



Messung der Staub- und Schwermetalldeposition in Kapfenberg

1997 bis 2002

Lu 08-03

Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Fachabteilung 17C
8010 Graz, Landhausgasse 7, Tel. 877/2172

Leiter der Fachabteilung
Dr. Gerhard SEMMELROCK

Dieser Bericht entstand unter Mitarbeit folgender Personen der Fachabteilung 17C:

| | |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Referatsleiter | Dipl. Ing. Dr. Thomas Pongratz |
| Berichterstellung | Susanne Fritz Dipl. Ing. Dr. Thomas Pongratz Ing. Waltraud Köberl Mag. Andreas Schopper |
| Labor | Andrea Werni |
| Schwermetallanalytik | Ing. Hermann Schwinghammer (Referat Umweltlaboratorium) |

Herausgeber

Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Fachabteilung 17C - Technische Umweltkontrolle und Sicherheitswesen
Referat Luftgüteüberwachung
Landhausgasse 7
8010 Graz

© November 2003

Dieser Bericht ist im Internet unter folgender Adresse verfügbar:
<http://www.umwelt.steiermark.at/>

Bei Wiedergabe der Inhalte dieses Berichtes ersuchen wir um Quellenangabe.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----|-------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Zusammenfassung..... | 5 |
| 2 | Einleitung | 6 |
| 3 | Beschreibung des Messnetzes | 6 |
| 4 | Beschreibung der Messmethoden..... | 10 |
| 4.1 | Bestimmung der Staubdeposition nach dem Bergerhoff-Verfahren..... | 10 |
| 4.2 | Bestimmung des Schwermetallgehaltes im Staub | 10 |
| 5 | Die immissionsklimatische Situation in Kapfenberg | 10 |
| 6 | Beurteilungsgrundlagen | 11 |
| 6.1 | Immissionsschutzgesetz Luft..... | 11 |
| 6.2 | Steiermärkische Klärschlammverordnung | 12 |
| 6.3 | Kurzcharakteristik der untersuchten Schwermetalle | 12 |
| 7 | Messergebnisse | 15 |
| 7.1 | Allgemeines | 15 |
| 7.2 | Zusammengefasste Ergebnisse aus den Jahren 1997 - 2002..... | 16 |
| 7.3 | Detailbetrachtungen für das Jahr 2002..... | 44 |
| 8 | Bewertung der Messergebnisse..... | 51 |
| 9 | Literatur | 52 |

1 Zusammenfassung

Die Luftgüteuntersuchungen Kapfenberg wurden auf Grund von Beschwerden über Staubbelastigungen aus dem Bereich der Böhler Werke im Jahr 1996 begonnen. Die Messungen haben das Ziel, die Immissionssituation der Staubdeposition sowie der Deposition an den Schwermetallen Blei und Cadmium zu erfassen und nach den Grenzwerten des Immissionsschutzgesetz Luft (IG-L) (BGBl. I 115/1997 i.d.g.F.) zu beurteilen. Es wurden auch andere Elemente analytisch bestimmt, die entweder auf Grund ihrer Wirkungen in der Umwelt relevant sind oder Hinweise auf mögliche Verursacher gestatten. Für diese Metalle wurden als Richtwerte zusätzlich jene der Steiermärkischen Klärschlammverordnung, die auf Basis des Steiermärkischen Bodenschutzgesetzes erlassen worden ist, herangezogen.

Das Messnetz wurde im August 1996 mit vier Messpunkten im Talbereich des Thörlbaches eingerichtet. Im Frühjahr 1998 wurde es durch weitere vier Messstellen in Höhenlagen ergänzt. Seit Beginn der Erhebungen im Jahr 1996 bis zum Dezember 2002 wurde während 81 Messperioden die Deposition an Staub und an den Schwermetallen Arsen, Blei, Chrom, Eisen, Cadmium, Kobalt, Kupfer, Mangan, Molybdän, Nickel und Zink erfasst.

Im Beobachtungszeitraum von 1997 bis 2002 lässt sich kein eindeutiger Trend bei der Entwicklung der Staubdeposition erkennen. Einzig am höchstbelasteten Punkt Ka5 (Gehöft Eder) ist die Belastung deutlich zurückgegangen. Dennoch konnte hier auch im Jahr 2002 der Grenzwert für die Staubdeposition nicht eingehalten werden.

Die Grenzwerte nach dem IG-L für Blei und Cadmium wurden an allen Messpunkten bei weitem nicht erreicht. Die Richtwerte für Grünland der Klärschlammverordnung wurden bei Arsen 2002 erstmalig an allen Messstellen überschritten. Die sehr gleichmäßig verteilten Depositionsmengen deuