	5497	0.065	40.2	19.6	35.7	2613	8150	2070	1.3	46.2	43.2	58.3	93
	3	4602	0.094	17.3	20.9	34.0	2513	8377	1791	0.4	45.0	39.8	48.7	93
45	H	5253	1.898	81.0	23.0	32.5	1198	6020	1178	203.7	589.0	56.4	326.0	109
	1	2471	0.202	39.4	20.7	45.2	3173	8490	2279	11.8	79.8	57.7	86.5	110
	2	3825	0.195	37.1	23.7	49.5	3763	7289	2691	6.3	69.6	58.2	60.3	118
	3	3718	0.107	45.1	21.8	48.1	4757	6796	2602	3.6	60.7	57.3	64.1	107
46	H	3603	0.403	7	<5.0	9.1	554	635	463	10.1	29	79.1	34	60
	1	318	0.199	20	<5.0	14.9	249	1730	119	2.0	20	44.2	37	55
	2	219	0.199	19	7.0	16.4	149	1909	209	3.5	30	30.3	39	59
	3	267	0.148	36	6.9	23.8	346	3454	168	4.9	40	32.7	51	98
47	H	5174	0.830	47	18.5	49.3	5662	9498	791	17	83	116	75	110
	1	7813	0.684	50	21.5	52.7	5615	12833	674	5	89	121	67	110
	2	6611	0.641	55	22.7	65.1	5822	12581	691	2	94	122	67	112
	3	25649	0.693	50	21.3	75.8	7279	11230	624	2	79	98	69	111

Nickel

Auffallend ist die hohe Nickelkonzentration, besonders im Auflagehumus; der höchste Wert wurde in einem Windschutzstreifen nahe des Werks mit 589 ppm gemessen; das Minimum lag bei 29 ppm (Mittelwert = 230 ppm, Median = 231 ppm). MAYER und HEINRICHS (1980) fanden im Solling im Auflagehumus unter Fichtenwald durchschnittliche Nickelgehalte von 19 ppm. Die Verteilung im Raum Treibach–Alt-

hofen folgt den Hauptwindrichtungen im Untersuchungsgebiet, mit einer deutlichen Nord–Südausrichtung und abnehmender Konzentration mit zunehmender Entfernung vom Werk. Auch der Mineralboden ist mit einem durchschnittlichen Nickelgehalt von 53.8 ppm hoch belastet (Maximum 94 ppm, Minimum 30 ppm, Median = 56 ppm). MAYER und HEINRICHS (1980) fanden im Solling durchschnittlich 18.3 ppm, HUSZ (1986) in Vorarlberger Oberböden 33 ppm.



Es konnte im Untersuchungsgebiet kein Zusammenhang zwischen dem Nickelgehalt des Mineralbodens und des Auflagehumus gefunden werden. Es ist

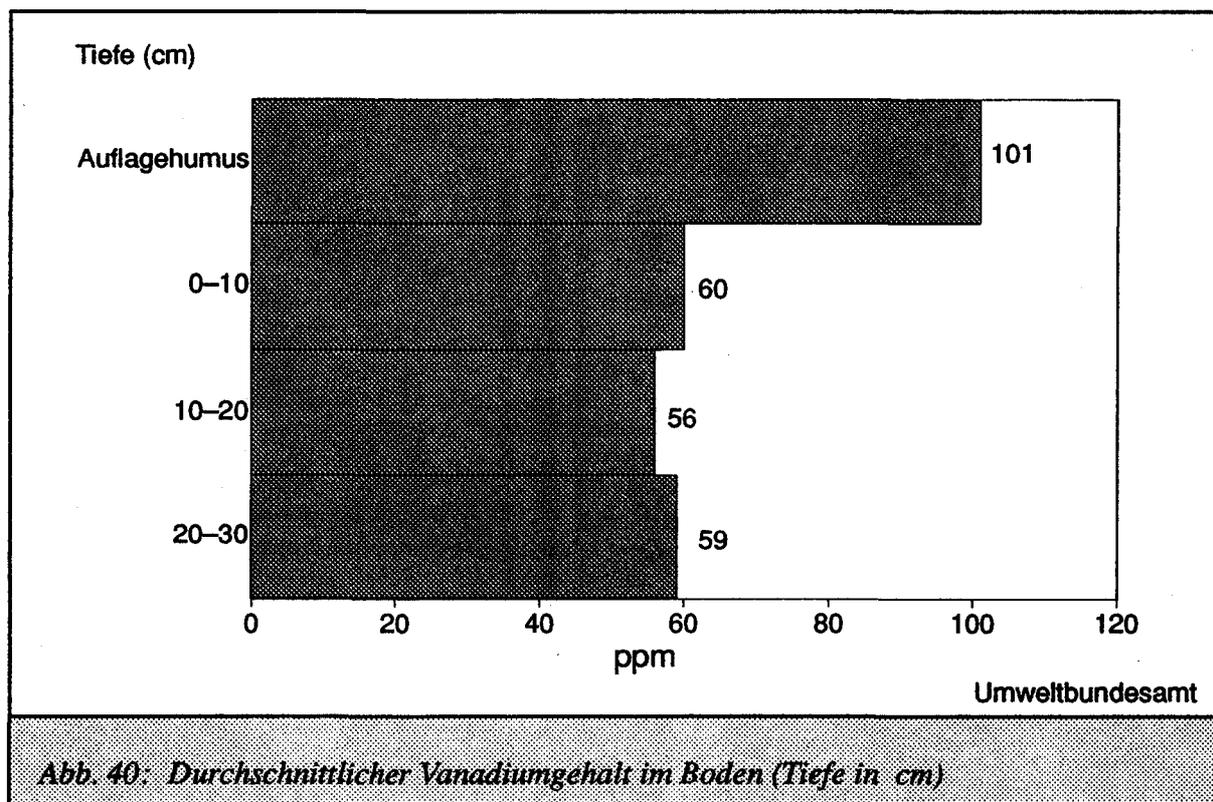
anzunehmen, daß ein Großteil des Nickels an Humussäuren und Sorptionskomplexe des Bodens gebunden ist.

Vanadium

Erhöhte Vanadiumwerte fanden sich im Auflagehumus in Werksnähe (Maximum im Windschutzstreifen mit 326 ppm, Minimum 34 ppm, Mittelwert 100.9 ppm, Median 75 ppm); der Bodengehalt an Vanadium lag zwischen 40.9 und 70.3 ppm (Mittelwert 58.5 ppm, Median

62.3 ppm). Bei der Vorarlberger Bodenzustandserhebung (HUSZ 1986) wurden im Oberboden durchschnittliche Vanadiumgehalte von 38 ppm gefunden.

Im Raum Treibach zeigte sich kein Zusammenhang zwischen dem Vanadiumgehalt von Boden und Humus.

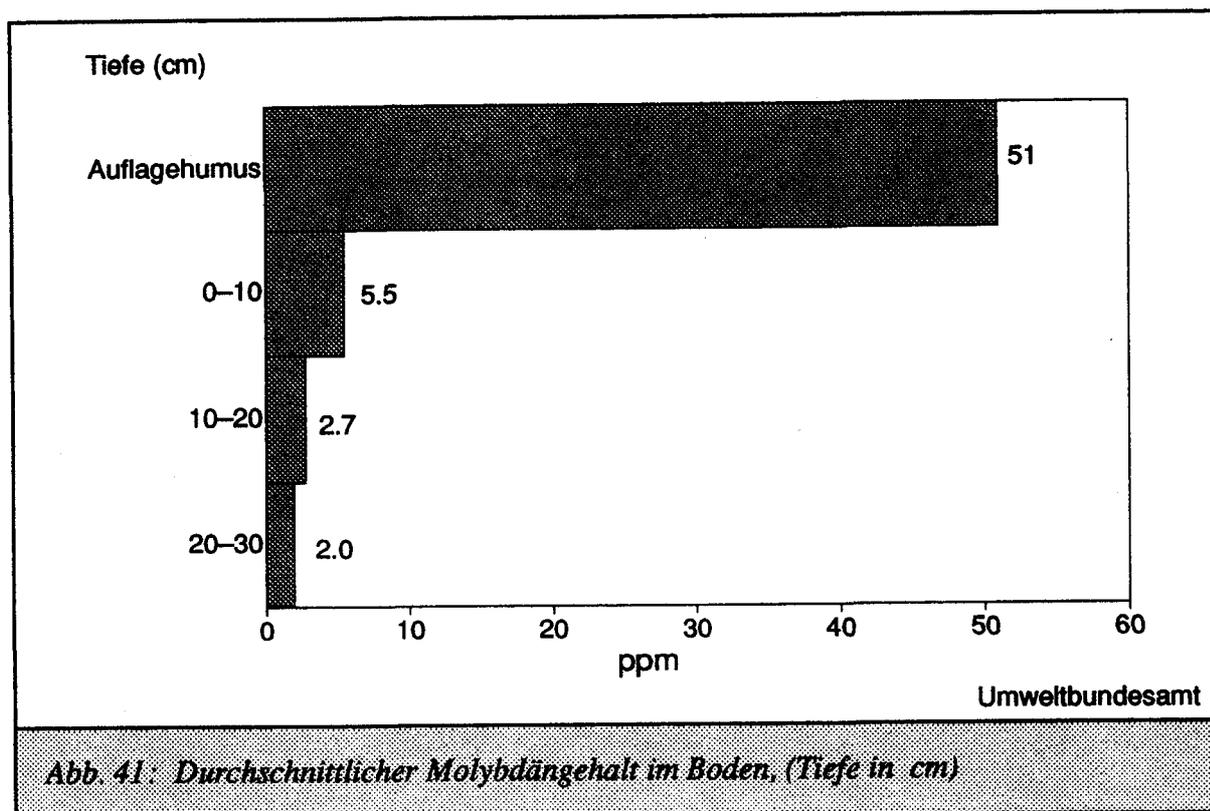


Molybdän

Auch Molybdän fand sich vor allem im Auflagehumus angereichert; der Extremwert lag auch hier im werksnahen Windschutzstreifen mit 203.7 ppm; das Minimum lag bei 10.1 ppm (Mittelwert 50.8 ppm, Median 38.6 ppm). Die Molybdängehalte im Mineralboden beweg-

ten sich zwischen 0.6 und 31.5 ppm (Mittelwert 6.0 ppm, Median 3.0 ppm). Als häufige Molybdängehalte in Kulturböden geben CRAMER et al. (1981) 0.2 bis 5 ppm an.

Es wurde im Raum Treibach kein Zusammenhang zwischen dem Boden- und Humusgehalt gefunden.



Chrom

Die Chromgehalte im Auflagehumus lagen zwischen 7.0 und 92.0 ppm (Mittelwert 38.4 ppm, Median 3 ppm); im Mineralboden wurden Werte zwischen 26.1 und 51.7 ppm (Mittelwert 35.4 ppm, Median 34.7 ppm) gefunden. Damit zeigten sich die Chromgehalte gegenüber Vergleichswerten nicht auffällig erhöht; so fanden MAYER und HEINRICH (1980) im Solling (BRD) im Auflagehumus durchschnittliche Chromgehalte von 41 ppm, im Mineralboden 55.6 ppm.

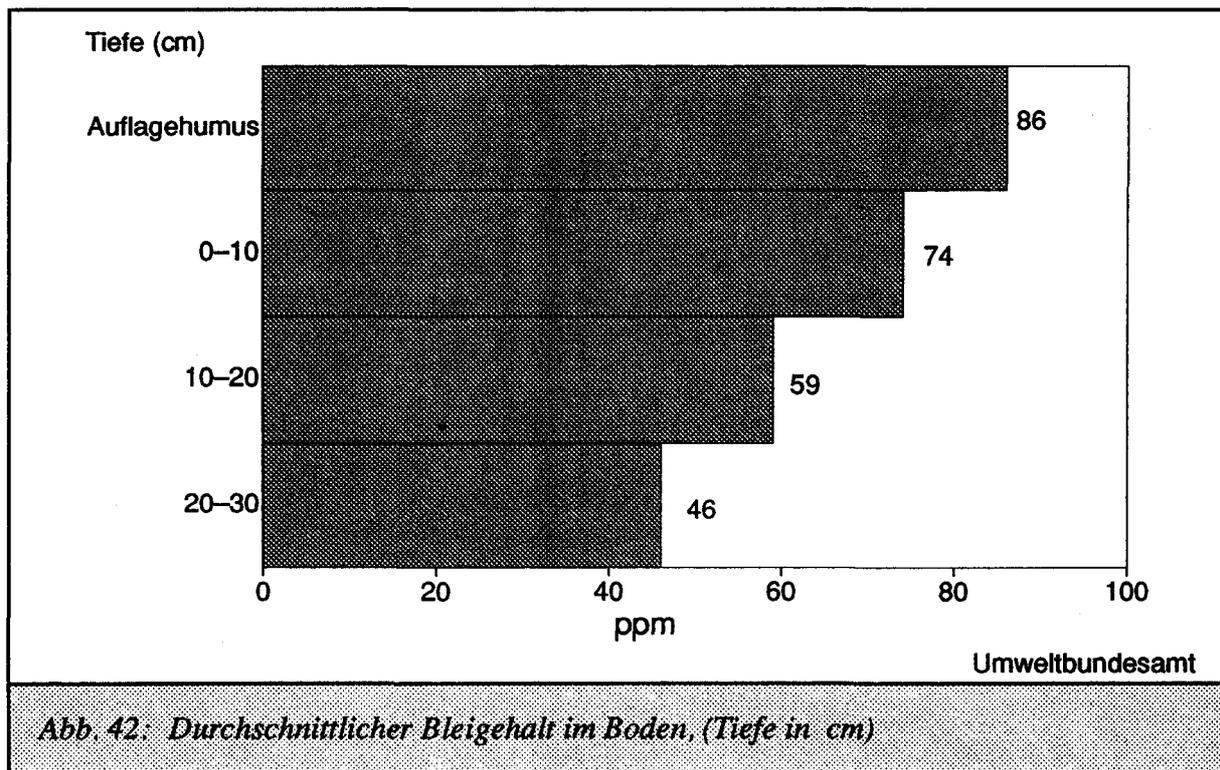
Cadmium

Die höchsten Cadmiumgehalte fanden sich im Auflagehumus in Werksnähe mit 2211 ppb, die geringsten am Probenahmepunkt 46 mit 403 ppb (Mittelwert 1255 ppb, Median 1022 ppb). Damit liegt der durchschnittliche Cadmium – Gehalt im Auflagehumus deutlich über dem bereits erhöhten Mittel von 820 ppb in Tirol (AMT DER TIROLER LANDES-

REGIERUNG, 1989). Die Cadmium – Gehalte des Mineralbodens reichten von 46.4 ppb bis 660.7 ppb (Mittelwert 227.1, Median 168.0 ppb). Zwischen Mineralboden und Auflagehumus ließ sich kein Zusammenhang feststellen.

Blei

Bei den Bleigehalten zeigte sich in Werksnähe keine Erhöhung. Die Bleikonzentrationen waren im Auflagehumus am höchsten (Minimum 46.2 ppm, Maximum 133.7 ppm, Mittelwert 86.4 ppm, Median 79.1 ppm) und nahmen mit zunehmender Bodentiefe ab (Bodenwerte: Minimum 35.7 ppm, Maximum 113.7 ppm, Mittelwert 59.5 ppm, Median 53.5 ppm); sie entsprachen den Vergleichswerten für verkehrsbelastete Gebiete. In Tiroler Böden wurden in den obersten 30 cm durchschnittliche Bleigehalte von 60.1 ppm gefunden (AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG, 1989).



Kobalt

Bei Kobalt waren die Konzentrationen im Auflagehumus bis auf eine Ausnahme (Windschutzstreifen) niedriger als im Mineralboden. Es zeigte sich ein enger Zusammenhang zwischen Mineralboden und Auflagehumus ($R = 0.77$, $p = 0.01$). Im Mineralboden wurden Kobaltkonzentrationen zwischen < 5 ppm und 23 ppm gefunden (Mittelwert 18.8 ppm, Median 19.6 ppm). Als häufigen Kobaltgehalt von Böden gibt HUSZ (1986) 15 ppm an, CRAMER et al. (1981) 1–10 ppm.

Kupfer

Die Kupfergehalte im Auflagehumus waren durchwegs niedriger als im Mineralboden. Die im Mineralboden gefundenen Werte (Minimum 18.4 ppm, Maximum 64.5 ppm, Mittelwert 36.0 ppm, Median 34.9 ppm) liegen im oberen Normalbereich (häufiger Wert nach HUSZ (1986) 30 ppm, nach CRAMER et al. (1981) 1 – 20 ppm).

Zink

Es wurden im Auflagehumus Zinkgehalte zwischen 54 und 139 ppm (Mittelwert 92.0 ppm, Median 88.0 ppm), im Mineralboden Werte zwischen 71 und 153 ppm gefunden, wobei die Bodenwerte in der Regel höher waren (Mittelwert 103.4 ppm, Median 107 ppm). Als häufige Werte für den Gehalt in Kulturböden geben CRAMER et al. (1981) 3 – 50 ppm an, HUSZ (1986) 100 ppm. Der mittlere Zink-Gehalt liegt in Vorarlberger Oberböden bei 120 ppm (HUSZ, 1986). Die bei unseren Untersuchungen gefundenen Zn-Gehalte liegen demnach im Normalbereich; in Werksnähe wurden keine erhöhten Konzentrationen gefunden.

Zusammenhang zwischen pH-Wert und Schwermetallgehalt

Außer bei Kobalt wurden keine Zusammenhänge zwischen dem pH-Wert des Bodens und des Auflagehumus und dem Elementgehalt gefunden; bei Kobalt zeigte sich dieser Zusammenhang

sowohl im Auflagehumus ($R = 0.67$, $p = 0.03$) als auch im Mineralboden ($R = 0.68$, $p = 0.03$).

6.3 Schadstoffe und Nährstoffe in Fichtennadeln

Bei der österreichischen Waldzustandsinventur wurden in der Umgebung des Werkes vermehrte Waldschäden (Kronenverlichtungen) festgestellt. Parallel zu einer Probenahme für ein verdichtetes Bioindikatornetzwerk analysiert das Umweltbundesamt die Fichtennadeln auch

auf Schwermetalle und Nährstoffe. Bei den beernteten Bäumen wurden auch Waldbodenproben genommen.

Bei zwei nahe dem Werk gelegenen Windschutzstreifen zeigten sich Überschreitungen der Grenzwerte der zweiten Forstverordnung bei Cl und vor allem bei F sowie sehr hohe Schwermetallkonzentrationen. Pilze und Rehe aus dem betroffenen Gebiet wurden ebenfalls auf Schwermetalle untersucht (s. Kap. 6.4 und 6.5).

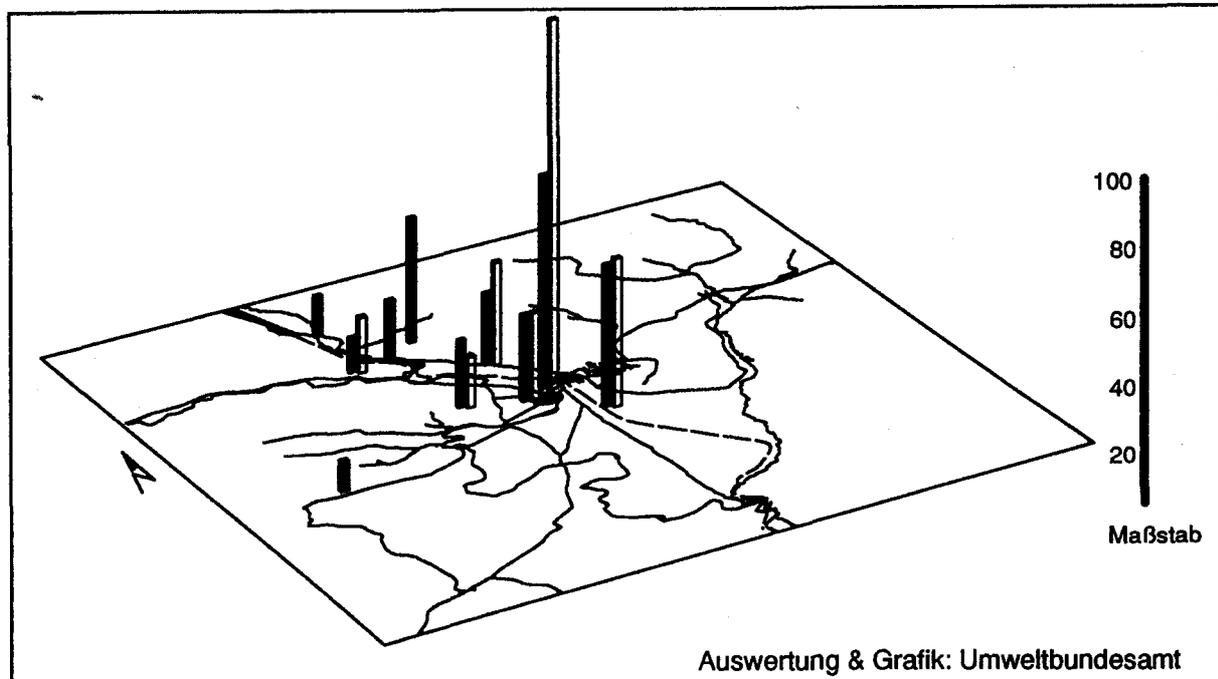


Abb. 43: Nickel (in mg/kg TG) in Fichtennadeln.

Ausschnitt 20 x 20 km.

Weiß- u. graue Säulen: Daten von unmittelbar benachbarten Bäumen.

In nachfolgender Abbildung wurden Fichtennadel- und Pilzproben an den, mit Positionsnummern angeführten Standorten untersucht.

Standortnummern für Fichtennadeln und Pilzuntersuchungen: 22, 23, 24, 25, 26, 37, 38, 43, 44, 45, 46, 47, 48.

Die folgenden Standorte wurden be-

probt, sind aber in der Abbildung 44 nicht enthalten:

49 (westlich von Rabing)

50 (westlich von Dürnfeld, südlich der Gurk)

51 (westlich von Pöckstein-Zwischenwässern, südlich der Gurk)

52 (südwestlich von St. Kosmas)

53 (nördlich von Meiselding, östlich von Rastenfeld)

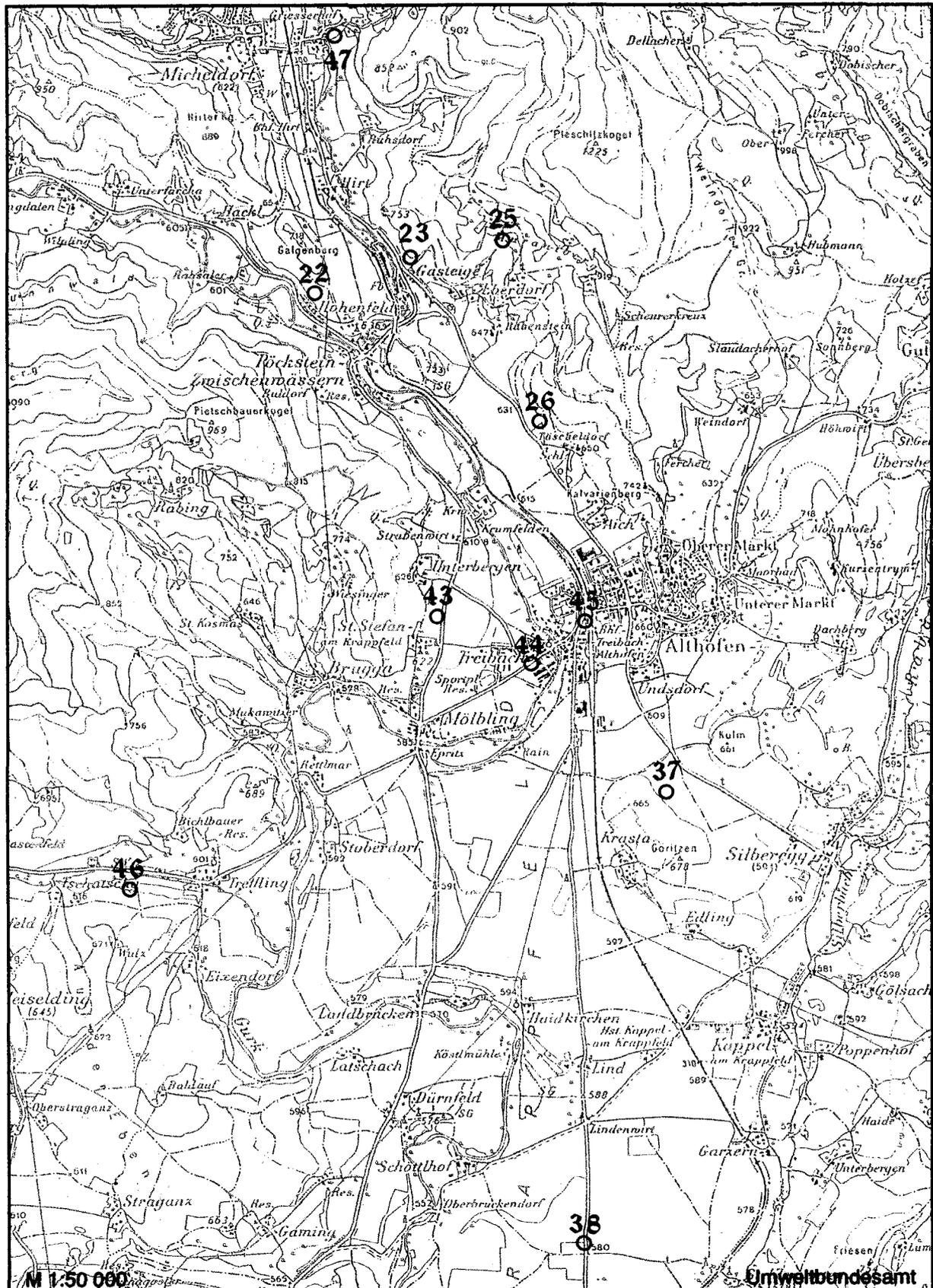


Abb. 44: Probenahmepunkte f. Fichtennadeluntersuchungen

6.3.1 Schadstoffe

Chlor

Die Zweite Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen, BGBl.Nr. 199/1984 (Anhang) legt den Grenzwert für den Gesamtchlorgehalt von Fichtennadeln für den 1. bis 3. Nadeljahrgang mit 0.1 % Gesamtchlor in der Trockenmasse fest. Im Raum Treibach wurden schon seit einiger Zeit Untersuchungen über die Chlorbelastung durchgeführt.

Im Jahr 1985 untersuchte die Forstliche Bundesversuchsanstalt (FBVA) im Rahmen des verdichteten Bioindikatornetzes an 45 Probepunkten in dieser Region. Bei 28 Probepunkten (62 %) wurde der für den ersten Nadeljahrgang zulässige Grenzwert von 0.1 % Chlor in der Trockenmasse überschritten. Der höchste ermittelte Wert lag bei 0.25 %, dem Zweieinhalbfachen des Grenzwertes. Beim 2. Nadeljahrgang lagen auf 22 Probepunkten (49 %) Grenzwertüberschreitungen vor, der Höchstwert lag bei 0.32 %. Der Durchschnittswert(!) lag bei beiden Nadeljahrgängen bei 0.12 % (AMT DER KÄRNTNER LANDESREGIERUNG, 1987).

Im Jahr 1987 wurden durch die FBVA auf 21 Probepunkten (die z.T. ident sind mit den Punkten von 1985) 42 Bäume beprobt. Beim ersten Nadeljahrgang kam es bei 7 Proben (17 %) zu Grenzwertüberschreitungen, der höchste Wert lag bei 0.21 %, der Durchschnittswert bei 0.08 %. Beim 2. Nadeljahrgang kam es zu 9 Überschreitungen (21 %), der Höchstwert war 0.29 % und der Durchschnittswert 0.08 %.

Im Jahr 1988 wurden auf 26 Probepunkten 52 Bäume beprobt. Bei den Proben vom ersten Nadeljahrgang ergaben sich 13 Überschreitungen des Grenzwertes

(25 % der untersuchten Proben), die Chlorgehalte lagen zwischen 0.05 und 0.20 % (Mittelwert 0.09 %, Median 0.08 %). Der 2. Nadeljahrgang zeigte an 13 Punkten (25 %) Überschreitungen des zulässigen Höchstgehaltes an Chlor; die Chlorgehalte lagen zwischen 0.03 und 0.26 % (Mittelwert 0.09 %, Median 0.07 %).

Beurteilung der Chlorbelastung

Es hat sich zwar die Chlorbelastung vom Jahr 1985 bis zum Jahr 1988 verringert, was sich sowohl am Vergleich der Anzahl der Grenzwertüberschreitungen als auch in der Verringerung des durchschnittlichen Chlorgehaltes in den Fichtennadeln von 0.12 % auf 0.09 % zeigt. Trotzdem erscheint es als bedenklich, wenn der Mittelwert der untersuchten Proben im Jahr 1988 nur wenig unter dem Grenzwert liegt.

Schwefel

Die 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen legt den Grenzwert für den 1. Nadeljahrgang mit 0.11 %, für den 2. Nadeljahrgang mit 0.14 % Gesamtschwefel fest.

Im Jahr 1987 wurden dieselben Proben, in welchen der Chlorgehalt bestimmt wurde, auch auf ihren Schwefelgehalt untersucht.

Von 40 Proben des 1. Nadeljahrganges wiesen 16 (40 %) Schwefelgehalte über dem zulässigen Grenzwert auf; die Werte lagen zwischen 0.06 und 0.16 % (Mittelwert 0.11 %, Median 0.11 %). Beim 2. Nadeljahrgang zeigten 7 Proben (18 %) Grenzwertüberschreitungen (Minimum 0.07 %, Maximum 0.21 %; Mittelwert und Median 0.13 %).

Die Untersuchung im Jahr 1988 auf 26 Probepunkten mit 52 Bäumen brachte folgendes Ergebnis:

Bei 13 Proben (25 %) des ersten Nadeljahrganges zeigten sich Grenzwertüber-

Der obere Grenzwert des Forstgesetzes liegt bei 0.20 %.

Bei unserer Untersuchung wurden Mg-Gehalte zwischen 0.09 und 0.17 % gefunden (Mittelwert 0.15 %, Median 0.15 %). Bei einem Punkt (6 %) war die Versorgung nach den österreichischen Richtwerten nicht ausreichend.

6.3.3 Mikronährstoffe und Schwermetalle

Es wurden an 11 Probepunkten (9 Waldstandorte, 2 Punkte in Windschutzstreifen) insgesamt 17 Nadelproben genommen. Die Proben wurden auf den Gehalt an folgenden Elementen untersucht: B, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mo, Ni, Pb, V, Zn.

Beurteilung einzelner Elemente

Anmerkung zu den angegebenen Schwermetallgehalten: Die Nadeln wurden im ungewaschenen Zustand analysiert. Es konnte daher nicht zwischen im Pflanzengewebe eingelagertem und als Staub oberflächlich anhaftendem Elementgehalt unterschieden werden. Es wird aber angenommen, daß ein großer Teil der Schwermetalle in einer nicht pflanzenverfügbaren Form den Nadeln nur äußerlich anhaftet. Insofern müssen extrem hohe Konzentrationen nicht unmittelbare Pflanzenschädigungen nach sich ziehen, auch wenn sie über den in der Literatur gefundenen Toxizitätsgrenzen liegen; sie sind aber als ein Indiz für eine hohe Umweltbelastung zu werten. Die Eignung von Fichtennadeln als Bioindikatoren der Schwermetallbelastung wird in VOGEL & RISS (in Druck) diskutiert. In dieser Arbeit werden auch zahlreiche Vergleichsdaten angegeben.

Nickel

Die Nickelgehalte in den Nadeln schwankten in einem weiten Bereich; der niedrigste Wert betrug 7.9 ppm, der höchste 112.9 ppm (Mittelwert 32.4 ppm, Median 22.6 ppm; s. Abb. 43). Die Nickelgehalte liegen damit weit über den Vergleichswerten. ZVACEK (1988) fand an 7 Waldstandorten in Österreich Konzentrationen zwischen 0.1 und 13.6 ppm; MAYER (1981) fand im Solling Durchschnittswerte von 13 ppm. NEMEC (1951) fand in Nadeln von kümmerwüchsigen Kiefern und Tannen auf Serpentinstandorten mit hohem Nickelangebot Nickelgehalte zwischen 5 und 15 ppm.

Im Gegensatz zu den Untersuchungen von ZVACEK (1988) konnte in Treibach keine Korrelation zwischen den Nickelgehalten in den Nadeln und im Mineralboden gefunden werden (Spearman-Test $R = 0.36$, $p = 0.13$); hingegen bestand ein hoch signifikanter Zusammenhang zwischen den Gehalten im Auflagehumus und in den Nadeln ($R = 0.87$, $p < 0.001$). Dieser Zusammenhang und auch die Verteilung der Punkte mit den hohen Nickelwerten analog zu den Hauptwindrichtungen, weisen darauf hin, daß der hohe Nickelgehalt der Nadeln nicht durch die Versorgung aus dem Boden, sondern durch Eintrag von außen bedingt ist.

Vanadium

Die Vanadiumgehalte in den Nadeln bewegten sich zwischen 0.1 ppm (am unbelasteten Referenzstandort 46) und 35.0 ppm (Windschutzstreifen) (Mittelwert 7.25 ppm, Median 3.4 ppm). Pflanzen enthalten normalerweise 0.001 bis 0.5 ppm Vanadium (BYERRUM, 1984). Diese Werte wurden in Treibach z.T. um ein Vielfaches überschritten. Es zeigte sich ein starker Zusammenhang zwischen dem V-Gehalt in den Nadeln und

im Auflagehumus ($R = 0.87$, $p < 0.001$); zwischen Boden und Nadeln bestand ebenfalls ein signifikanter Zusammenhang ($R = 0.63$, $p = 0.01$).

Molybdän

Die Molybdängehalte in den untersuchten Nadeln lagen zwischen 0.1 ppm (Pos.Nr. 46) und 11.6 (Windschutzstreifen) (Mittelwert 2.8 ppm, Median 1.6 ppm). Der Molybdängehalt in Pflanzen schwankt normalerweise zwischen 0.1 und 0.3 ppm (DAVIES, 1984). ZVACEK (1988) fand in Fichtennadeln Gehalte zwischen 0.02 und 0.38 ppm, AHRENS (1964) solche zwischen 0.029 und 0.185 ppm. Letzterer gibt einen Zusammenhang zwischen dem Boden und dem Mo-Gehalt der Nadeln an.

In Treibach fand sich eine hohe Korrelation zwischen dem Gehalt der Nadeln und des Auflagehumus ($R = 0.86$, $p < 0.001$) und kein Zusammenhang zwischen dem Mineralboden- und Nadelgehalt ($R = 0.38$, $p = 0.30$).

Chrom

Bei den untersuchten Nadeln schwankten die Chromgehalte zwischen 0.9 und 8.44 ppm (im Windschutzstreifen), (Mittelwert 2.05 ppm, Median 1.43 ppm). MAYER (1981) fand im Solling in einjährigen Fichtennadeln einen mittleren Chromgehalt von 11 ppm. Pflanzen enthalten 0.02 bis 14 ppm Chrom (GAUGLHOFER, 1984).

In Treibach zeigte sich eine schwache Korrelation zwischen dem Chromgehalt in Boden und Nadeln ($R = 0.47$, $p = 0.05$) und ein stärkerer Zusammenhang zwischen Humus und Nadeln ($R = 0.63$, $p = 0.01$).

Blei

Es wurden in den Nadeln Bleigehalte zwischen 1.0 und 2.5 ppm gefunden (Mittelwert 1.54 ppm, Median 1.5 ppm). Im Solling wurden mit durchschnittlich 8.8 ppm wesentlich höhere Bleigehalte festgestellt (MAYER, 1981). ZVACEK (1988) fand an 7 Standorten in Österreich Bleigehalte zwischen 0.17 und 12.1 ppm. Als durchschnittliche Bleigehalte für Pflanzen werden Werte zwischen 0.5 und 7 ppm angegeben.

Beim Blei zeigte sich im Untersuchungsgebiet kein Zusammenhang zwischen dem Gehalt in Boden bzw. Auflagehumus und Nadeln.

Kobalt

Die Kobaltgehalte schwankten zwischen 0.5 und 1.74 ppm (Mittelwert 0.98 ppm, Median 0.87 ppm). Die meisten Pflanzen enthalten zwischen 0.03 und 0.5 ppm Kobalt, abhängig vom Bodengehalt (SCHRAUZER, 1984). Im Solling wurden mittlere Co-Gehalte in Fichtennadeln von 0.7 ppm gefunden (MAYER, 1981).

Zwischen dem Co-Gehalt der Nadeln und des Bodens bzw. Auflagehumus wurden keine Zusammenhänge festgestellt.

Cadmium

Die Cd-Gehalte in den untersuchten Nadeln lag zwischen 50 und 460 ppb (Mittelwert 180 ppb, Median 180 ppb) und damit im Bereich des normalen Cd-Gehaltes von Pflanzen ($< 0.1 - 1$ ppm nach SAUERBECK, 1985). ZVACEK (1988) ermittelte in Fichtennadeln Gehalte von 10 bis 540 ppb, im Solling wurden durchschnittlich 610 ppb gefunden (MAYER, 1981).

Im Raum Treibach wurde keine Korrelation zwischen dem Cd-Gehalt des Bodens und der Nadeln, wohl aber eine zwi-

schen Auflagehumus und Nadeln gefunden ($R = 0.53$, $p = 0.03$).

Zink

Die untersuchten Nadeln zeigten Zinkgehalte zwischen 16.7 und 49.6 ppm. (Mittelwert 27.9 ppm, Median 23.4 ppm). Als ausreichende Zink-Gehalte gelten nach BERGMANN (1988) 15 bis 60 ppm, nach ZÖTTL & HÜTTL (1985) beträgt der übliche Zink-Gehalt von Fichtennadeln 30 – 50 ppm. Der optimale Bereich liegt nach FOERST et al. (1987) zwischen 30 und 60 ppm.

Demnach war bei den untersuchten Proben weder ein Mangel noch ein Überschuß an Zink festzustellen. Ein Zusammenhang zwischen dem Zinkgehalt in Mineralboden bzw. Auflagehumus und Nadeln konnte nicht gefunden werden.

Kupfer

Die Kupfergehalte in den untersuchten Nadeln lagen zwischen 1.9 und 4.3 ppm (Mittelwert 2.64 ppm, Median 2.5 ppm). Ein ausreichender Cu-Gehalt ist nach BERGMANN (1988) zwischen 4 und 10 ppm gegeben, nach FOERST et al. (1987) liegt der Cu-Mangelbereich bei Gehalten unter 2 – 3 ppm, der optimale Bereich zwischen 2 und 7 ppm. FIEDLER et al. (1973) geben den Mangelbereich mit Gehalten von 2 – 3 ppm an.

Nach den obigen Richtwerten lag die Kupferversorgung bei den von uns unter-

suchten Nadeln teilweise im Mangelbereich.

Eisen

Es wurden Eisengehalte zwischen 48 und 245 ppm gefunden (Mittelwert 93 ppm, Median 84 ppm). Am höchsten mit Eisen belastet war der werksnahe gelegene Windschutzstreifen (Positionsnummer 45), der niedrigste Wert fand sich im Referenzstandort 46. Nach FOERST et al. (1987) liegt der Optimalbereich zwischen 30 und 180 ppm, der Mangelbereich bei Gehalten < 30 ppm. Nach KNABE (1984, zit. nach ZVACEK, 1988) sind Eisengehalte zwischen 30 und 80 ppm als mittel bis hoch zu bezeichnen.

Bor

Die ermittelten Bor-Gehalte lagen zwischen 9.6 und 34.8 ppm (Mittelwert 19.8, Median 19.5 ppm). Auch hier lag der höchste Wert im Windschutzstreifen 45. Nach BERGMANN (1988) ist eine ausreichende B-Versorgung bei Nadelgehalten zwischen 15 und 50 ppm gegeben. Bei Untersuchungen von AHRENS (1964) schwankte der B-Gehalt in den Nadeln von Coniferen zwischen 11 und 52 ppm. Die im Raum Treibach gefundenen B-Gehalte liegen innerhalb dieses Schwankungsbereichs; nach den Werten Bergmanns beurteilt, lag auf einem Punkt ein Bormangel vor.

Tab. 25: Stoffgehalte in Nadeln, Angaben in mg/kg (TG). Positionen siehe Abb. 44

Pos.Nr.	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mo	Ni	Pb	V	Zn
44	21.0	0.32	0.68	1.43	2.5	68	1.9	23.0	1.0	3.4	21.2
44	17.9	0.20	0.50	1.46	2.3	66	4.6	22.3	1.5	4.6	17.8
45	29.0	0.46	1.36	8.44	4.3	245	11.6	97.0	2.5	35.0	49.2
45	34.8	0.15	0.73	4.39	2.7	104	4.9	55.3	1.5	15.8	22.4
37	27.4	0.14	0.87	2.10	3.3	152	2.4	36.5	1.8	6.9	22.2
37	23.5	0.16	1.02	2.37	2.8	101	2.4	38.3	1.8	8.7	23.4
26	15.7	0.11	0.69	1.16	1.9	90	1.5	18.5	1.4	3.4	16.7
26	19.5	0.19	0.65	1.58	2.9	127	1.9	26.7	2.1	5.4	17.6
22	20.5	0.18	1.12	1.10	2.3	61	0.7	9.0	1.2	1.4	31.8
22	20.3	0.23	1.67	1.30	2.5	84	1.3	14.5	1.6	2.9	36.5
43	10.7	0.06	1.64	0.62	2.1	76	1.1	17.5	1.2	2.9	19.7
43	19.4	0.07	1.01	0.61	2.3	48	0.8	13.3	1.1	1.8	23.4
25	22.1	0.26	0.47	1.52	2.6	97	1.6	32.4	1.9	4.0	36.8
46	11.1	0.05	0.50	0.94	2.3	37	0.1	7.9	1.4	0.1	35.4
47	9.6	0.05	0.28	0.90	2.9	76	1.1	10.5	1.1	1.8	44.9
23	16.7	0.21	1.69	0.67	2.3	61	1.2	14.7	1.2	2.3	29.6
38	16.7	0.22	1.74	4.31	2.9	92	8.0	112.9	1.9	22.9	25.5

Zusammenfassung der Schwermetallbelastung in Fichtennadeln

Die Wälder im Raum Treibach–Althofen zeigen eine hohe Belastung durch die Schwermetalle Molybdän, Nickel und Vanadium. Diese Elemente finden sich vor allem in den untersuchten Fichtennadeln und im Auflagehumus angereichert.

Es zeigten sich enge Korrelationen zwischen den Auflagehumus– und Nadelge-

halten, aber keine Zusammenhänge mit den Gehalten im Mineralboden. Auch zwischen den drei Schwermetallen zeigten sich im Auflagehumus– und Nadelgehalt enge Korrelationen.

Da offensichtlich kein Zusammenhang zwischen den Mo–, Ni– und V–Gehalten im Mineralboden und den Auflagehumus– und Nadelgehalten an diesen Elementen besteht, kommt als Erklärung für die hohe Belastung nur ein Eintrag von außen in Frage.

6.4 Schwermetalle in Pilzen

In der Umgebung der TCW gewachsene Pilze wurden auf ihre Belastung mit Schwermetallen untersucht. Pilze vermögen einrige Schwermetalle gegenüber dem Boden anzureichern. Durch ihr weit verzweigtes Myzel repräsentieren die untersuchten Fruchtkörper die Belastung eines relativ großen Bodenbereiches. Dadurch, und durch die dabei oft erreichten höheren und damit analytisch leichter zugänglichen Konzentrationen, erscheinen Pilze als Bioindikatoren (Akkumulationsindikatoren) zur Abschätzung der Schadstoffbelastung ihres Lebensraumes geeignet (siehe z.B. DOLISCHKA & WAGNER, 1982). Darüber hinaus soll mit dieser Untersuchung eine etwaige Gefährdung der Bevölkerung durch den Genuß belasteter Pilze aufgezeigt bzw. ausgeschlossen werden.

Aus bisherigen Untersuchungen ist bekannt, daß die Elemente Quecksilber und Cadmium sowie, in geringerem Ausmaß, Zink und Kupfer gegenüber dem Boden angereichert werden. In Pilzen liegen Molybdän, Cobalt, Mangan, Nickel und vor allem Chrom im allgemeinen in niedrigeren Konzentrationen vor als im Boden. Große Artunterschiede legen nahe, bei

Vergleichen stets auch die Pilzart (oder zumindest die Gattung) zu berücksichtigen (STIVJE & BESSON, 1974; MUTSCH et al., 1979; DOLISCHKA & WAGNER, 1982). Für die vorliegende Studie wurden folgende Pilzarten untersucht: (Giftpilze sind mit "****", ungenießbare Pilze mit "*" gekennzeichnet):

Gattung *Russula* (Täublinge): *R.integra*, *R.ochroleuca*, *R.aeruginea*, *R.cyanoxantha*, *R.nigricans*

Gattung *Armillariella*: *A.obscura* (Dunkler Hallimasch)

Gattung *Amanita*: *A.muscaria* (Fliegenpilz, **)

Gattung *Lactarius*: *L.vellereus* (Wolliger Milchling, *)

Die Angaben über die Giftigkeit der Pilze folgen NILSON et al., 1978. Bei der Determination der Pilze wurden wir von Frau Mag. Irmgard Krisai (Botanisches Inst. d. Universität Wien) unterstützt. Probenaufbereitung und Analytik werden in Kapitel 9 beschrieben.

Die Pilze wurden in unterschiedlicher Entfernung vom Werk gesammelt. Die Lage der Sammelorte ist in der nachstehenden Skizze angegeben.

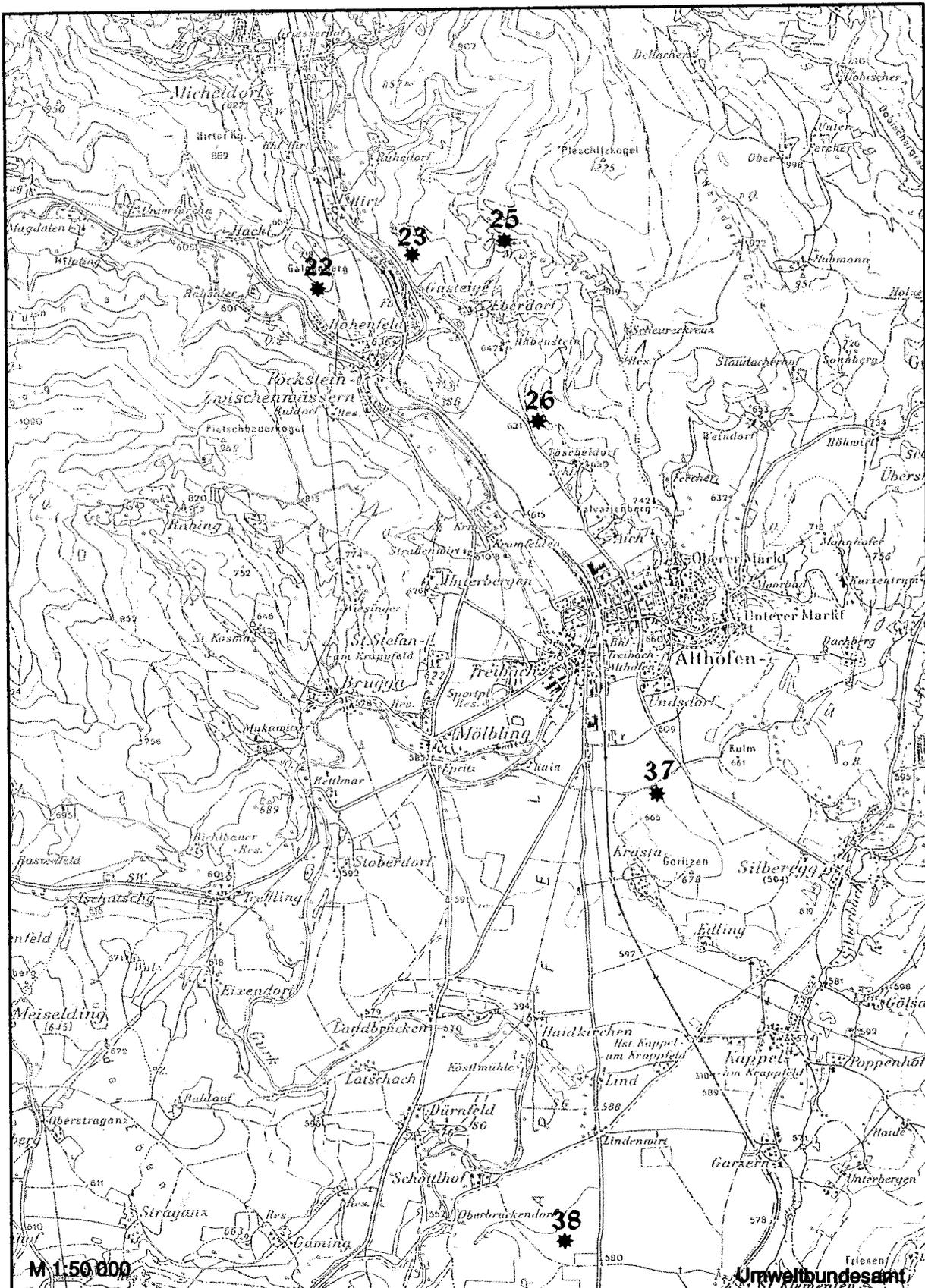


Abb. 45: Probenahmepunkte für Pilzuntersuchungen

Ergebnisse der Pilzuntersuchungen

Alle Angaben sind, wenn nicht anders angegeben, auf Trockengewicht bezogen.

Blei

Die Bleikonzentrationen in den untersuchten Pilzen zeigen eine breite Streuung (< 0.5 bis maximal 10 ppm, Median: 4.6 ppm).

Ähnliche Werte (allerdings von anderen Arten) wurden von DOLISCHKA und WAGNER (1982) an unbelasteten und gering belasteten Standorten in Österreich und von IRLET und RIEDER (1985) in den Schweizer Alpen gefunden.

Cadmium

Die Cadmiumkonzentrationen (0.1 bis 9.9 ppm, Median 0.9 ppm) liegen im in der Literatur angegebenen Normalbereich. RÜCKER und PEER (1988) fanden in Pilzen Konzentrationen von 0.15 – 18.5 ppm. Nach DOLISCHKA und WAGNER (1982) weisen Speisepilze in unbelasteten Gebieten bis zu 10 ppm, in belasteten bis über 50 ppm auf. Pilze aus den Schweizer Alpen sind mit 0.44 bis 11 ppm Cadmium belastet. SEEGER (1978) fand in einer breit angelegten Untersuchung an 402 Pilzarten Konzentrationen bis zu 120 ppm. Nach der WHO (1972) gilt eine tägliche Cadmiumaufnahme bis 1 mg/kg Körpergewicht als noch unbedenklich. Das entspricht der Aufnahme von ca. 0.7 kg Pilzen aus dem Untersuchungsgebiet (Frischgewicht) für einen Menschen mit 70 kg Körpergewicht (Basis, 1 ppm Cd).

Chrom

Die Chromwerte lagen bei den untersuchten Pilzproben mit einer Ausnahme (2.4 ppm) unter 0.2 ppm (Nachweisgrenze). Als Normalwert wird von SAUERBECK (1985) für höhere Pflanzen eine Konzentration von < 0.1 bis 1 ppm

angegeben. Als für Tiere kritisch gelten nach dem gleichen Autor jedoch erst Konzentrationen ab 50 bis 3000 ppm.

Cobalt

Pflanzen enthalten normalerweise 0.03 bis 5 ppm Cobalt (SCHRAUZER, 1984). MUTSCH und Mitarbeiter (1979) fanden in Pilzen je nach systematischer Stellung mittlere Konzentrationen von 0.11 bis 0.88 ppm. Die von uns untersuchten Pilze lagen mit Werten von < 0.1 (Nachweisgrenze) bis maximal 1.46 ppm (Median: < 0.1 ppm) im gleichen Bereich.

Kupfer

Als Normalwerte für Pflanzen werden 4 bis 20 ppm, für Meeresalgen bis 68 ppm Cu angegeben. Pilze weisen nach MUTSCH et al. (1979) mittlere Kupferkonzentrationen von 19 bis 163 ppm auf (starke Abhängigkeit von der systemat. Stellung). Proben aus dem Gasteinertal (Salzburg) waren mit 9.5 bis 127 ppm Cu etwa gleich stark belastet (RÜCKER und PEER, 1988). Diese Konzentrationen entsprechen etwa den von uns gefundenen: 11 – 125 ppm (in einem Fall jedoch 289 ppm), Median 35 ppm. Als für Tierfutter kritisch werden Konzentrationen von 30 – 100 ppm angesehen (SAUERBECK, 1985).

Nickel

Als Normalgehalte in (höheren) Pflanzen gelten nach SAUERBECK (1985) 0.1 – 5 ppm Ni. Der Nickelgehalt der untersuchten Proben liegt zwischen 0.9 und 9.8 bzw. (in einem Fall) 37.9 ppm (Median 3.3 ppm). In einer Untersuchung an 87 Pilzarten in Österreich (MUTSCH et al., 1979) wurden Konzentrationen von 0.3 bis 18.9 ppm gefunden. Die von uns für die Gattung *Russula* (Täubling) erhobenen Ni-Konzentrationen liegen zwischen 2.6 und 37.9 ppm mit einem Median von 4.0 ppm (n = 7). Die Autoren

der oben genannten Studie fanden für Täublingsarten Werte zwischen 0.6 und 2.9 ppm (n = 9). Gegenüber diesen Daten erscheinen die gefundenen Werte erhöht.

Die Belastung liegt jedoch deutlich unter der für Tierfutter als kritisch geltenden Konzentration von 50 bis 60 ppm (SAUERBECK, 1985).

Quecksilber

Die Quecksilberkonzentrationen liegen im untersuchten Gebiet zwischen < 0.2 und 4.8 ppm (Median 0.3 ppm). SEEGER (1976) wies in einer Untersuchung an 236 Arten von in der BRD wildwachsenden Speisepilzen große Streuungen innerhalb einzelner Arten, aber auch eine deutliche Artabhängigkeit der Belastung nach. Die von der Autorin angegebenen Konzentrationen reichen von 0.04 bis 21.6 ppm mit einem Mittelwert von 0.8 ppm für giftige und 1.6 ppm für eßbare Pilze. Nach AICHBERGER (1977) schwankt der Hg-Gehalt zwischen 0.018 und 14.3 ppm. Eine Expertengruppe in Stockholm (BERGLUND et al., 1971) empfiehlt als durchschnittliche tägliche Aufnahme (ADI) 0.04 mg/kg Körpergewicht zuzulassen. Dieser Wert wird in unserem Fall von einer Person (70 kg) erreicht, die 100 g (Frischgewicht) aufnimmt. Die im Vergleich zu anderen Lebensmitteln hohe Belastung ist auf die Fähigkeit der Pilze, Schwermetalle zu speichern, zurückzuführen. Unterschiede in der Quecksilberbelastung von Pilzen dürften nach AICHBERGER (1977) nur zu einem geringen Teil auf standortspezifische Unterschiede, sondern vielmehr auf ein artspezifisches Akkumulationsvermögen zurückzuführen sein. Die hohen Quecksilbergehalte müssen insofern nicht als bedrohlich angesehen werden, als Pilze nur einen verhältnismäßig geringen Anteil der menschlichen Nahrung ausmachen.

Silber

Silber ist bei oraler Aufnahme nur wenig giftig. In Pflanzen beträgt der Silbergehalt häufig 0.06 bis 0.28 ppm. Für Pilze und Bakterien werden Normalkonzentrationen von ca. 29 bzw. 210 ppm angegeben (PETERING, 1984). Die von uns gefundenen Konzentrationen liegen daher mit < 0.1 bis 8.8 ppm (Median 2.3 ppm) ziemlich niedrig.

Vanadium

Pflanzen enthalten normalerweise 0.1 bis 2 ppm Vanadium, (BENGTSSON & TYLER, 1976; SAUERBECK, 1985), Meeresalgen 1 bis 16 ppm (BYERRUM, 1984). In Wirbeltieren werden durchschnittlich 0.1 bis 2 ppm (bez. auf Frischgewicht) gefunden. Als Konzentrationen in Pilzen sind ähnliche Werte wie in Gefäßpflanzen zu erwarten (BENGTSSON & TYLER, 1976). Für mehrere Familien von Basidiomyceten wird von einer mittleren Vanadiumlast von 0.66 ppm berichtet (BERTRAND, 1941). *Russula cyanoxantha* (ein Täubling) aus Schweden enthält etwa 1 ppm Vanadium (THOMAS et al., 1985). In dieser Untersuchung wurden Konzentrationen von 0.4 bis 18.0 ppm, in einem Fall (Fliegenpilz) jedoch 286 ppm, festgestellt (Median: 1.9 ppm). Daß Fliegenpilze Vanadium etwa um einen Faktor Hundert höher anreichern als andere Pilze und damit auch ohne spezifischer Standortbelastung sehr hohe Konzentrationen erreichen ist bereits seit langem bekannt (BERTRAND, 1950). Als "für Tierfutter kritisch" werden 10 bis 50 ppm angesehen (SAUERBECK, 1985).

Zink

Die untersuchten Pilze enthielten 35 – 492 ppm Zn (Median: 67 ppm). Mittelwerte für fünf verschiedene Pilzgruppen liegen nach einer anderen Untersuchung bei 44 bis 199 ppm (MUTSCH, et al.,

1979). Als Normalwerte in Pflanzen werden 15 – 150 ppm, als "für Tierfutter kritisch" 300 bis 1000 ppm angegeben (SAUERBECK, 1985).

Korrelation der Belastung in Pilz und Boden:

Der Zusammenhang zwischen der Belastung von Pilzen und Auflagehumus

wurde, da keine Normalverteilung der Konzentrationswerte vorliegt, mittels des Spearman – Rank – Correlation – Index überprüft. Ein eindeutiger (positiver) Zusammenhang konnte nur für das Element Molybdän gefunden werden: $R = 0.94$, $p = 0.02$, $N = 9$ für die Gattung *Russula*; $R = 0.49$, $p = 0.04$, $N = 19$ für alle untersuchten Pilze.

Tab. 26: Schwermetallkonzentrationen (in ppm = mg/kg, TG-Basis)

	Speisepilze				giftige und ungenießbare Pilze			
	N	Min	Max	Median	N	Min	Max	Median
Ag	14	< 0.1	8.6	2.4	4	< 0.1	8.8	3.0
Cd	14	0.1	6.7	0.9	4	0.3	9.9	1.1
Co	15	< 0.1	1.5	< 0.1	4	< 0.1	0.4	0.2
Cr	15	< 0.2	2.4	< 0.2	4	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Cu	15	13.0	289.0	31.0	4	11.0	125.0	79.0
Hg	15	< 0.2	4.8	0.3	4	< 0.2	2.3	1.2
Mo	14	< 0.2	11.9	1.0	4	0.4	2.6	1.3
Ni	14	0.9	37.9	3.2	4	2.6	5.9	3.5
Pb	15	< 0.5	10.0	4.1	4	< 0.5	7.4	3.8
V	13	0.2	18.0	1.4	3	0.9	286.0	9.5
Zn	14	35.0	492.0	62.0	4	58.0	205.0	163.0

Tab. 27: Schwermetalle in Pilzen (nach Arten aufgeschlüsselt); in mg/kg TG-Basis

	Pos.	Ag	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	V	Zn
<i>Russula integra</i>	25	< 0.1	0.3	< 0.2	< 0.2	36	< 0.2	0.4	3.3	4.1	3.1	54
	22	< 0.1	0.1	< 0.1	< 0.2	26	< 0.2	1.4	2.6	4.8	2.9	73
<i>R.ochroleuca</i>	38	< 0.1	0.8	1.5	2.4	29	< 0.2	11.9	37.9	10.0	18.0	492
<i>R.aeruginea</i>	25	2.2	< 0.1	0.6	< 0.2	32	0.3	0.7	4.9	4.8	3.2	149
	23	2.7	0.7	< 0.1	< 0.2	28	1.3	< 0.2	2.8	< 0.5	1.4	62
	26	3.7	1.2	1.2	< 0.2	44	4.8	–	4.1	7.4	–	66
	26	3.2	0.9	0.9	< 0.2	42	3.3	2.0	4.9	9.3	2.4	77
<i>R.cyanoxantha</i>	26	< 0.1	0.1	0.2	< 0.2	31	1.4	4.5	3.2	4.6	1.3	88
<i>R.nigricans</i>	37	0.4	0.1	1.0	< 0.2	46	1.5	2.0	4.0	4.1	3.9	67
<i>Armillariella obscura</i>	25	1.0	2.5	< 0.1	< 0.2	39	< 0.2	< 0.2	0.9	< 0.5	0.2	44
	23	–	6.7	< 0.1	< 0.2	23	< 0.2	0.4	2.7	2.3	1.4	46
	26	2.4	1.3	< 0.1	< 0.2	16	0.5	1.3	2.0	< 0.5	–	35
	26	1.8	0.9	< 0.1	< 0.2	13	< 0.2	< 0.2	2.5	< 0.5	0.8	36
	37	2.3	2.0	< 0.1	< 0.2	21	< 0.2	0.4	3.6	< 0.5	1.1	52
	38	8.6	0.9	< 0.1	< 0.2	24	0.3	5.1	9.8	6.0	0.4	39
<i>Amanita muscaria</i>	22	< 0.1	9.9	< 0.1	< 0.2	11	0.3	0.4	2.6	< 0.5	286.0	127
<i>Lactarius vellereus</i>	22	< 0.1	0.3	< 0.1	< 0.2	54	< 0.2	2.9	3.6	< 0.5	9.5	58
	38	8.8	1.9	0.4	< 0.2	104	2.1	1.2	3.4	7.2	–	200
	38	6.0	2.6	0.3	< 0.2	125	2.3	1.1	5.9	7.4	0.9	205

Zusammenfassung der Pilzuntersuchungen

In den Untersuchungen zeigten sich bei allen untersuchten Elementen große Schwankungen. Diese sind vorwiegend auf das von Art zu Art variierende Akkumulationsvermögen der Pilze zurückzuführen. Bei Nickel wurden gegenüber der Literatur geringfügig erhöhte Werte gefunden. Diese können jedoch nicht eindeutig auf Werksemissionen zurückgeführt werden.

Pilze sind stets relativ hoch mit Schwermetallen belastet und sollten daher generell nicht in großen Mengen gegessen werden. Über diese allgemein gültige Feststellung hinaus lassen sich aus den erhobenen Daten keine weiteren Einschränkungen bezüglich des Genusses von Pilzen aus der Umgebung von Treibach-Althofen ableiten. Der Verzehr von Pilzen aus dem unmittelbaren Nahbereich des Werkes (wo jedoch nicht mit dem Vorkommen von Pilzen zu rechnen ist) sollte, wie aus anderen Teilen dieser Untersuchungen abgeleitet werden kann, besser vermieden werden.

6.5 Schwermetalle in Wildtieren

Freilebende Tiere eignen sich gut als Bioindikatoren für die Schadstoffbelastung einer Region, da ihre Nahrung die gleiche Belastung aufweist wie der betreffende Lebensraum (beim Vorhandensein einer Winterfütterung gilt dies nur, wenn das Winterfutter aus dem gleichen Gebiet stammt). Schwermetalle reichern sich vor allem in der Leber und in der Niere an. Der Gehalt ist von endogenen und exogenen Faktoren abhängig.

Endogene Faktoren

1. Natürliche Konzentrationsschwankungen

Um die natürlichen Konzentrationsschwankungen im Schadstoffgehalt auszuschalten, ist laut HECHT (1986) ein Stichprobenumfang von 30 (besser 50) Tieren notwendig; alle Aussagen, die auf geringerem Probenumfang beruhen, werden von ihm als unsicher eingestuft.

2. Das Alter der Tiere

Der Cadmiumgehalt von wildlebenden Tieren steigt mit zunehmendem Alter. Das am stärksten mit Cadmium belastete Organ ist die Niere. Dieser Zusammenhang zeigte sich bei Feldhasen (TATARUCH, 1985a) als auch bei Gams-, Reh- und Rotwild (TATARUCH, 1985b, HECHT, 1987) sowie bei Fasanen und Rebhühnern (TATARUCH, 1984). Bei Blei, das vor allem in der Leber und in den Rippen angereichert wird, zeigen sich differenziertere Zusammenhänge; HECHT (1986) beschreibt bei Rehen einen Anstieg der Bleikonzentration in der Leber bis zur Mitte des 4. Lebensjahres und darauffolgendes Absinken. TATARUCH (1985b) fand in den Rippen und Lebern von adulten Feldhasen einen signifikant höheren Bleigehalt als bei juvenilen Tieren. Quecksilber wird sowohl in der Leber als auch in der Niere angereichert. Die Altersabhängigkeit des Quecksilbergehalts ist undeutlich ausgeprägt; TATARUCH (1985a) fand bei adulten Feldhasen einen geringfügig höheren Quecksilbergehalt als bei jungen.

Exogene Faktoren

1. Lebensraum

Bei Cadmium konnte ein Zusammenhang zwischen dem geologischen Grundgestein und der Cadmiumbelastung festgestellt werden (TATARUCH, 1985a); Feldhasen, die auf Böden mit niedrigem Kalkgehalt (und niederem pH-

Wert) lebten, zeigten signifikant höhere Cadmiumkonzentrationen in den inneren Organen als auf basenreichen Böden, die ein stärkeres Bindungsvermögen für Cadmium besitzen. HECHT (1987) führt den unterschiedlichen Cadmiumgehalt in Rehlebern aus zwei Gebieten in Nordbayern auf Unterschiede in der Höhenlage und in der Niederschlagsmenge zurück.

Für die Bleibelastung wird der Bleizusatz im Benzin als Hauptverursacher angesehen. TATARUCH (1985a) weist einen eindeutigen Zusammenhang zwischen der Bleikonzentration in den Rippen von Feldhasen und der Verkehrsdichte nach.

Die Quecksilberbelastung von Wildtieren resultiert vor allem aus der Verwendung von quecksilberhaltigen Saatgutbeizmitteln in der Landwirtschaft. Hierdurch sind besonders Tierarten betroffen, die in ackerbaulich genutzten Gebieten leben (Niederwild, aber auch Rehe).

2. Jahreszeit

TATARUCH (1985a) findet bei Feldhasen einen Zusammenhang zwischen der Jahreszeit und dem Gehalt an Blei und Quecksilber, aber keinen für Cadmium; HECHT (1987) gibt für Rehe eine Abhängigkeit der Cadmiumaufnahme von der Jahreszeit an. Der Jahresgang der Schwermetallbelastung und -aufnahme dürfte einerseits von der unterschiedli-

chen Konzentration in den Pflanzen, andererseits mit den jahreszeitlich wechselnden Äsungsgewohnheiten zusammenhängen.

Beurteilung der im Raum Treibach–Althofen genommenen Proben aus Rehen

Generell muß aufgrund der allgemein sehr hohen Schwermetallbelastung vom Verzehr von Wildtierinnereien abgeraten werden (Schwermetalle werden in den inneren Organen akkumuliert).

Es wurden von 4 Rehen die Nieren und von 3 Rehen die Leber auf den Gehalt an Blei, Cadmium und Quecksilber untersucht. Die Gehalte der untersuchten Proben lagen, mit Ausnahme der Cadmiumbelastung einer Niere, im Bereich der in der Literatur angegebenen Schwankungsbreite. Aufgrund des geringen Umfangs des verfügbaren Untersuchungsmaterials könne jedoch keine gesicherten Aussagen zur Wildtierbelastung in diesem Raum gemacht werden.

Anmerkung: Bei der Interpretation von Analysendaten von Wildtieren muß berücksichtigt werden, daß außergewöhnlich hohe Konzentrationen an Blei und Cadmium nach HECHT (1987) auch von extrem kleinen Geschoßsplittern stammen können, die bei der Probenvorbereitung übersehen worden sind. Von den in dieser Untersuchung verwendeten Proben ist nicht bekannt, an welcher Stelle die Tiere getroffen worden sind.

7 ABSCHÄTZUNG DER DIOXINBELASTUNG (PCDD/PCDF IN FICHTENNADELN UND BODEN)

7.1 Fichtennadeln

In Fichtennadeln reichern sich polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane (PCDD/PCDF) aus der Luft an. Vom Umweltbundesamt wurden daher Fichtennadeln (Nadeljahrgang 1987) von der Nähe der Deponie "Roßwiese" und vom

nördlichen Rand des Werksgebietes im April 1988 genommen und auf PCDD/PCDF untersucht.

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse in pg/g angegeben und Analysen von Nadeln von einem Industriegebiet in der BRD gegenübergestellt.

Tab. 28: Ergebnisse der Fichtennadeluntersuchung (Nadeljahrgang 1987) auf PCDD/PCDF (Angaben in pg/g)

	Deponienähe	Werksrand N	Industriegebiet BRD
Summe T4CDD	12	n.n.	1
Summe P5CDD	16	n.n.	13
Summe H6CDD	29	n.n.	76
Summe H7CDD	24	22	85
O8CDD	69	63	84
Summe PCDD	150	85	259
Summe T4CDF	198	96	27
Summe P5CDF	95	53	46
Summe H6CDF	59	35	155
Summe H7CDF	128	172	161
O8CDF	140	150	19
Summe PCDF	620	506	408

Die Ergebnisse zeigen, daß eine Belastung der Nadeln mit PCDD/PCDF vorliegt. Bezogen auf die Summe der PCDD und PCDF ist sie etwa der Belastung in einem Industriegebiet in der BRD vergleichbar. Allerdings sind vor allem die toxikologisch wichtigeren Tetra- CDD und -CDF in der Probe "Deponienähe" stärker vertreten als in den deutschen Vergleichsproben.

7.2 Boden

Dioxine (PCDD/PCDF) werden auch im Boden angereichert. In der Umgebung der Treibacher Chemischen Werke wurden vier Bodenproben (oberste 5 cm un bearbeiteter Grasflächen) analysiert.

Die Ergebnisse der Analysen in Toxizitätsäquivalenten (berechnet nach Vorschlag des Bundesgesundheitsamtes

Berlin) betragen 2, 11, 15 und 28 ng/kg (auffälliges Isomerenmuster, überwiegend hochchlorierte Dibenzofurane). Somit wird in 3 in Werksnähe genommenen Proben der Richtwert des Bundesgesundheitsamtes Berlin für Einschränkung der landwirtschaftlichen Nutzung (5 ng TE/kg Boden) überschritten.

Da die Proben von ungenutzten, unbearbeiteten Flächen stammen, sind allerdings keine landwirtschaftlichen Einschränkungen notwendig, insbesondere auch deshalb, da in den angrenzenden Äckern aufgrund der Bodendurchmischung bei der Bodenbearbeitung mit wesentlich geringeren Belastungen zu rechnen ist. Der Richtwert des Bundesgesundheitsamtes Berlin für Boden-

austausch in Siedlungsgebieten von 1000 ng TE/kg bzw. der verschiedentlich auch vorgeschlagene Wert von maximal 100 ng TE/kg für Spielplätze wird auf den untersuchten Flächen nicht erreicht.

PCDD/PCDF bauen sich im Boden kaum ab. Ein weiterer Immissionseinfluß führt daher zwangsläufig zu einer weiteren Anreicherung im Boden. Es scheint somit dringend notwendig, eventuell noch vorhandene Emissionsquellen ausfindig zu machen und Maßnahmen zur Verhinderung weiterer PCDD/PCDF-Emissionen einzuleiten.

Das Amt der Kärntner Landesregierung wurde vom beschriebenen Sachverhalt umgehend informiert.

8 DIE SCHWERMETALLBELASTUNG DER GURKSEDIMENTE

Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde auch der Einfluß der Treibacher Chemischen Werke auf Sedimente der Gurk untersucht. Das Werksgelände der TCW wird von der Gurk durchflossen. Dabei werden an mehreren Stellen betriebliche Abwässer in den Vorfluter eingeleitet. Die Werksdeponie "Roßwiese" befindet sich ebenfalls unmittelbar neben dem Fluß.

Durch Abwässer der TCW war es in der Vergangenheit zu Verödungen in der Gurk gekommen. Noch im Untersuchungszeitraum 1981/83 war nach Treibach – Althofen bis zur Glanmündung eine Verödung der Gurk infolge chemischer Abwässer feststellbar (KÄRNTNER GEWÄSSERGÜTEATLAS, 1985). Im Jahre 1981 wurde ein größeres Fischsterben registriert, als dessen Ursache vor allem die hohe Belastung der Gurk mit Schwermetallen, insbesondere mit Chrom, angesehen wurde. Chrom wurde noch 1983 in Konzentrationen bis zu 1300 µg/l im Gurkwasser gefunden. Seit dieser Zeit ist der Chromausstoß der TCW durch innerbetriebliche Maßnahmen zurückgegangen. Im Jahre 1987 wurden nur mehr bis zu maximal 15 µg/l nachgewiesen (KÄRNTNER UMWELTSCHUTZBERICHT, 1988).

Auf Grund der vielfältigen Produktionsbedingungen im Bereich der TCW erschien es notwendig, eine breite Palette potentieller Schadstoffe zu bestimmen.

Während Wasseranalysen meist nur Auskunft über die aktuelle Belastung des Gewässers mit einem Schadstoff geben können, erhält man mit Sedimentuntersuchungen einen Mittelwert der Belastungen über einen längeren Zeitraum und damit eine Aussage über den charakteristischen Zustand eines Gewässers schlechthin (HELLMANN, 1970; VOGEL & CHOVANEC, in Druck). An-

ders als beispielsweise bei Analysendaten von Pflanzen- und Tiermaterial steht für Sedimentuntersuchungen eine große Zahl von Vergleichsdaten zur Verfügung. So wurden z.B. in Oberösterreich von 1984 – 1986 55 Bäche und Flüsse unterschiedlicher Größe an insgesamt über 680 Stellen untersucht.

Damit liegen erstmals flächendeckend Sedimentdaten für ein ganzes Bundesland vor (AMTL. OÖ. WASSERGÜTEATLAS, 1987). Seit dem Erscheinen des GEOCHEMISCHEN ATLAS DER REPUBLIK ÖSTERREICH (1989) steht eine weitere, wenngleich nicht flächendeckende dennoch sehr umfangreiche Sammlung von Sedimentdaten zur Verfügung. Darüber hinaus kann der Grad der Belastung mit dem von MÜLLER (1979) vorgeschlagenen Geoakkumulationsindex abgeschätzt werden, was sich bei diffusen Einleitungen bewährt hat.

Zur Erfassung des Gefährdungspotentials belasteter Sedimente ist neben dem Absolutgehalt die Mobilisierbarkeit der einzelnen Schadstoffe von Bedeutung. Zu deren Abschätzung wurde die Methode der sequentiellen Laugung angewendet.

Mittels Tiefenprofilen können gewisse Rückschlüsse auf vergangene Belastungen gezogen werden. An einigen ausgewählten Stellen wurden daher Bohrkerne gezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Geologischer Background

Wie die mineralogischen Untersuchungen zeigen, stammen die untersuchten Sedimente aus einem kristallinen Einzugsgebiet. Karbonate fehlen vollkommen. Der Schichtsilikatanteil ist mit 20 bis 40 M-% relativ hoch. Quarz ist mit 30 bis 50 M-% und Feldspäte (Plagioglas und

angegeben (WEDEPOHL, 1984). In Sedimenten deutscher Flüsse werden im Mittel 100 – 150 ppm Nickel gefunden (Fraktion > 0.002 mm). Dieser Wert wird, in der Fraktion < 0.02 mm, nur in der unmittelbaren Umgebung von Einleitungen überschritten. Die Nickelkonzentration erreicht noch im Bereich des Werkes wieder das Referenzniveau.

Beryllium

Die Berylliumkonzentration stieg im Werksbereich nur geringfügig über den Referenzwert an, lag jedoch dabei immer innerhalb für diesen Raum typischen Grenzen von ca. 3 bis 6 ppm (GEOCHEMISCHER ATLAS DER REPUBLIK ÖSTERREICH, 1989).

Cadmium und Quecksilber

Die Cadmium- und Quecksilberkonzentration ist an einigen Stellen im Bereich von Einleitungen erhöht, überschreitet dabei aber nicht den "tolerierbaren Gesamtgehalt für Kulturböden" (3 ppm für Cd, 2 ppm für Hg; KLOKE, 1980). Die Zunahme der Quecksilberkonzentration erstreckt sich dabei offensichtlich über einen wesentlich weiteren Flußabschnitt (bis über Brugga).

Die Werte liegen insgesamt eher im unteren Konzentrationsbereich der für Sedimente referierten Angaben. So wurden beispielsweise in Sedimenten deutscher Flüsse Durchschnittswerte von ca. 10 – 20 ppm Cd und 5 ppm Hg (in der Tonfraktion) gefunden.

Molybdän

Die Werte für Molybdän erreichen im Werksbereich Konzentrationen bis maximal 50 ppm im Gesamtsediment (ca. 90 ppm in der Fraktion < 0.02 mm). Die vor dem Werk gefundenen Konzentrationen entsprechen etwa den Durchschnittswerten in diesem Gebiet (ca. 1 ppm in der Fraktion < 0.18 mm;

GEOCHEMISCHER ATLAS DER REPUBLIK ÖSTERREICH, 1989), ca. 7 km nach dem Werk sind diese Werte mit 6.5 ppm (10 ppm in der Feinfraktion) noch deutlich überschritten.

Vanadium

Die Vanadiumkonzentration ist nur im unmittelbaren Bereich einiger Einleitungen gegenüber der Referenz erhöht. Insgesamt liegen die Werte (incl. der Referenz) deutlich über den sonst für dieses Gebiet erhobenen Konzentrationen (ca. 10 – 50 ppm in der Fraktion < 0.18 mm; GEOCHEMISCHER ATLAS DER REPUBLIK ÖSTERREICH, 1989). In Sedimenten deutscher Bäche wurden Werte von < 3 ppm bis zu 710 ppm mit einem Zentralwert von 40 ppm nachgewiesen (GEOCHEMISCHER ATLAS DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND, 1985).

Bei Position 9 wurden in einer Tiefe von 35 – 45 cm neben hohen Chromkonzentrationen auch sehr hohe Vanadiumkonzentrationen gefunden (ca. 1000 ppm im Gesamtsediment, 2200 ppm in der Feinfraktion). Diese hohen Konzentrationen sind möglicherweise auf ältere Emissionen zurückzuführen.

Wolfram

Die Wolframkonzentration im Sediment steigt im Bereich der Werkseinleitungen auf über 50 ppm an, sinkt jedoch bereits im Werksbereich auf unter 20 ppm. Oberhalb des Werkes wurden < 1 bzw. 8 ppm, in tieferen Schichten bis 14 ppm gefunden. Die Konzentration unterhalb des Werkes (Brugga) beträgt 11 ppm. In einer großangelegten Untersuchung von Bachsedimenten der BRD (FAUTH et al., 1985) lagen 95 % der Werte unter der Nachweisgrenze von 2 ppm (Fraktion > 0.2 mm). Die Wolframkonzentrationen sind demzufolge insgesamt als sehr hoch einzustufen. Den im GEOCHEMISCHEN ATLAS DER REPUBLIK ÖSTERREICH

(1989) veröffentlichten Angaben zufolge wurden in diesem Gebiet wiederholt einzelne hohe Werte für Wolfram gefunden, die meisten Analyseergebnisse lagen jedoch unter der Nachweisgrenze von 1 ppm.

Zinn

Im Werksbereich konnte eine geringfügige Zunahme der Zinnkonzentrationen festgestellt werden.

Der Geoakkumulationsindex (I_{geo}):

Die Sedimentbelastung kann nach MÜLLER (1979) mit dem Geoakkumulationsindex dargestellt werden. Als Bezugsgröße wird ein durchschnittliches, anthropogen sicher unbelastetes Background – Vergleichssediment herangezogen.

Der I_{geo} wird errechnet als:

$$I_{geo} = \log_2 \frac{\text{gemessene Konzentration}}{1.5 \cdot \text{Background} - \text{Konzentration}}$$

Tab. 29: I_{geo} für einige ausgewählte Elemente

	"background" TUREKIAN & WEDEPOHL, 1961	oberhalb des Werkes ($< 20 \mu\text{m}$)	unterhalb des Werkes ($< 20 \mu\text{m}$)	I_{geo} der Sedimente unterhalb des Werkes bezogen auf "background" ($< 2 \mu\text{m}$)
Co	19	24	27	-0.078
Pb	20	54	65	1.12
Cu	45	80	72	0.09
Ni	68	59	124	0.28
Cr	90	139	263*	0.96
Zn	95	208	208	0.55
Sr	300	141	142	-1.66

(*: ohne den Wert von 4000 ppm einer Probe aus tieferen Schichten).

Der obigen Darstellung ist der jeweils ganze Sedimentkern (Mittelwerte) zugrundegelegt.

Obergrenzen der Indexklassen für den Geoakkumulationsindex:

- 0 prakt. unbelastet
 - 1 unbelastet bis mäßig belastet
 - 2 mäßig belastet
- die Skala reicht bis zur oben offenen Klasse 6 (übermäßig belastet).

Die Sedimente unterhalb des Werkes (einschließlich jener im Werksbereich) sind bezüglich der oben angegebenen Elemente nach dieser Definition als "praktisch unbelastet" bis "unbelastet bis mäßig belastet" einzustufen. Die etwas höheren Bleikonzentrationen ("mäßig

belastet") sind offensichtlich (s. Referenzwerte) nicht auf Werkseinleitungen zurückzuführen.

Tiefenprofile

In größerer Tiefe wurden zum Teil wesentlich höhere Konzentrationen als an der Oberfläche nachgewiesen (bei Pos. 7 für Ce, La, Th, und U; bei Pos. 9 für Cr und V). Diese sind vermutlich auf ältere Einleitungen zurückzuführen. Aufgrund der unsicheren Sedimentationsbedingungen (Stauhaltung mit Grundablaß usw.) ist eine genauere Datierung der einzelnen Schichten jedoch nicht möglich. Ausgewählte Tiefenprofile sind in Abbildung 52 dargestellt.

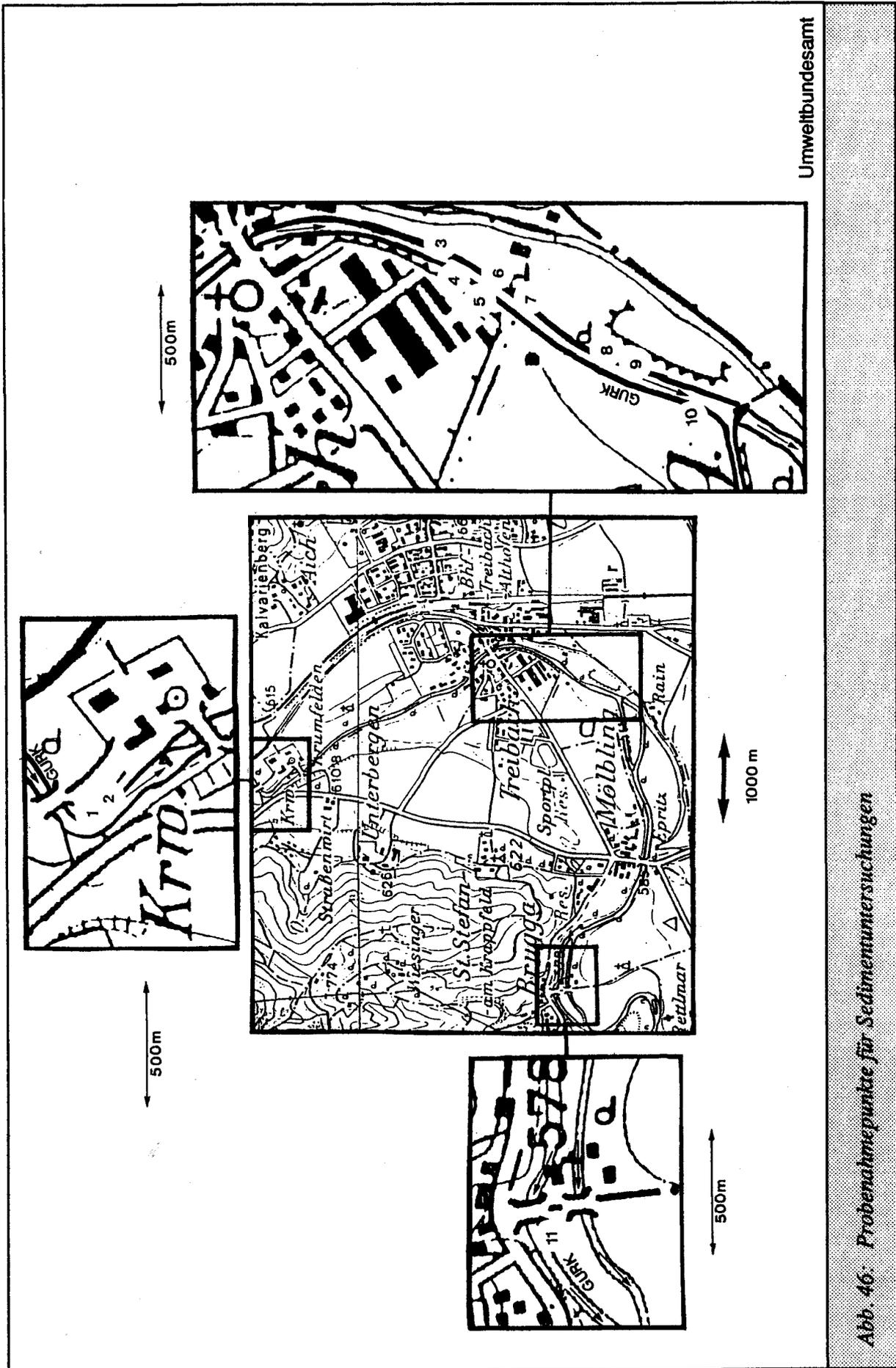
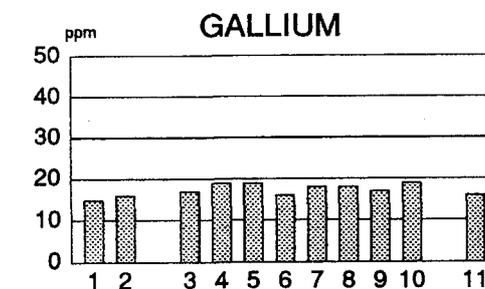
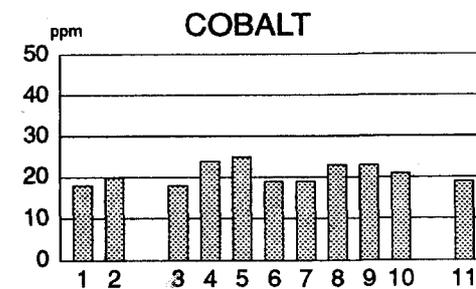
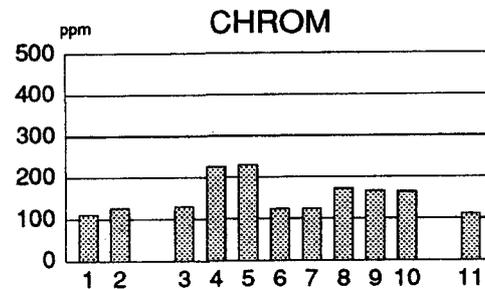
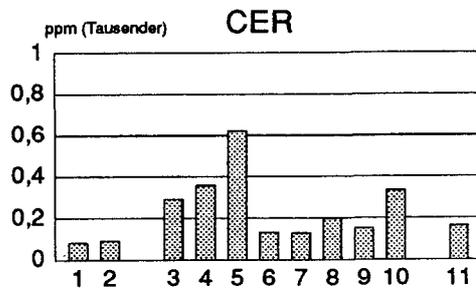
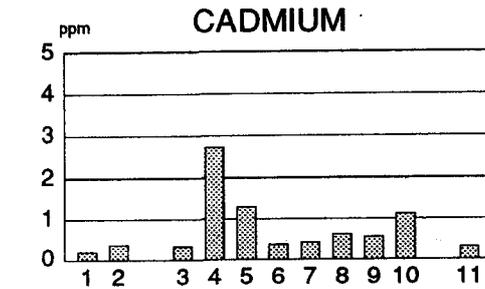
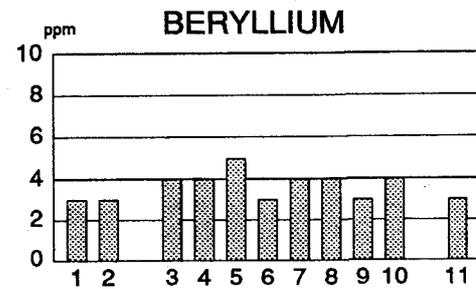
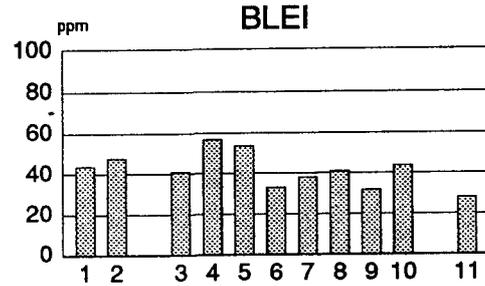
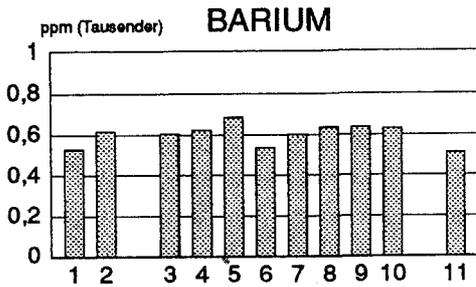
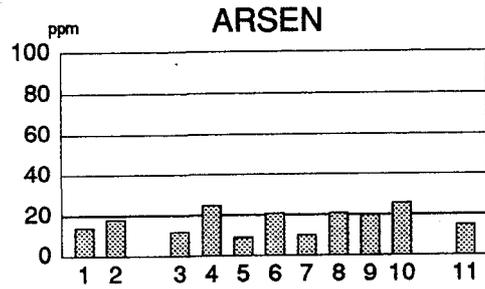
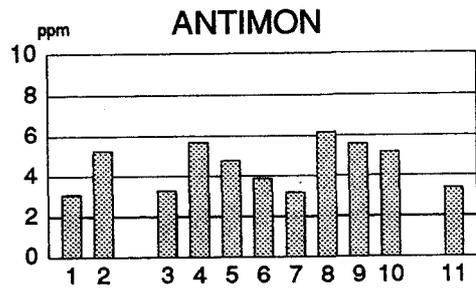


Abb. 46: Probenahmepunkte für Sedimentuntersuchungen



Umweltbundesamt

Abb. 47: Metalle in Gurksedimenten – Gesamtsediment; Probenahmepunkte s. Abb. 46

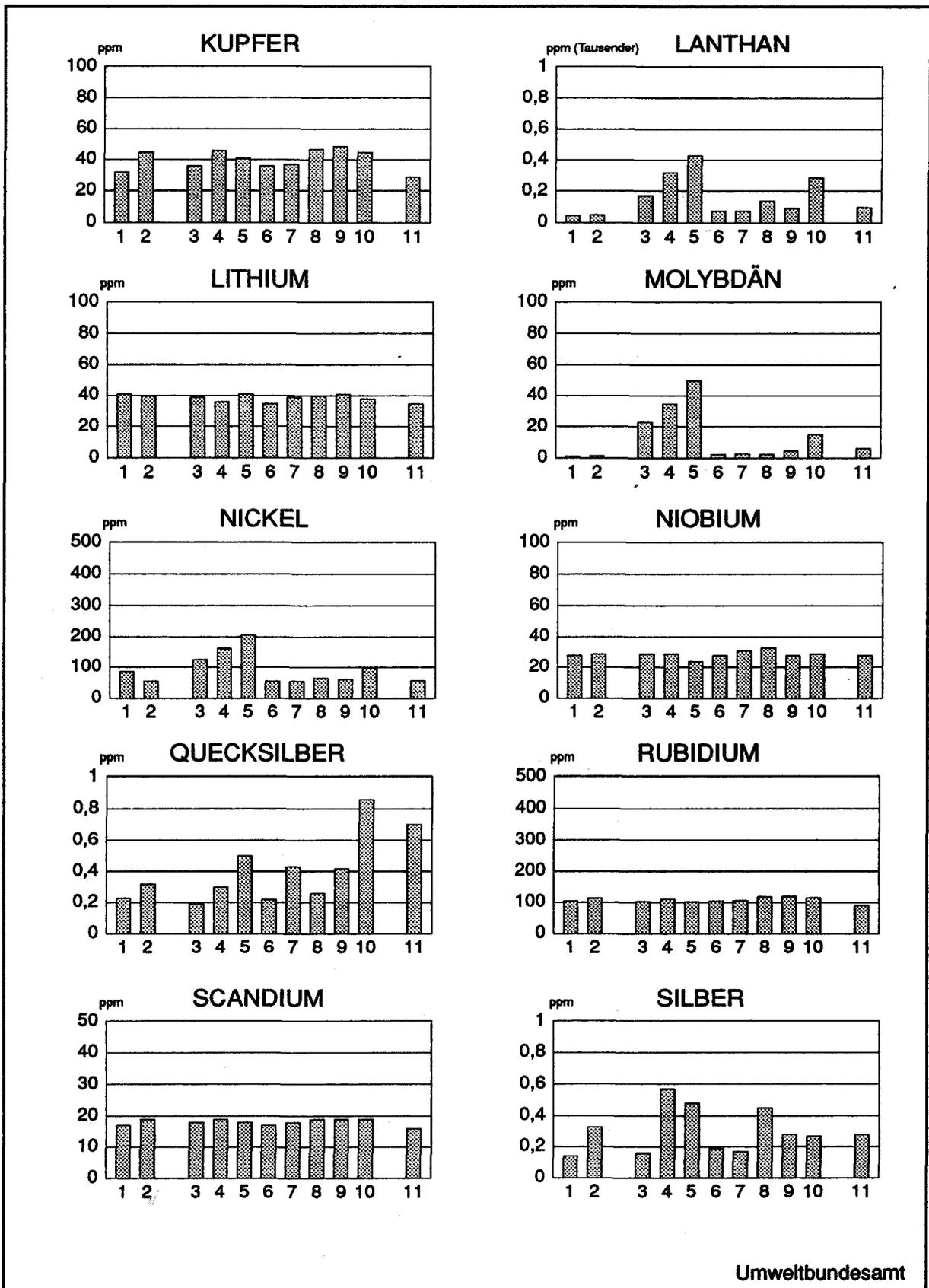
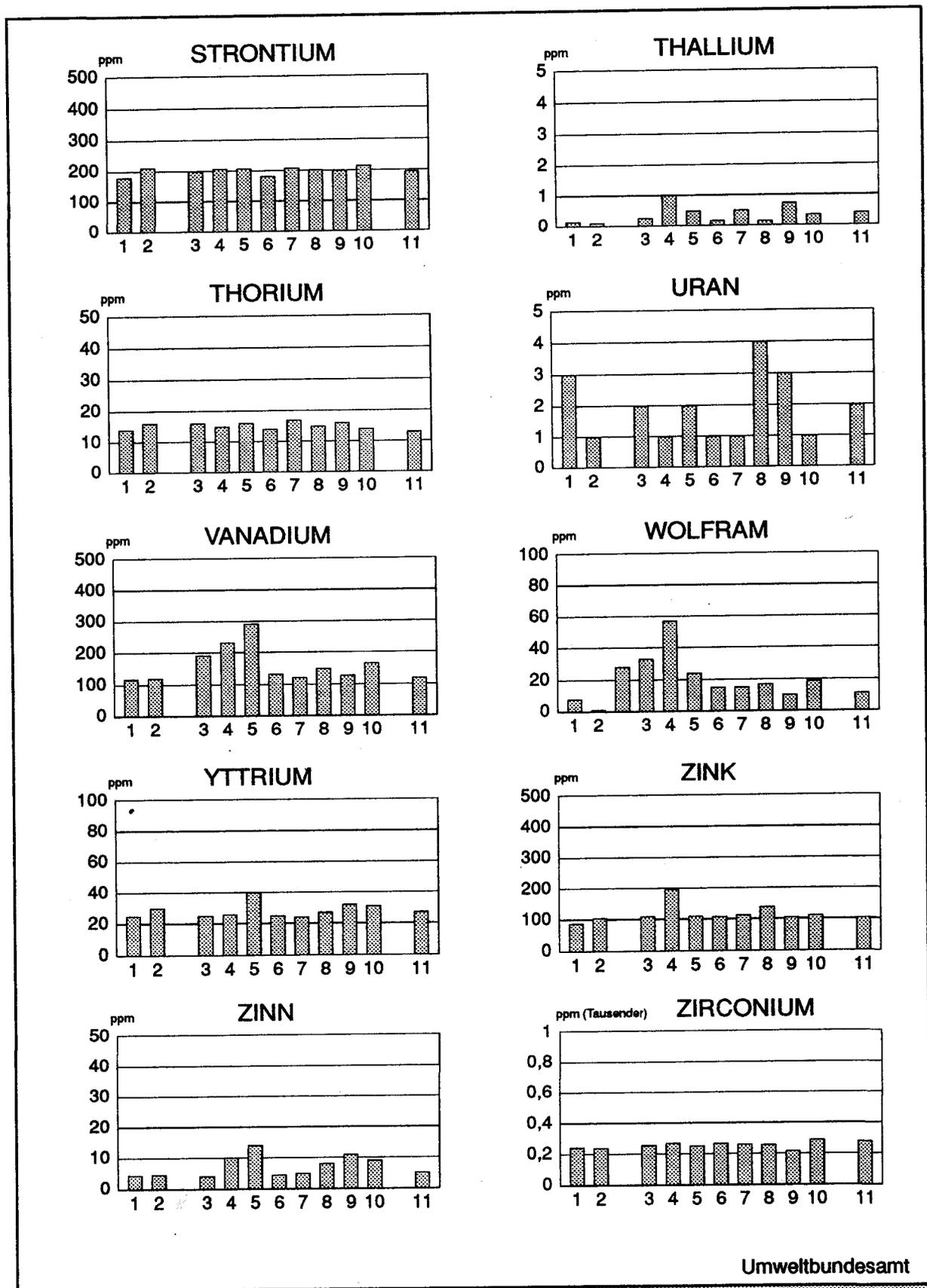
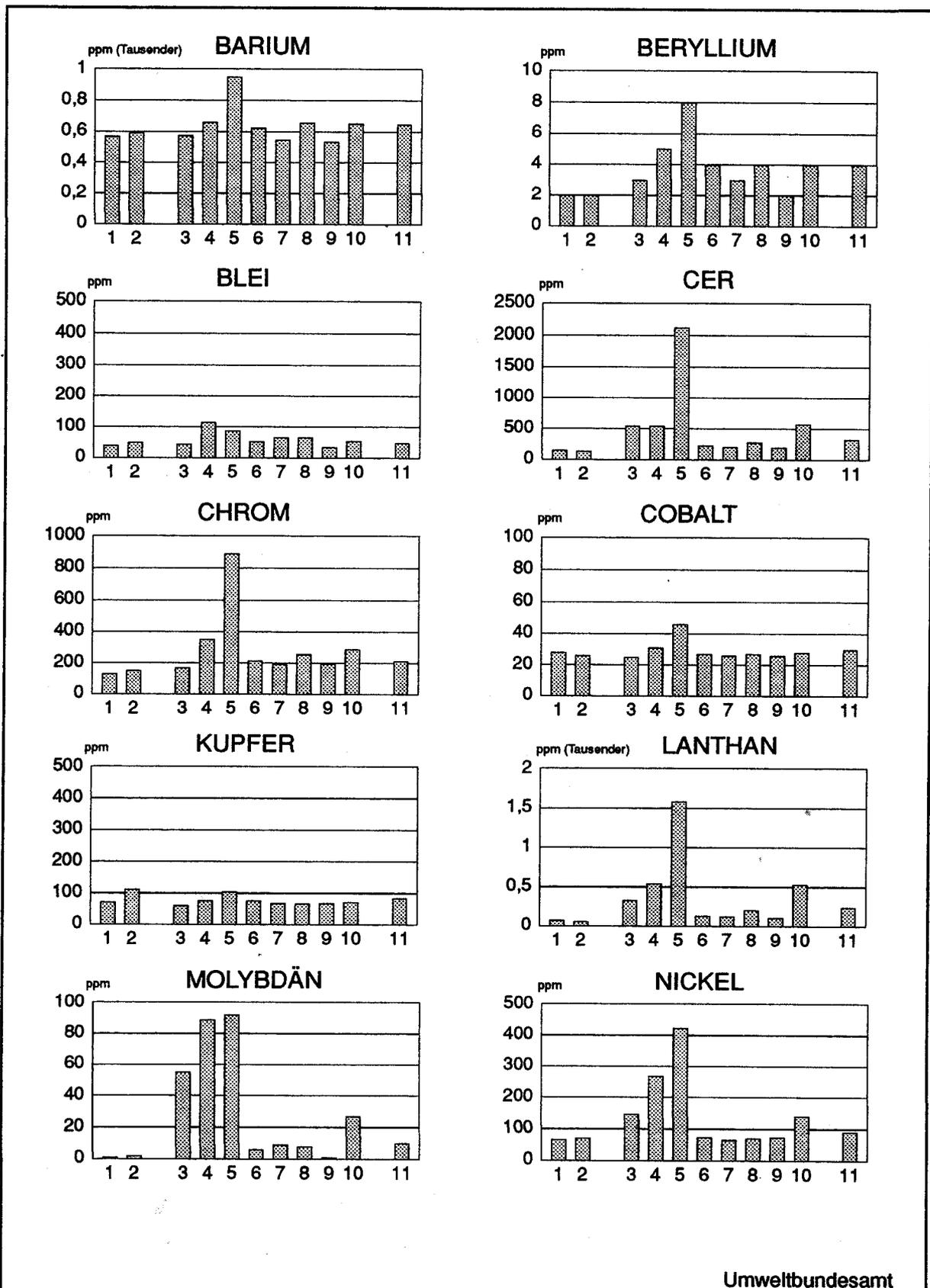


Abb. 48: Metalle in Gurksedimenten – Gesamtsediment; Probenahmepunkte s. Abb. 46



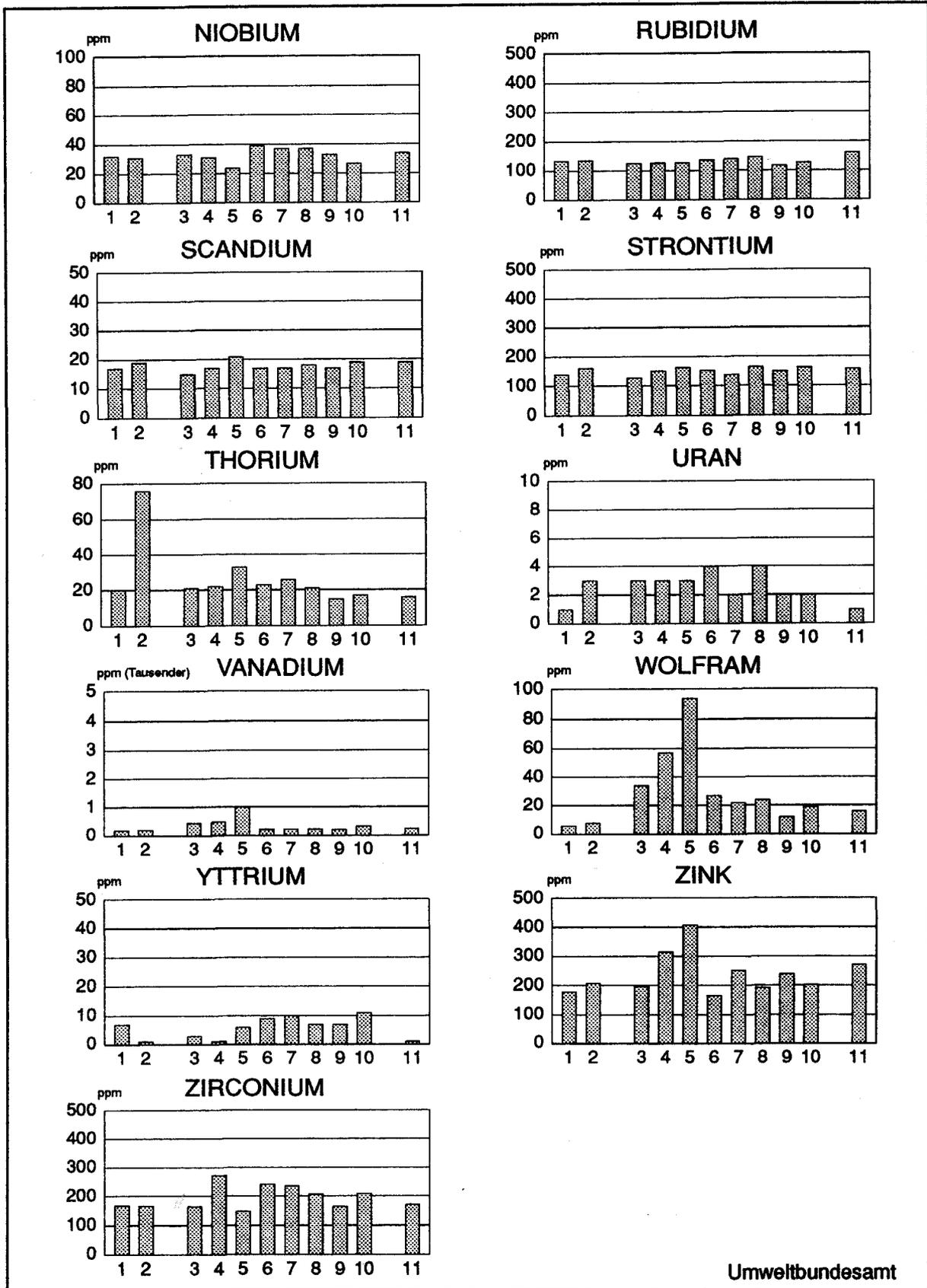
Umweltbundesamt

Abb. 49: Metalle in Gurksedimenten – Gesamtsediment; Probenahmepunkte s. Abb. 46



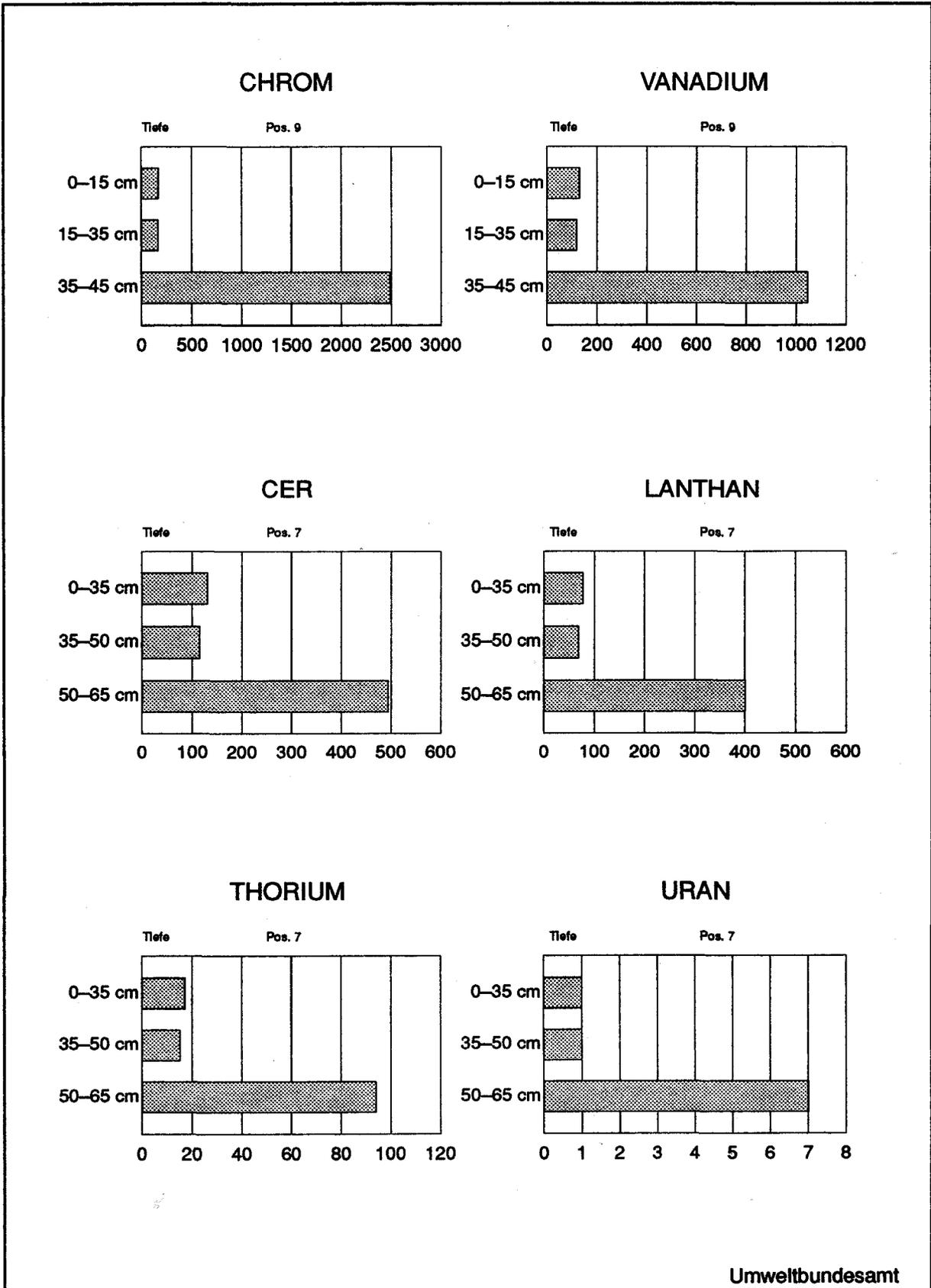
Umweltbundesamt

Abb. 50: Metalle in Gurksedimenten – Fraktion < 0.02 mm; Probenahmepunkte s. Abb. 46



Umweltbundesamt

Abb. 51: Metalle in Gurksedimenten – Fraktion < 0.02 mm; Probenahmepunkte s. Abb. 46



Umweltbundesamt

Abb. 52: Metalle in Gurksedimenten, Tiefenprofil – Gesamtsediment, Angaben in ppm, Probenahmepunkte s. Abb. 46

Sequentielle Laugung:

Die Mobilisierbarkeit der einzelnen Elemente, und damit auch deren Bioverfüg-

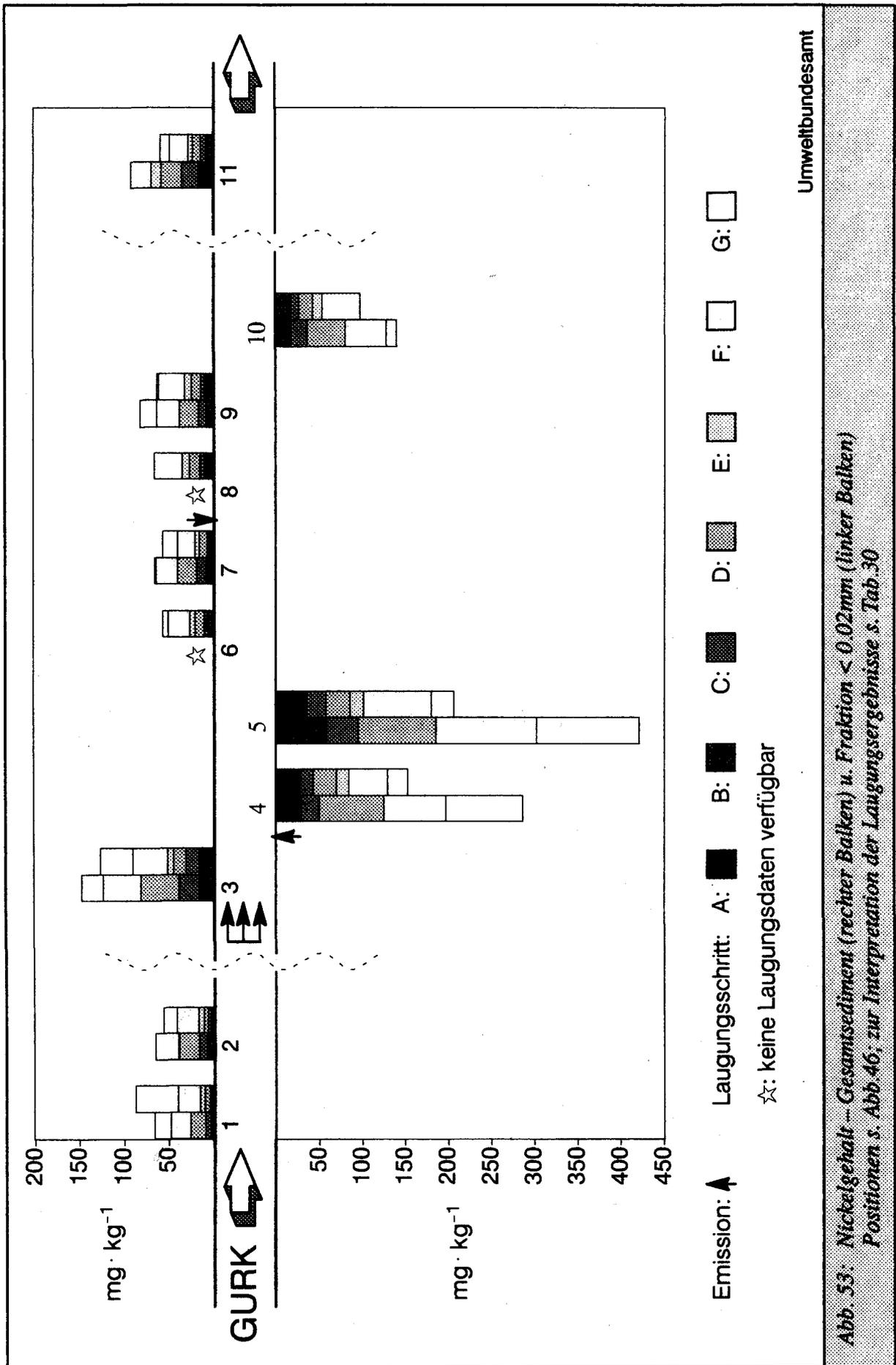
barkeit, wurde mit der Methode der sequentiellen Laugung bestimmt und in den Abbildungen 53 und 54 dargestellt.

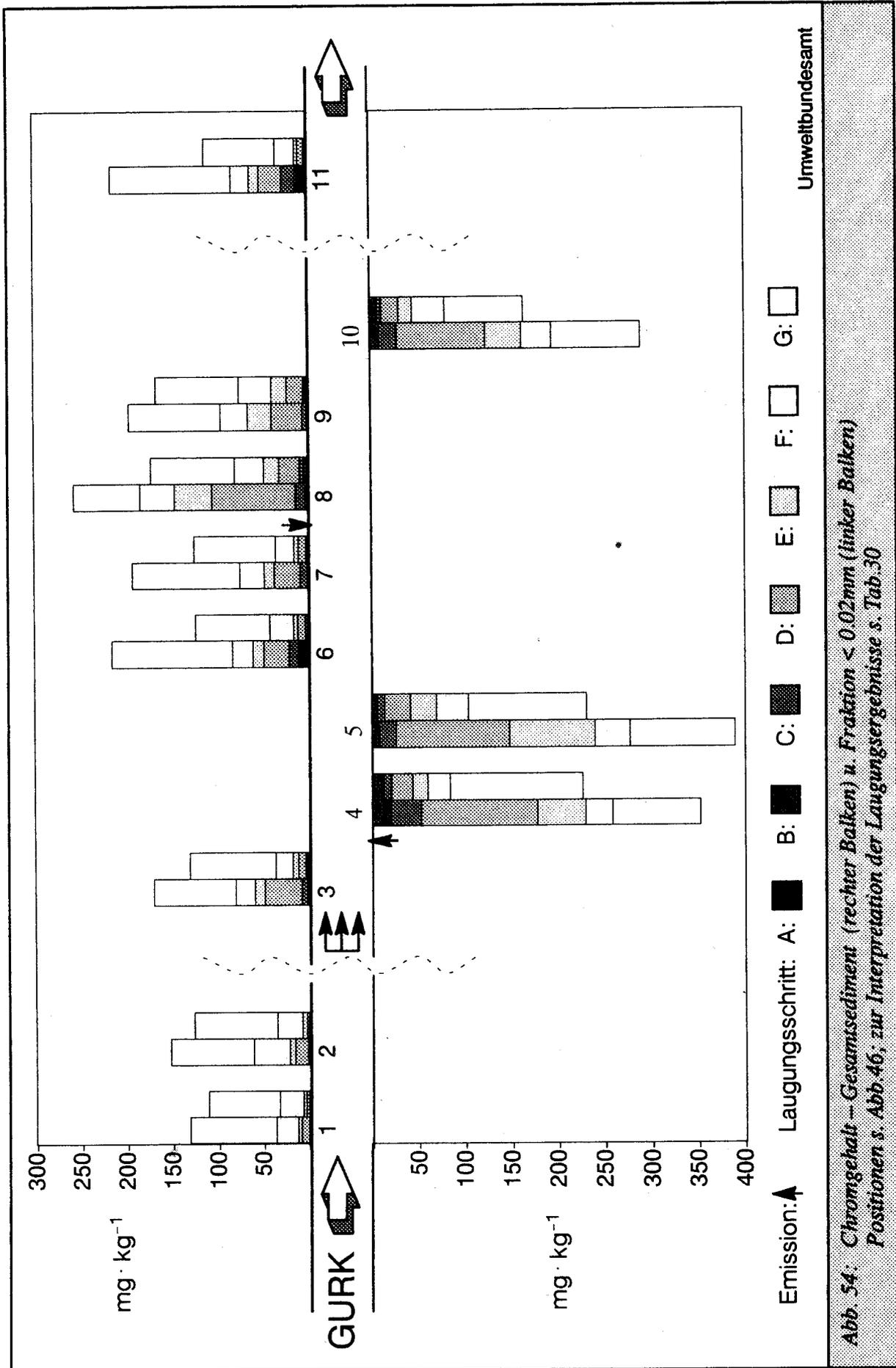
Tab. 30: Interpretation der einzelnen Laugungsschritte (zit. nach KRALIK & SAGER, 1986)

Laugungsschritt / Freisetzung	Verfügbarkeit
A: austauschbar / Salze	rasch; durch Wasser, für Algen, Pflanzen, Fische
B: Karbonat / Säuren	Versauerung, Verdauung
C: restl. Karbonate (Dolomit), amorphe Eisenhydroxide/ Säuren	Versauerung, Verdauung, "biologische Verwitterung"
D: Eisenhydroxide (Coatings) / Säuren	bei Fäulnis; Versauerung + Anaerobie, vermindert durch Fällung v. Sulfiden
E: organ. Verbindungen Sulfide / Enzyme, Laugen, Photolyse	langsam, oxidativ, Verdauung nicht generell
F: Silikate/ Verwitterung	langsam, nur für gewisse Bakterien
G: Silikate / keine	keine kurzfristige

Für die Elemente Chrom und Nickel wurde eine überproportionale Zunahme der leichter mobilisierbaren Fraktionen festgestellt. Eine ausführliche Interpretation

der Laugungsergebnisse hinsichtlich der Bindungsformen der Elemente wird in SAGER & VOGEL (in Vorbereitung) gegeben.





Zusammenfassung

Im Vergleich mit durchschnittlichen, unbelasteten Flußsedimenten konnten in den Sedimenten der Gurk erhöhte Konzentrationen einer Reihe von Metallen gefunden werden. Die gefundenen Metallbelastungen sind, wie unter anderem durch Referenzmessungen oberhalb des Werkes bestätigt werden konnte, zum Teil auf die geologischen Besonderheiten des Einzugsgebietes der Gurk zurückzuführen. Eine auffällige Konzentrationszunahme im Werksbereich wurde hingegen für die Elemente Cadmium, Cer, Chrom, Lanthan, Molybdän, Nickel, Quecksilber, Thallium, Vanadium, Wolfram und Zinn nachgewiesen.

Eine weit über den Werksbereich hinausreichende, vermutlich auf Emissionen

der TCW zurückzuführende Belastung, wurde bei den Elementen Molybdän, Lanthan, Cer und Quecksilber gemessen. Die Lanthan- und Cerkonzentrationen sind ca. 7 km nach dem Standort der TCW noch etwa doppelt so hoch wie am Referenzstandort oberhalb des Werkes. Beide Elemente stellen jedoch im allgemeinen kein umwelttoxikologisches Problem dar. Die Quecksilberkonzentrationen liegen unter den Durchschnittswerten für Sedimente, die Molybdänkonzentrationen hingegen deutlich darüber.

Einige, in tiefer gelegenen Sedimentproben gefundene, höhere Konzentrationen (Cer, Lanthan, Thorium, Uran, Chrom und Vanadium) lassen auf höhere Belastungen in der Vergangenheit schließen.

9 METHODIK (Probenahme und Analytik)

9.1 PAH-Analytik

Die Probenahme erfolgte durch Abscheidung des Staubes auf Glasfaserfilter, mit Polymethanschaum als zusätzliches Sorptionsmedium für dampfförmige Komponenten, wobei Kleinfiltergeräte der Type GS 050 zum Einsatz kamen. Die Probenaufarbeitung bestand in einer 24-stündigen Soxhlet-Extraktion mit Cyclohexan und nachfolgender Einengung im Stickstoffstrom. Durch eine im Mikromaßstab durchgeführte Flüssig-Flüssig-Verteilung der Probe zwischen Cyclohexan und Dimethylformamid/Wasser wird die PAH-Fraktion isoliert. Eine zusätzliche Reinigung wird durch eine Hplc-Fraktionierung erreicht.

Die Auftrennung des PAH-Gemisches erfolgte mittels Kapillar-Gaschromatographie mit massenspezifischer Detektion, wobei die Quantifizierung über einen internen Standard erfolgte (Fresenius Z. Anal. Chem. (1987) 327: 723-724).

9.2 Grasuntersuchungen (zu Kapitel 4.6)

Die Grasproben wurden ohne Vorbehandlung getrocknet, homogenisiert, mit HNO_3 unter Druck aufgeschlossen und mittels AAS (Graphitrohrtechnik, Zeemankompensation) gemessen.

9.3 Gemüse von Hausgärten (zu Kapitel 5.1)

Blätter und Wurzeln wurden vor Ort geteilt und getrennt transportiert. Boden-

proben wurden aus den gleichen Beeten geworben und die Eigentümer der Beete über Düngung und Bearbeitung befragt, um die Analysenergebnisse entsprechend interpretieren zu können.

Die Gemüseproben wurden gewaschen, getrocknet, mit einer Kugelmühle homogenisiert, unter Druck mit HNO_3 aufgeschlossen und mittels AAS (Graphitrohrtechnik, Zeemankompensation) gemessen.

9.4 Bodenuntersuchungen (zu Kapitel 5.1 und 6.2)

Die Proben wurden (teilweise) nach Horizonten getrennt, luftgetrocknet, gesiebt (2 mm-Sieb) und nach ÖNORM-1085 Punkt 3.5.2. aufgeschlossen. Die Analyse erfolgte mittels AAS (Flamme, bzw. HGA bei Cadmium).

9.5 Pilzuntersuchungen (zu Kapitel 6.4)

Die bei Raumtemperatur getrockneten Pilzproben wurden in PTFE-Druckbomben mit HNO_3 aufgeschlossen und wie folgt analysiert.

ICP: Ag, Be, Cd, Co, Cr, Cu, K, Ni
AAS: Hg (Kaltdampfverfahren), Mo, Pb, Zn

Zwischen den mit einem Edelstahlmesser und den mit einem Kunststoffmesser geschnittenen Pilzproben konnten für kein Metall nennenswerte Unterschiede in den Pilzen festgestellt werden.

10 ABSCHÄTZUNG DES GEFÄHRDUNGSPOTENTIALS DER DEPONIE ROßWIESE DER TREIBACHER CHEMISCHEN WERKE

Vom Umweltbundesamt wurde eine Gefährdungsabschätzung der werkseitigen Deponie Roßwiese durchgeführt. Die Ergebnisse wurden 1989 in einem Report des Umweltbundesamtes veröffentlicht (UBA-89-036). Im folgenden werden die wesentlichen Aspekte zusammenfassend und aktualisiert dargestellt.

Die Ergebnisse der Vorerkundung sowie die Tatsache, daß die Deponie im vermuteten Einzugsbereich der geplanten Trinkwasserversorgungsanlagen von St. Veit/Glan und Klagenfurt liegt, führten dazu, daß bei der Untersuchung möglicher Einflüsse der Deponie auf die Schutzgüter Luft, Boden und Wasser, von diesen in erster Linie das Grundwasser betrachtet wurde.

Eine mögliche Beeinträchtigung des Bodens im Umfeld der Deponie durch staubförmige Emissionen (Windverfrachtungen) aus dem Deponiebereich wurde in die Luft- und Depositionsuntersuchungen einbezogen.

Deponieinhalt

* Art der abgelagerten Abfälle

Der Grad einer möglichen Beeinträchtigung des Grundwassers wird im wesentlichen vom Stoffinventar und von der technischen Ausstattung (Dichtsysteme etc.) der Deponie bestimmt.

Zur Erkundung des Stoffinventars wurde eine Zusammenstellung der Produktionsabfälle des Betriebes mit Mengenangaben und Angaben zur Abfallzusammensetzung verwendet, die von den Treibacher Chemischen Werken dem Umweltbundesamt zur Verfügung gestellt wurde. Weiters konnte De-

poniesickerwasser aus einem Teil der Deponie entnommen und chemisch analysiert werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen ergaben zusätzliche Erkenntnisse über Art und Gefährlichkeit der abgelagerten Stoffe.

Direkte Aufschlüsse im Deponiekörper erfolgten nicht. Dazu wäre eine beträchtliche Anzahl von Bohrungen oder Schürfen notwendig gewesen, deren Durchführung in der zur Verfügung stehenden Zeit und mit den zur Verfügung stehenden Mitteln nicht möglich war.

Aus der Summe der in den Treibacher Chemischen Werken anfallenden Abfallstoffe konnten vor allem nachfolgende Abfälle bestimmt werden, die aufgrund ihrer Zusammensetzung, ihrer Menge und ihres Auslageverhaltens ein erhöhtes Gefährdungspotential für das Grundwasser darstellen:

- Tinkalschlämme (aus der Aktivsaurestoffanlage mit einem hohen Anteil wasserlöslichen Bors),
- Laugungsrückstände (aus der Vanadinanlage mit einem hohen Anteil wasserlöslichen Vanadiums sowie mäßigen Löslichkeiten an Chrom).
- Vermutet werden können weiters vor allem Belastungen mit Natrium, Sulfat und Chlorid (insbesondere aus den Reststoffen der Vanadinanlage) und Molybdän aus verschiedenen Schlacken.

Das Auslageverhalten unter Deponiebedingungen wurde durch Sickerwasseranalysen festgestellt. An zwei Stichproben aus dem Sickerwasser bei unterschiedlichen Witterungsbedingungen konnten die Vermutungen über das qualitative Auslageverhalten größtenteils bestätigt werden. Im Sickerwasser

wurden sehr hohe Werte für Natrium, Sulfat und Chlorid festgestellt, was aufgrund der in der Produktion verwendeten Ausgangsstoffe und Chemikalien auch zu erwarten war. Die Analysenergebnisse zeigen somit, daß es sich bei den abgelagerten Abfallarten nicht um ausschließlich inertes Material handelt.

Die Untersuchung des Sickerwassers ergab keinen Hinweis, daß auf der Deponie größere Mengen organischer Schadstoffe abgelagert wurden.

* Menge der abgelagerten Abfälle

Mit Hilfe der Auswertung von Luftbildern aus den Jahrgängen 1952, 1971 und 1984 mit einem EDV-gestützten Bildanalysesystem konnte die zeitliche Entwicklung der Volumszunahme der abgelagerten Stoffe quantifiziert werden. Es zeigte sich, daß im Jahr 1952 noch keine Abfallablagerung stattgefunden hat, im Jahre 1971 das Schüttvolumen 48670 m³ betrug und bis zum Jahr 1984 auf 240520 m³ zugenommen hat. Der Vergleich mit den Werksangaben über die Menge der abgelagerten Produktionsabfälle ergab eine gute Übereinstimmung.

Weiters wurde untersucht, ob in den einzelnen Produktionsanlagen noch andere Abfälle in bedeutenden Mengen anfallen könnten, als im Deponiebuch angegeben sind. Soweit aus den dem Umweltbundesamt zur Verfügung gestandenen Unterlagen hervorgeht, dürfte dies nicht der Fall sein.

Von seiten des Werkes wurde angegeben, daß während eines gewissen Zeitraumes auch Bauschutt der Gemeinde Treibach auf der Deponie abgelagert wurde.

Grundwasseruntersuchung

Ziel der Grundwasseruntersuchungen war es, Informationen über die lokalen

hydrologischen und hydrogeologischen Verhältnisse zu erhalten und durch stichprobenartige qualitative Untersuchungen eine mögliche Beeinträchtigung des Grundwassers festzustellen. Dazu wurden bestehende Peilrohre und Brunnen herangezogen (s. Abb. 55).

Die Errichtung weiterer Grundwasserbeobachtungsstellen sowie die Durchführung von Meßreihen über einen längeren Zeitraum waren im Rahmen der zur Verfügung stehenden Zeit nicht möglich.

Die Kenntnis der Grundwasserströmungsverhältnisse ist Grundlage für die Beurteilung einer Schadstoffausbreitung. Im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen konnte diese Fragestellung nicht eindeutig geklärt werden.

Eine signifikante Beeinträchtigung des Grundwassers durch die Deponie wurde nur im Peilrohr 1 im Schüttbereich festgestellt. Vor allem Calcium, Natrium, Chlorid, Sulfat, Nitrat, Bor und Molybdän traten in stark erhöhten Konzentrationen auf.

Bor wird bei der Durchwanderung des Untergrundbereiches weder abgebaut, noch am Korngerüst des Bodens adsorbiert und ist daher als spezifischer Verschmutzungsindikator (Leitparameter) für diese Deponie geeignet.

Die qualitative Analyse der Grundwasserproben ergab, daß das Grundwasser unterstromig der Deponie von dem oberstromig gelegenen bezüglich der hydrochemischen Parameter differiert. Die gemeinsam mit der Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal durchgeführte ¹⁸O-Untersuchung gibt den Hinweis, daß das Grundwasser im Bereich Peilrohr 2, Brunnen Schebath und Brunnen Kappel auch Anteile besitzt, die einem anderen Einzugsbereich zuzuordnen sind als das Grundwasser in den Berei-

chen TCW-Brunnen, Peilrohr 1 und Brunnen Tilly.

Andernfalls könnte die unterschiedliche hydrochemische Beschaffenheit im Abstrombereich der Deponie auch auf einen Einfluß der Deponie oder auf andere anthropogene Einflüsse (z.B. Landwirtschaft) zurückzuführen sein.

Beurteilung

Es gibt folgende Gründe, daß nur unmittelbar unter der Ablagerung die für die Deponie typischen Substanzen wie z.B. Bor und Molybdän in auffälligen Konzentrationen nachgewiesen wurden:

- die große Grundwassermächtigkeit bewirkt eine starke Verdünnung,
- die Kontaminationsfahne wird mit den vorhandenen Beobachtungsstellen nicht eindeutig erfaßt,
- der Einflußbereich oberstromiger Brunnen (Entnahme ca. 120 l/s) reicht bis zur Deponie und wirkt vermindern auf die Ausbreitung der Schadstoffe in andere Richtungen.
- Zusätzlich dürfte die im Peilrohr 1 (im Deponiebereich) betriebene Pumpe die Schadstoffausbreitung vermindern beeinflussen.

Von den im Grundwasser analysierten Parametern liegt bei Bor im Peilrohr 1 eine Grenzwertüberschreitung entsprechend dem Österreichischen Lebensmittelbuch, III. Auflage, Kapitel B1: Trinkwasser, vor.

Ein Vergleich mit anderen Untersuchungen zeigt, daß die Konzentrationen erheblichen zeitabhängigen Schwankungen unterworfen sind. Bei den Schwermetallgehalten konnte bei keiner Beobachtungsstelle eine Grenzwertüberschreitung festgestellt werden. Dazu muß bemerkt werden, daß für Vanadium, Molybdän und Wolfram in

Österreich keine Grenzwerte für Trinkwasser existieren.

Eine auf die Deponie zurückzuführende Beeinträchtigung des Grundwassers ist nur im unmittelbaren Bereich der Deponie (Peilrohr 1) festzustellen. Die Meßergebnisse der Stoffkonzentrationen bei den untersuchten Beobachtungsstellen lassen Aussagen über eine großräumige Schadstoffausbreitung nicht zu.

Um einen Schadstoffaustrag zu unterbinden, wurde vom Werk auf der Deponie eine Oberflächenabdichtung bzw. eine Zwischenabdichtung errichtet. Die Ausführung der Dichtsysteme entspricht vor allem im alten Teil der Deponie nicht dem heutigen Stand der Technik.

Eine Meßreihe des Amtes der Kärntner Landesregierung der Bor- und Molybdänkonzentrationen im Peilrohr 1 über einen Zeitraum von fast drei Jahren (s. Abb. 56) läßt nach wie vor hohe Konzentrationen dieser Schadstoffe und damit noch kein Wirksamwerden der Dichtsysteme erkennen. Gründe dafür könnten sein:

- Mängel in der Ausführung der Dichtungsschichten,
- zeitliche Verzögerung der Wirkung des Abdichtungssystems (Änderung im Grundwasser noch nicht meßbar).

Das Risiko eines Schadstoffaustrages durch Rutschungen im Deponiebereich dürfte gering sein. Nach Ansicht des Umweltbundesamtes läßt jedoch nur eine Standsicherheitsuntersuchung, bei der nicht auszuschließende Inhomogenitäten und eventuell vorhandene Porenwasserdrücke im Deponiekörper Berücksichtigung finden könnten, einen sicheren Nachweis der Böschungsstandsicherheit zu. Dabei wäre die entsprechende ÖNORM B 4433 sinngemäß anzuwenden.

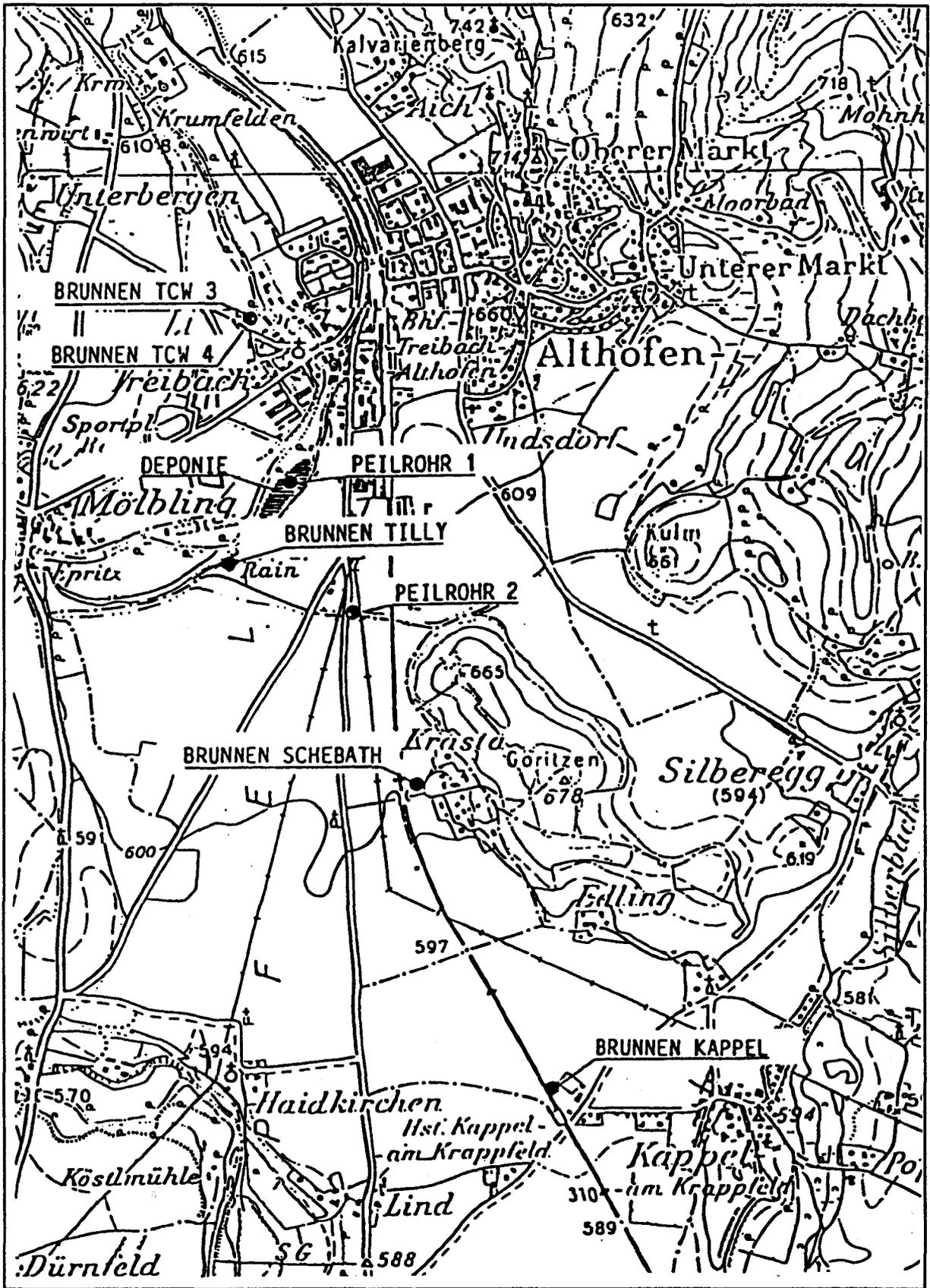


Abb. 55: Lageplan der Deponie, Peilrohre und Brunnen; Maßstab 1:25 000

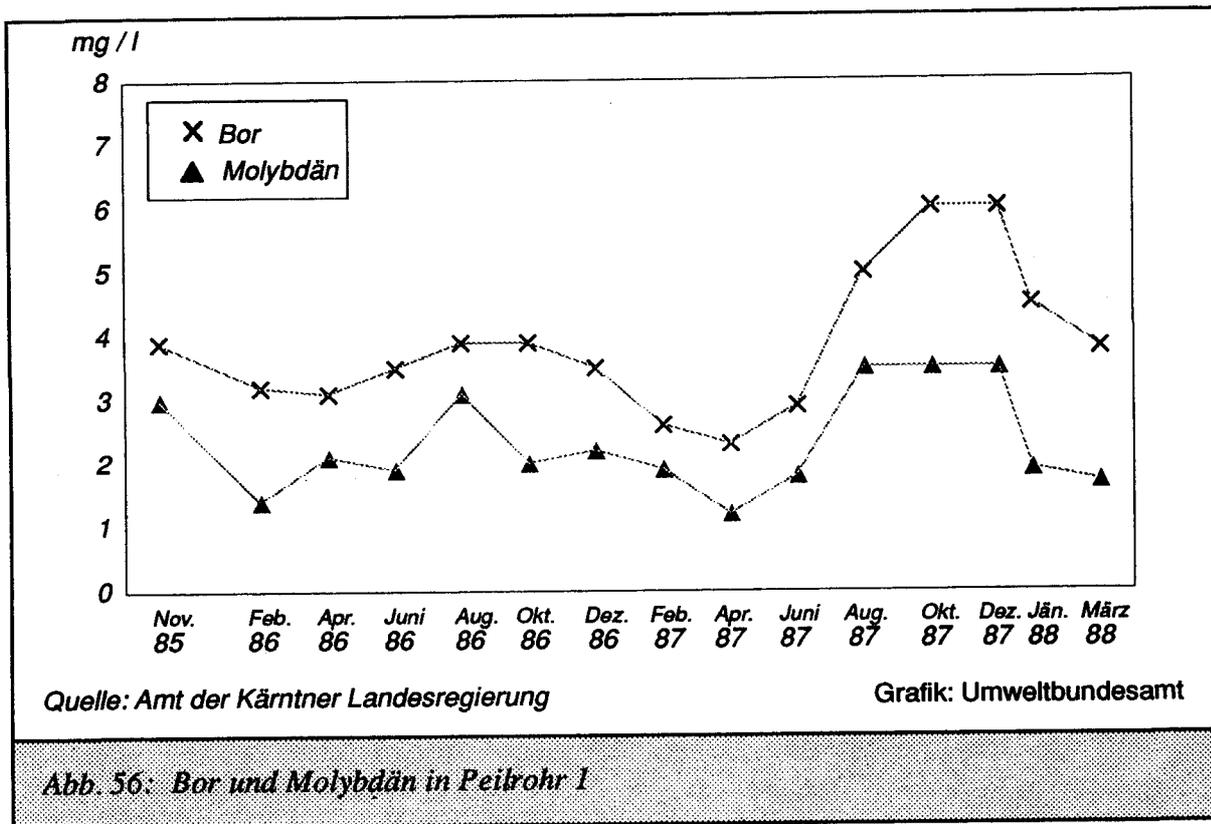


Abb. 56: Bor und Molybdän in Peilrohr 1

Vorgeschlagene Maßnahmen

* Oberflächenabdichtung

Die Sicherung der Deponie entsprach nicht dem Stand der Technik und war nach Ansicht des Umweltbundesamtes nicht ausreichend.

Als zweckmäßige Deponiesicherung wurde ein Oberflächenabdichtungssystem nach dem Stand der Technik, sowohl auf der horizontalen Deponieoberfläche als auch auf den Deponieböschungen empfohlen.

Damit wäre das Risiko eines weiteren Schadstoffaustrages aus folgenden Gründen minimal:

- Der Schadstoffaustrag durch das aus Niederschlagsereignissen resultierende Sickerwasser wird verhindert.
- Da ausgeschlossen werden kann, daß der Grundwasserschwankungs-

bereich die Höhe der Deponiesohle erreicht, findet auch ein Schadstoffaustrag mit dem Grundwasser nicht statt (Deponiesohle liegt im ursprünglichen Geländeniveau, der Abstand bis zum Grundwasserspiegel beträgt überdies ca. 20 m).

* Grundwasserbeobachtung

Nach Meinung des Umweltbundesamtes reichten die zum Zeitpunkt der Untersuchung vorhandenen Beobachtungsstellen nicht aus, eine allfällige Ausbreitung der Schadstoffe mit dem Grundwasserstrom Richtung Süden mit genügender Sicherheit zu erkennen. Daher wurde vorgeschlagen, zunächst mindestens eine weitere Sonde im Nahbereich der Deponie zu errichten. Diese Sonde sollte ca. in 100 m Entfernung vom Deponierand und zwischen dem Brunnen Tilly und Peilrohr 2 situiert sein.

Mit dieser Maßnahme könnte entweder die Vermutung erhärtet werden, daß nur

das Grundwasser unter der Deponie nennenswert verunreinigt ist, oder es wäre möglich, die Sonde bei Bedarf als Sperrbrunnen auszubauen, sollte sich herausstellen, daß doch ein Austrag der Schadstoffe Richtung Süden erfolgt.

Darüber hinaus könnte diese neue Sonde zur Abklärung der offenen Fragen bezüglich der Grundwasserströmungsverhältnisse im Nahbereich der Deponie dienen.

Durch Hinzunahme weiterer Parameter bei den routinemäßigen Grundwasserkontrollen sollte es möglich sein, eine von der Deponie ausgehende Belastung mit organischen Schadstoffen zu erfassen.

Gegenwärtiger Stand

** Oberflächenabdichtung*

Am 18.12.1989 wurde seitens der TCW der Abteilung 8 des Amtes der Kärntner Landesregierung ein Sanierungsprojekt zur Oberflächenabdichtung vorgelegt. Dieses Projekt sieht vor, daß die Horizontalabdichtung mit einer zweilagigen Lehmschicht von ca. 50 cm, einer ca. 20 cm starken darüberliegenden Schotter- und einer Humusschicht von ca. 20 cm aufgebaut ist. Zwischen Schotter und Humusschicht wird ein Geotextil gelegt.

Als Dichtungssystem für die Böschungsfanken ist eine PEHD-Dichtungsfolie mit ca. 2.5 mm Stärke mit darüberliegendem

Geotextil sowie einem mit Humus gefüllten Geogitter und einer ca. 10 cm starken Humusschicht vorgesehen. Außerdem sind entsprechende Drainagesysteme eingeplant.

Da dieses Dichtungssystem noch bei keiner Böschung mit einer bei der Deponie Roßwiese vorhandenen Böschungsneigung und -länge eingesetzt wurde, mußten erste Erfahrungen anhand eines Testfeldes gesammelt werden. Die bisher vorliegenden Erfahrungen zeigen ein positives Ergebnis.

Die vorgeschlagene Art der Oberflächenabdichtung findet nach Angaben der TCW auch die Zustimmung der Amtssachverständigen des Amtes der Kärntner Landesregierung.

** Grundwasserbeobachtung*

Entsprechend den Vorschlägen des Umweltbundesamtes wurde seitens der TCW in Abstimmung mit den Amtssachverständigen der Abteilung 15 des Amtes der Kärntner Landesregierung der Standort des dritten Peilrohres festgelegt. Es befindet sich zwischen dem Peilrohr 2 und dem Brunnen Tilly an der Nordseite der Zufahrtsstraße zum Anwesen Tilly, wobei der Abstand zur Eisenstraße ca. 40 m beträgt.

Dieses Peilrohr wurde Mitte Mai 1991 abgeteuft und die Beprobung im Grundwasserüberwachungsprogramm aufgenommen.

11 LITERATURVERZEICHNIS

- AHRENS, E. (1964): Untersuchungen über den Gehalt von Blättern und Nadeln verschiedener Baumarten an Kupfer, Zink, Bor, Molybdän und Mangan. *Allg. Forst- und Jagdzeitung* 135, 1964.
- AICHBERGER, K. (1977): Untersuchungen über den Quecksilbergehalt österreichischer Speisepilze und seine Beziehung zum Rohproteingehalt der Pilze *Z. Lebensm. Unters-Forsch.*
- AMT DER KÄRNTNER LANDESREGIERUNG (1987): Bericht über den Zustand der Kärntner Wälder.
- AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG, 1985: Untersuchungsbefunde der Fachabteilung Ia. Graz.
- AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG (1989): Bericht über den Zustand der Tiroler Böden 1988.
- AMTL. OÖ. WASSERGÜTEATLAS 1987
- AICHBERGER, K. (1977): Untersuchungen über den Quecksilbergehalt österreichischer Speisepilze und seine Beziehung zum Rohproteingehalt der Pilze. *Z. Lebensm. Unters-Forsch.* 163: 35 – 38.
- BERGLUND, F. et al. (1971): *Nord.Hyg.Tidskr. Suppl.4.*
- BERGMANN, W. (Hrsg.) (1988): *Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen.* Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- BGB (1986) *Bundesgesundheitsblatt (der BRD)* 1986, Nr.1, S. 22–23.
- BUCK, M. (1986): Immissionen und Trends von Luftverunreinigungen in Ballungsgebieten im Ruhrgebiet. *Sor.-Reihe Verein WABOLU* 69 (1986) 25 – 54.
- BYERRUM, R.U. (1984): Vanadium. in: E. Merian (Hrsg.) *Metalle in der Umwelt*: 589 – 595, Verlag Chemie Weinheim.
- COUGHTREY, P.J., JACKSON, D. & M.C. THORNE (1985): *Radionuclide Distribution and Transport in Terrestrial and Aquatic Ecosystems.* A.A. BALKEMA/ROTTERDAM/BOSTON.
- CRAMER et al. (1981): *Bodenkontamination.* Uhlmanns Enzyklopädie der technischen Chemie, Band 6, S. 501–516, Verlag Chemie, Weinheim.
- CRÖSSMANN, G. (1988): *Kreislauf im System Boden – Pflanze – Nutztier auf Standorten mit extrem hoher Cadmium- und Nickelbelastung durch Klärschlammaufbringung.* Umweltbundesamt Berlin (Hrsg.) *Texte* 8/88.
- DAVIES, G. (1984): Molybdän. In MERIAN E. (Hrsg.) (1984): *Metalle in der Umwelt*, S. 479 – 486. Verlag Chemie, Weinheim 1984.
- De BORST, B. & van VEEN F. (1985): *Erfahrungen mit der Untersuchung kontaminierter Standorte in den Niederlanden.* *Materialien* 1/85: S. 299 – 305, Umweltbundesamt Berlin.
- DOLISCHKA, J. & WAGNER, I. (1982): *Investigations about lead and cadmium in wild grown edible mushrooms from differently polluted areas.* in (ed) Baites, W., P.B. Czedik-Eysenberg & W. Pfannhauser: *Recent development in food analysis*, p. 486 – 491. Verlag Chemie Weinheim.
- FIEDLER, H.J.; NEBE, W. & HOFFMANN, F. (1973): *Forstliche Pflanzenernährung und Düngung.* Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- FLÜCKIGER, W. (1987): *Untersuchungen über den Ernährungszustand von Buchen und Fichten und den Nährstoffgehalt im Boden in festen Beobachtungsflächen in der Schweiz.* In: Glatzel, G. (Hrsg.): *Möglichkeiten und Grenzen der Sanierung immissionsgeschädigter Waldökosysteme.* Österreichische Gesellschaft für Waldökosystemforschung und experimentelle Baumforschung, Wien. S. 65 – 81.
- FOERST, K.; SAUTER, U. & NEUERBURG, W. (1987): *Bericht zur Ernährungssituation der Wälder in Bayern und über die Anlage von Walddüngungsversuchen.* *Forstliche Forschungsberichte München*, 79/1987.
- FÖRSTNER U. & MÜLLER, G. (1974): *Schwermetalle in Flüssen und Seen* Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York.
- GAUGLHOFER, J. (1984): Chrom. In: MERIAN E. (Hrsg.) (1984): *Metalle in der Umwelt*, S. 409 – 424. Verlag Chemie, Weinheim 1984.
- GEOCHEMISCHER ATLAS DER BRD (1985). Hannover.

- GEOCHEMISCHER ATLAS DER REPUBLIK ÖSTERREICH 1989. (Hrsg.): Geol. Bundesanstalt, Wien.
- GLATZEL, G. (1985): Schwermetallbelastung von Wäldern in der Umgebung eines Hüttenwerkes in Brixlegg/Tirol. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 102/1985, S. 41 – 51.
- GODBOLD, D.; SCHLEGEL, H. & HÜTTERMANN, A. (1985): Heavy Metals – A Possible Factor in Spruce Decline. VDI-Berichte 560, S. 703 – 716. VDI-Verlag, Wiesbaden.
- HECHT, H. (1987): Unter welchen Bedingungen eignen sich freilebende jagdbare Tiere als Bioindikatoren? VDI-Berichte 609, S.101 –122. VDI-Verlag, Wiesbaden.
- HELLMANN, H. (1970): Die Charakterisierung von Sedimenten auf Grund ihres Gehaltes an Spurenmetallen. Deutsche gewässerkundliche Mitteilungen 14(6), S. 160 – 164.
- HUSZ, G. (1986): Bodenzustandserhebung Vorarlberg 1986. Amt der Vorarlberger Landesregierung, Bregenz.
- INGESTAD, T. (1959): Studies on the nutrition of forest tree seedlings. Phys. Plantarum, Kopenhagen 12, S. 568 – 593.
- IRLET, B. & RIEDER, K. (1985): Cadmium und Blei in Pilzen aus der alpinen Stufe der Schweizer Alpen. Mycologia Helvetica 1, S. 393 – 399.
- KLOKE, A. (1980): Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden. Mitteilungen VDLUFA, Heft 1–3.
- KNABE, W. (1984): Merkblatt zur Entnahme von Blatt- und Nadelproben für chemische Analysen. AFZ 33/34, S. 847 – 848.
- KOFLER, W. et al. (in Druck): Lufthygienische Schwerpunktstudie. (Hrsg.): Amt der Kärntner Landesregierung.
- KÖCHL, A. (1987): Die Belastung der Böden des Marchfelds mit Schadstoffen. Bodenschutz und Wasserwirtschaft, ÖGNU, Errichtungsgesellschaft Marchfeldkanal.
- KÄRNTNER GEWÄSSERGÜTEATLAS 1985: Fließgewässer Stand 1984/85.
- KÄRNTNER UMWELTSCHUTZBERICHT 1988
- KRALIK, M. & SAGER, M. (1986): Umweltindikator "Schwermetalle": Gesamtgehalte und Mobilität in österreichischen Donausedimenten. Mitt.österr.geolog.Ges. 79, S. 77 – 90.
- MAYER, H. (1974): Wälder des Ostalpenraums. Gustav Fischer Verlag Stuttgart.
- MAYER, R. (1981): Natürliche und anthropogene Komponenten des Schwermetallhaushalts von Waldökosystemen. Göttinger Bodenkundliche Berichte 70, S. 1 – 152.
- MAYER, R. & HEINRICHS, H. (1980): Flüssebilanz und aktuelle Änderungsraten der Schwermetallvorräte in Wald-Ökosystemen des Solling. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 143/1980, S. 232 – 246.
- MERIAN, E. (1984): Metalle in der Umwelt. Verlag Chemie, Weinheim.
- MÜLLER, G., (1979): Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins – Veränderungen seit 1971. Umschau 79, S. 778 – 783.
- MUTSCH, F.; HORAK, O. & KINZEL, H. (1979): Spurenelemente in höheren Pilzen. Z.Pflanzenphysiologie 98, S. 1 – 10.
- NEMEC, A. (1951): A contribution to the question of stunting growth in pine stands on degraded serpentine soil. Lesnicka Prace 30, p. 214 – 236.
- NILSON, S.; PERSSON P. & MOSSBERG, B. (1978): Praktische Pilzkunde, Band 1 und 2, Franck'sche Verlagshandlung, Stuttgart.
- PETERING, H.G. (1984): Silber. in: E. Merian (Hrsg.), Metalle in der Umwelt, Verlag Chemie, Weinheim, S. 555 – 56.
- RÜCKER, T. & PEER, T. (1988): Pilzsoziologische Untersuchungen am Stubnerkogel (Gasteiner Tal, Salzburg, Österreich) unter Berücksichtigung der Schwermetallsituation. Nova Hedwigia 47 (1–2), S. 1 – 38.
- SAGER, M. & VOGEL, W.R. (in Vorbereitung): Heavy metal loads in sediments of the River Gurk/Carinthia – merits and limitations of sequential leaching.
- SAUERBECK, D. (1985): Schadstoffeinträge in den Boden durch Industrie, Besiedlung, Verkehr und Landwirtschaft (anorganische Stoffe). VDLUFA-Schriftenreihe, 16. Kongreßband 1985, S. 59 – 72.
- SAUERBECK, D. (1985): Funktion, Güte und Belastbarkeit des Bodens aus agrikulturchemischer Sicht. Materialien zur Umweltforschung 10. Verlag Kohlhammer, Stuttgart und Mainz.

- SAUERBECK, D. & STYPEREK, P. (1988): Schadstoffe im Boden, insbesondere Schwermetalle und organische Schadstoffe aus langjähriger Anwendung von Siedlungsabfällen. Umweltbundesamt Berlin (Hrsg.), Texte 16/88.
- SCHRAUZER, G. (1984): Cobalt. in: E. Merian (Hrsg.) (1984): Metalle in der Umwelt, S. 425 – 434. Verlag Chemie, Weinheim 1984.
- SEEGER, R. (1976): Quecksilbergehalt der Pilze. Z. Lebensm. Unters.–Forsch. 160, S. 303 – 312.
- SEEGER, R. (1978): Cadmium in Pilzen. Z. Lebensm.–Forschung. 166, S. 23 – 34.
- SCHRAUZER, G. (1984): Cobalt. in: E. MERIAN (Hrsg.) (1984): Metalle in der Umwelt, S. 425 – 434. Verlag Chemie, Weinheim 1984.
- SMETANA, O. & DAUSCHAN, W. (1980): Treibacher Chemische Werke. Treibacher Chemische Werke AG, Treibach.
- STEFAN, K. (1987): Ergebnisse der Schwefel- und Nährstoffbestimmungen in Pflanzenproben des österreichischen Bioindikatornetzes. VDI-Berichte 609, S. 555 – 580.
- STIVJE, T & BESSON R. (1974): Mercury, cadmium, lead and solenium content of mushroom species belonging to the genus *Agaricus*. Chemosphere 2, p. 151 – 158.
- TATARUCH, F. (1984): Die Cadmium-Kontamination der Wildtiere. Allgemeine Forstzeitschrift 21, S. 528 – 530.
- TATARUCH, F. (1985a): Einfluß endogener und exogener Faktoren auf die Schwermetallbelastung der Feldhasen. Referat am XVIIth Congress of the International Union of Game Biologists, Brussels, September 17 – 21, 1985.
- TATARUCH, F. (1985b): Die Schwermetallbelastung des Schalenwildes im Achenal im Vergleich zu anderen Lebensräumen. Beiträge zur Umweltgestaltung – Alpine Umweltprobleme "Der Wald als Lebensraum", Facharbeitstagung Achenkirch 1985.
- TESSIER, A., CAMPBELL, P.G.C., BISSON, M. (1979): Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. Anal. Chem. 51: 844–85.
- THOMAS, W.; SIMON, H. & RÜHLING, A. (1985): Classification of plant species by their organic (PAH, PCB, BHC) and inorganic (heavy metals) trace pollutant concentration. Sci. Total Environment 46, p. 83 – 94.
- TURKIAN, K.K. & WEDEPOHL, K.H. (1961): Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. Bull. Geol. Soc. Am. 72: 175 – 192.
- UMWELTBUNDESAMT (1988): Ergebnisse einer Online-Recherche zum Thema Umwelttoxizität seltener Erden. UBA-IB-117.
- VAN LIDTH DE JEUDE (1985): Bodensanierung in den Niederlanden – verwaltungs, rechtliche und finanzielle Aspekte. Materialien 1/85, S.147–168 Umweltbundesamt Berlin.
- VOGEL, W.R. & CHOVANEC, A. (in Druck): Sedimental anlysis as a method of monitoring industrial emissions. Hydrobiologia.
- VOGEL, W.R. & RISS, A. (in Druck): Grünlandaufwuchs und Fichtennadeln als Akkumulationsindikatoren zur Anlagenkontrolle. VDI-Berichte.
- WEDEPOHL, K.H. (1969–1978): Handbook of Geochemistry. Springer Verlag Berlin Heidelberg New York.
- WHO (1972) W.H.O. Techn.Report, Serie 505.
- ZÖTTL, H.W. & HÜTTL, R. (1985): Schadsymptome und Ernährungszustand von Fichtenbeständen im südwestdeutschen Alpenvorland. Allgemeine Forstzeitschrift, 9/10 1985, S. 197 – 199.
- ZVACEK, L. (1988): Mikronährstoffe und toxische Metalle an Waldstandorten. Dissertation an der Formal- und Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Wien.

12 ANHANG

12.1 Umweltschutzmaßnahmen der Treibacher Chemischen Werke – Darstellung der TCW (*)

(*) Der folgende Text wurde dem Umweltbundesamt von den Treibacher Chemischen Werken zur Verfügung gestellt. Die darin vertretenen Meinungen decken sich daher nicht notwendigerweise mit jenen des Umweltbundesamtes.

Die einzelnen Betriebsanlagen des Werkes wurden auch in der Vergangenheit stets den Gesetzen und dem Stand der Technik entsprechend errichtet und betrieben. Waren aufgrund spezifischer Eigenarten von Betriebsanlagen besondere Maßnahmen zum Schutz der Umwelt erforderlich, wurden sie in Abstimmung mit den Behörden unter Berücksichtigung der jeweils neuesten technischen Möglichkeiten durchgeführt. In diesem Zusammenhang sei auf zwei wesentliche Maßnahmen hingewiesen, und zwar auf den Einbau bester verfügbarer Filter in der Industriemüllverbrennungsanlage (Nickelröstanlage) 1978, mit welchen die damals üblichen Staubemissionsgrenzwerte weit unterschritten wurden und auf die Errichtung der Abgasreinigungsanlagen der Mischmetallelektrolyse 1986, mit der die jährliche Emission an Chlorgas von durchschnittlich 400 t/a auf ca. 2.3 t/a reduziert wurde.

Mit dem neuen Luftreinhaltegesetz (LRG-K), das am 1.1.1989 in Kraft trat, wurden eine Reihe von Sanierungsmaßnahmen an den Betriebsanlagen erforderlich, die im wesentlichen im Jahre 1989 und 1990 abgeschlossen wurden.

Die einzelnen Maßnahmen, die Verringerungen der luftseitigen Emissionen zur Folge hatten, werden betriebsweise in chronologischer Reihenfolge ihres Wirksamwerdens aufgelistet.

In der Auflistung werden die einzelnen Betriebe mit ihrem Kurzzeichen gekennzeichnet.

MASSNAHMEN 1988

GFL-VO (Vanadiumoxid-Anlage)

- 6/88 – Ersatz der Abwasserreinigungsanlage, die nach dem Eisenschrottverfahren arbeitete, durch die SO₂-Abwasserreinigungsanlage.
- 9/88 – Installieren eines Aufsatzfilters am Sodabunker.
 - Beginn der Installation zusätzlicher Einhausungen von Förderbändern zur Beseitigung diffuser Emissionen.

GSM-MM (Mischmetall)

- Einbau verbesserter Absaughauben bei den Elektrolysezellen.

GHR-MC (Metall-Carbide)

- 10/88 – Erneuern vorhandener und Einbau zusätzlicher Filter bei der Siebung von Tantalcarbide und Mischcarbiden.

MASSNAHMEN 1989

GFL-FL (Ferrolegierung)

- 12/89 – Ersatz von Naßwäschern durch eine Filteranlage für die Schmelzöfen 1 und 2.

GFL-VO (Vanadiumoxid-Anlage)

- 12/89 – Installieren einer Absauganlage an den Etagenöfen.
- 12/89 – Einhausen von Förderbändern und Umbau des Abluftfilters zur Entstaubung der APV-Zuförderung.
- 12/89 – Umstellung der Schmelzhalle auf sogenannten "Naßbetrieb" durch Einbau eines Spezialbodens, der täglich naß gereinigt wird.

GFL-PM (Vorlegierung)

- 5/89 – Umbau des Filters für Ferronickel der Ofenabsaugung und Erneuern der Filterschläuche.
- 7/89 – Umbau der Filters für Ferrowolfram der Ofenabsaugung und Erneuern der Filterschläuche.
- 12/89 – Erneuern des Bunkeraufsatzfilters.

GFL-NR (Nickelröstanlage)

- 6/89 – Umbau der Filteranlage und Ersatz der Gewebefilterschläuche durch GORE-TEX-Membranfilterschläuche.
- 6/89 – Ersatz des Aufsatzfilters am Nickeloxidzwischenbunker.

GSE-SE II (Seltene Erden)

- 6/89 – Zusammenfassen der Abluftleitungen vom Abluftwäscher und den Absaug-

hauben und Einbau eines Schalldämpfers.

- 9/89 – Verbessern der Absaugung an den Muffelöfen und Erneuern der Filter.

TA (Technische Abteilung)

- 9/89 – Inbetriebnahme einer zusätzlichen leistungsstarken Kehrsaugmaschine, die bei entsprechender Witterung zur Reinigung der Straßen und Lagerplätze ständig in Einsatz ist.

MASSNAHMEN 1990

GFL-FL (Ferrolegerungen)

- 8/90 – Ersatz der offenen Vanadiumschlackenbrechanlage durch eine vollgekapselte Anlage mit Absaugungen und Filteranlage.

- 12/90 – Einbau einer Kompaktentstauberanlage für die Metallzerkleinerung.

GFL-PM (Vorlegierungen)

- 9/90 – Errichten der Hallenabsaugung.

GFL-NR (Nickelröstanlage)

- 9/90 – Einbau einer Absaugung am Materialeintrag.

GSE-SE II (Seltene Erden)

- 4/90 – Installieren zusätzlicher geschlossener Extraktionswannen, die direkt abgesaugt werden.

- 12/90 – Installieren zusätzlicher Absaugungen und gemeinsame Einbindung in die vorhandenen Abluftwäscher.

GHR-WP (Wolframpulveranlage)

- 8/90 – Ersatz des vorhandenen Abluftwäschers durch eine zweistufige Abgaswäscheranlage, wodurch nunmehr kein Abwasser anfällt und der entstehende Rückstand in der Vanadiumanlage als Hilfsstoff wiederverwertet wird. Dadurch verringern sich die Zukaufmengen an Ammoniumsulfat.

GHR-MC (Metall-Carbide)

- 10/90 – Ersetzen von Mühlen durch vollkommen geschlossene und feinst entstaubte Jet-Mühlen.

GCE (Cereisen)

- 12/90 – Ersatz der Filteranlage an Stangpresse 2 durch eine Elektrofilteranlage höheren Abscheidegrades.

FuE

- 10/90 – Installieren der Abgasreinigungsanlage in der Versuchsanlage zur Herstellung von Spezialkorund.

MASSNAHMEN 1991

GSE-SE I (Seltene Erden)

- 2/91 – Ersatz von Mühlen durch vollgekapselte Jet-Mühle.

GCE (Cereisen)

- 1/91 – Umbau der Absaug- und Filteranlage in der Schmelzerei, Ersatz des Zyklons durch einen Taschenfilter.

GAS (Natriumperborat)

- 4/91 – Ersatz des Filters der Perborattrockner durch einen modernen Düsenfilter mit wesentlich verbessertem Abscheidegrad.

GHR-MC (Metall-Carbide)

- 1/91 – Ersatz der Abwasserreinigungsanlage zur Verbesserung der Abscheidung von Ammonium.

Für 1991 vorgesehene Maßnahmen

GHR-MC (Metall-Carbide)

Nach umfangreichen Versuchen wurde die vorhandene Abluftreinigungsanlage vollkommen überarbeitet und neu geplant. Die neue Anlage, die nunmehr mit vier zweistufigen Wäschern ausgerüstet wird, wurde bereits bestellt und wird voraussichtlich im Dezember 1991 in Betrieb genommen werden. Auch hier ist mit einer weiteren deutlichen Verbesserung der Emissionssituation zu rechnen.

GFL-FL (Ferrolegerungen)

Zum Erfassen diffuser Gußgrubenemissionen werden am Ofen V Absaughauben installiert werden, die voraussichtlich im Oktober 1991 zur Verfügung stehen werden.

12.2 Der medizinische Aspekt: "Luft-hygienische Schwerpunktstudie Treibach-Althofen"

Zeitgleich mit der vorliegenden Monographie des Umweltbundesamtes wurde von Prof. W. Kofler (Abt. Sozialmedizin der Universität Innsbruck) im Auftrag des Amtes der Kärntner Landesregierung die "Luft-hygienische Schwerpunktstudie Treibach-Althofen" fertiggestellt.

In dieser Studie wird der Umweltmedizinische Aspekt in diesem Raum ausführlich dargestellt. Neben der Auswertung des vorhandenen Datenmaterials (Häufigkeit bestimmter Erkrankungen, Todesursachen usw.) wurden im Rahmen dieser Arbeiten von Prof. Kofler und Mitarbeiter auch zahlreiche eigene Untersuchungsreihen (Pneumobiluntersü-

chungen u.a.) durchgeführt. Das umfangreiche Datenmaterial ist sowohl in gedruckter Form als auch als EDV-Datenbank (PC-Version) erhältlich. Da auch seitens der Werksleitung der TCW viel Datenmaterial zur Verfügung gestellt wurde (Emissionsangaben usw.) war eine optimale Auswertung des vorhandenen medizinischen Materials möglich.

Diese Arbeit hat damit – und durch das Vorliegen als EDV-Datenbank – über ihre unmittelbare Aussage hinaus Modellcharakter für derartige Untersuchungen. Auf den folgenden Seiten werden ausgewählte Darstellungen gezeigt, welche uns vom Amt der Kärntner Landesregierung noch vor Drucklegung ihrer Studie freundlicherweise zur Verfügung gestellt wurden. Die Abbildungsnummern entsprechen – aus technischen Gründen – jenen der Originalarbeit.

Abb. 4/1a: Anteile der SO₂-Emissionen nach Emittenten, Treibach 1989

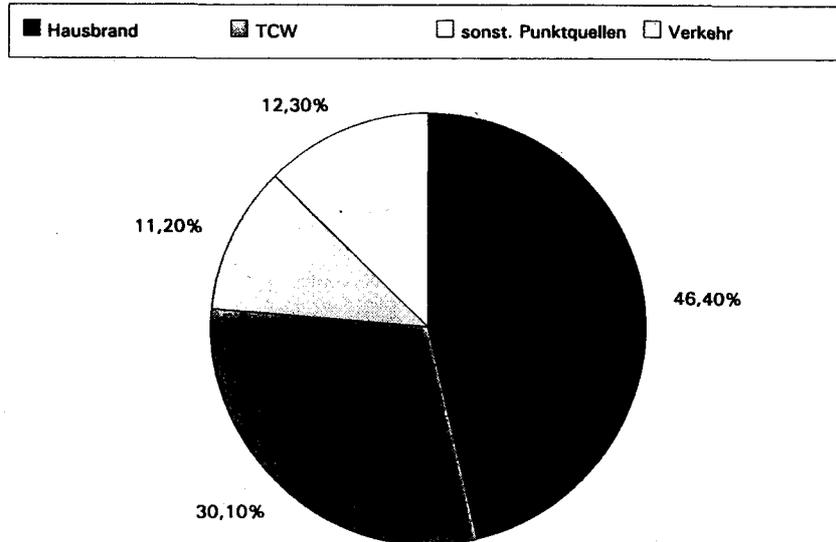


Abb. 4/1b: Anteile der NO_x-Emissionen nach Emittenten, Treibach 1989

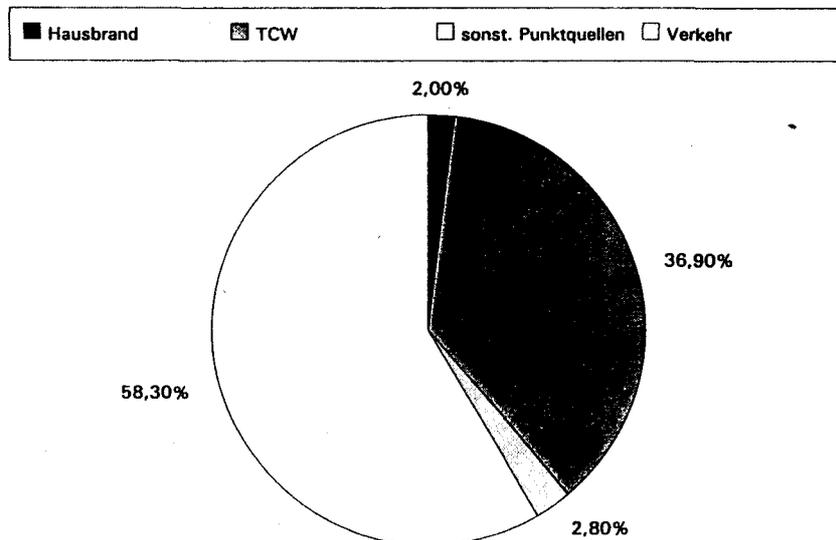
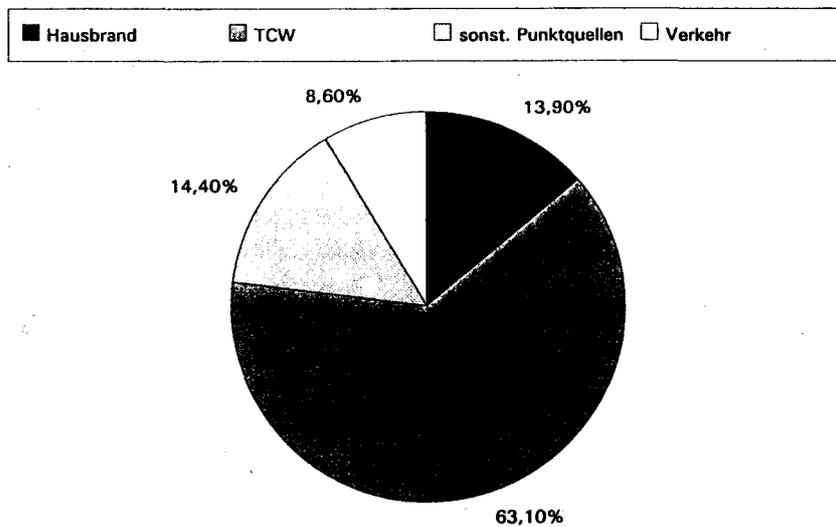


Abb. 4/1c: Anteile der Gesamtstaub-Emissionen nach Emittenten, Treibach 1989



aus: W. KOFLER et al.: Lufthygienische Schwerpunktstudie. Im Auftrag der Kärntner Landesregierung.

Abb. 6/10: Abweichungen der tatsächlichen von den erwarteten Todesfällen (pro 100.000 Männer und Frauen, 1978/84)

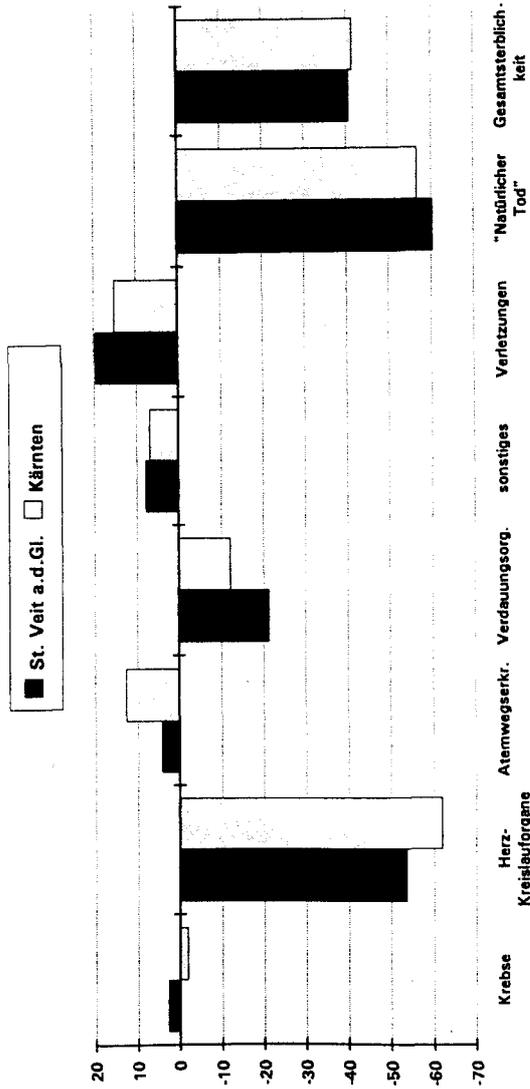
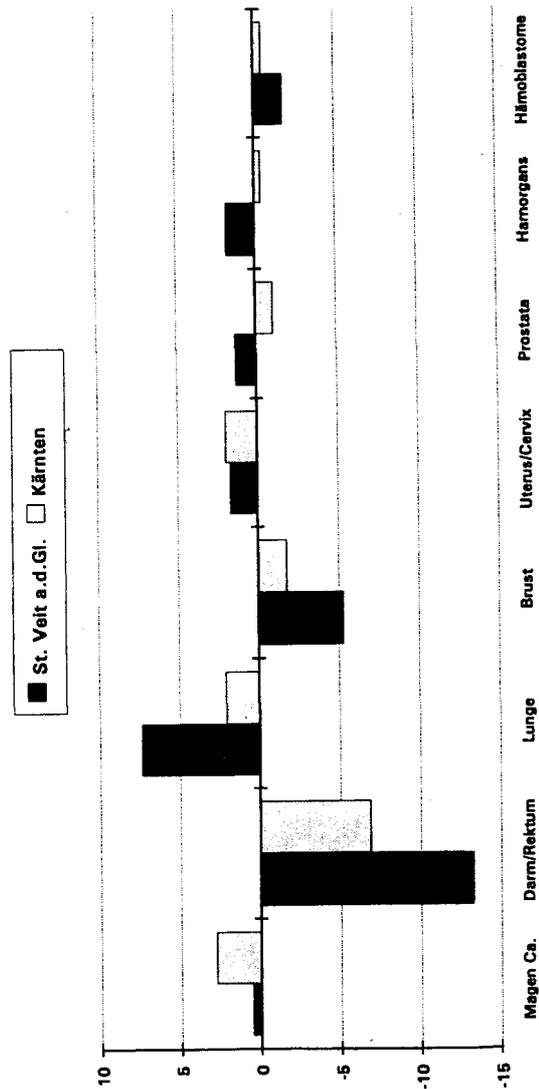


Abb. 6/11: Abweichungen der tatsächlichen von den erwarteten Krebs-Todesfällen (pro 100.000 Männer und Frauen, 1978/84)



aus: W. KOFLER et al.: Lufthygienische Schwerpunktstudie. Im Auftrag der Kärntner Landesregierung.

Abb. 6/21a: Erwartete Herzkreislauftote 1980 - 1987, Bezug 1969/83

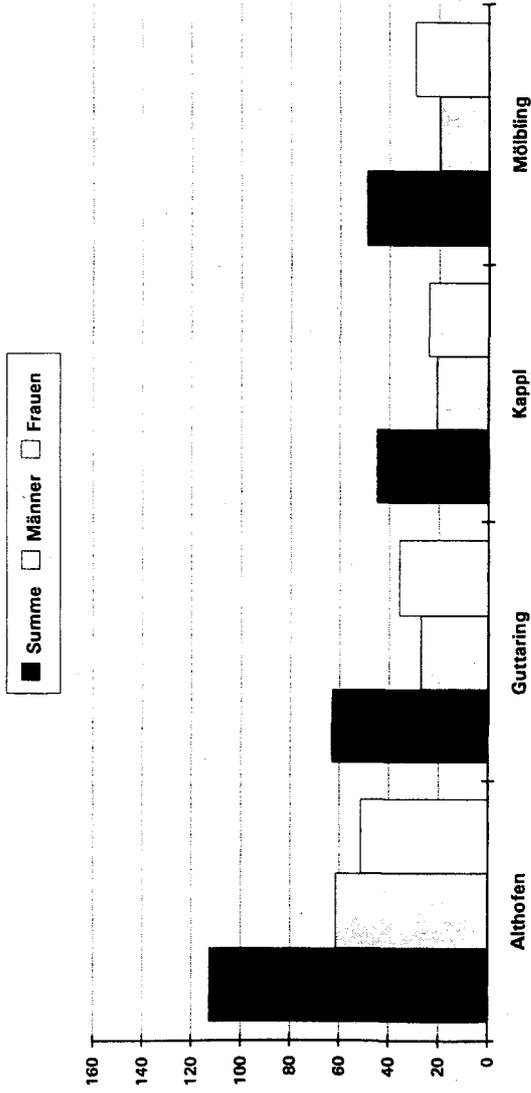
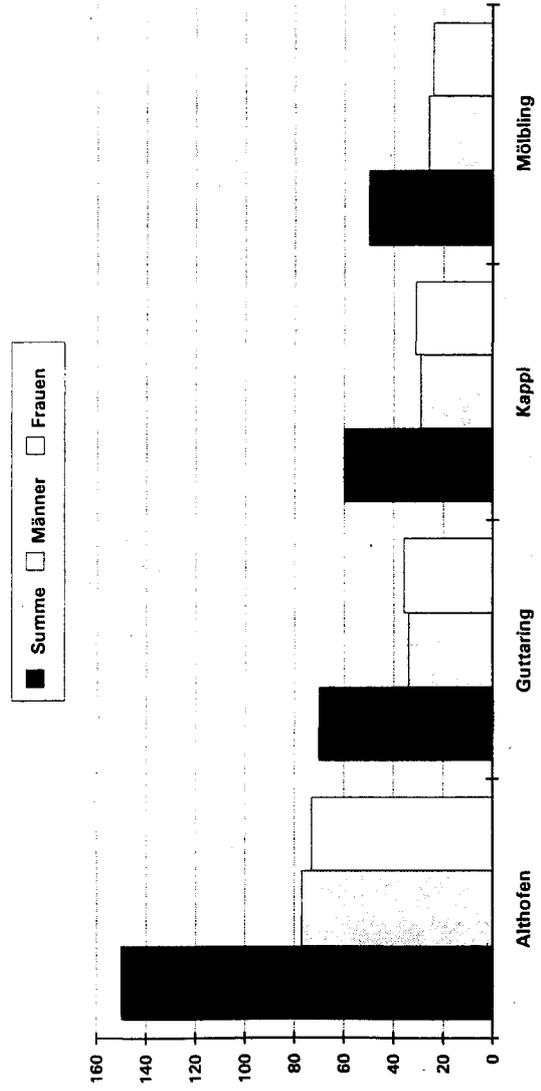


Abb. 6/21b: Beobachtete Herzkreislauftote 1980-87



aus: W. KOFLER et al.: Lufthygienische Schwerpunktstudie. Im Auftrag der Kärntner Landesregierung.

Abb. 6/23: Zahl der Lebendgeburten bezogen auf die Eheschließungen 1980/87

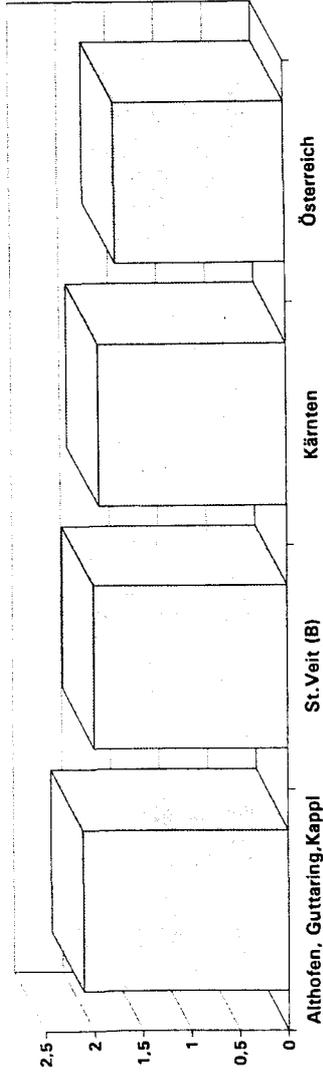
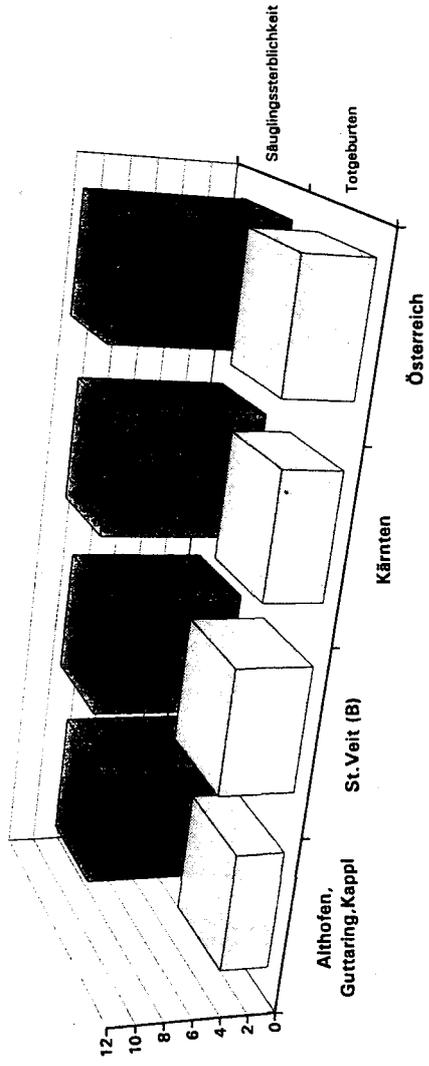


Abb. 6/24: Totgeburten und Säuglingssterblichkeit 1980/87 in Promille (bezogen auf Lebendgeburten)



aus: W. KOFLER et al.: Lufthygienische Schwerpunktstudie. Im Auftrag der Kärntner Landesregierung.

Abb. 7/35a: Vergleich der derzeitigen und der gewünschten Informationsquellen, relative Häufigkeiten in Prozent

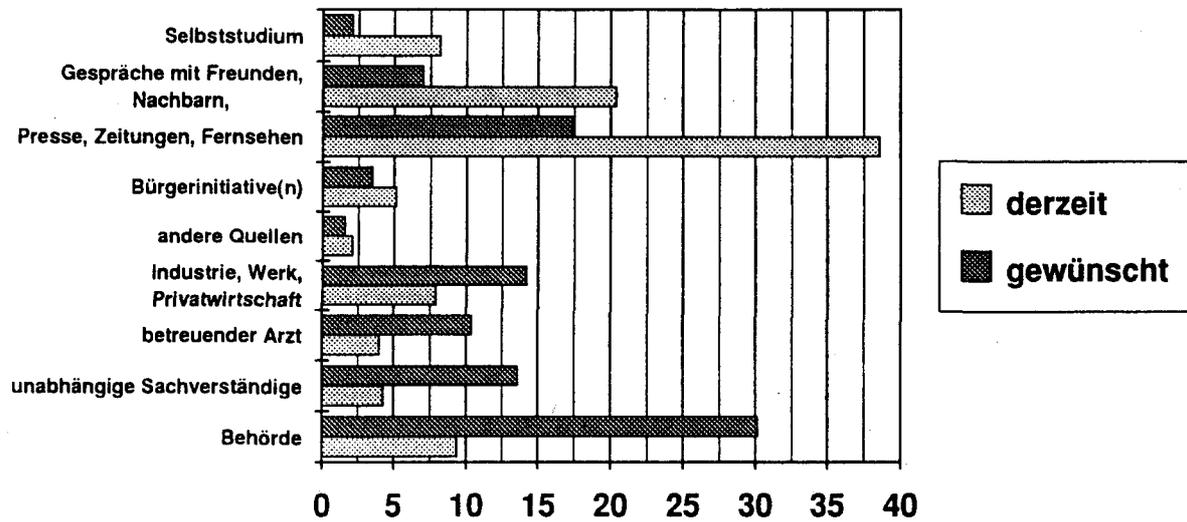
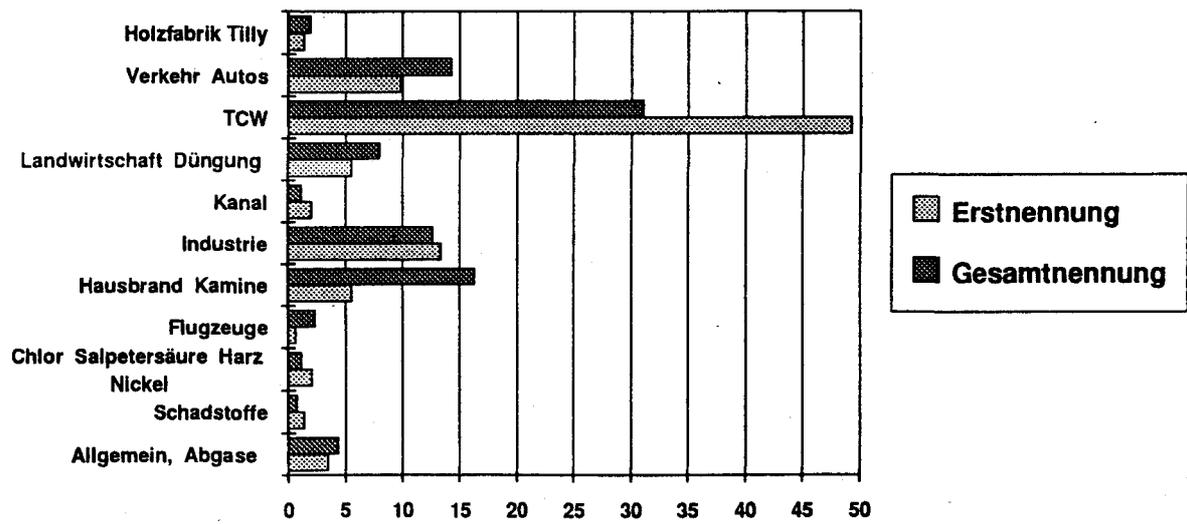


Abb. 7/38: Nennungshäufigkeiten verschiedener Geruchsquellen: Erst- und Gesamtnennung in Prozent (reduziert auf Anteile ab 2 %)



aus: W. KOFLER et al.: Lufthygienische Schwerpunktstudie. Im Auftrag der Kärntner Landesregierung.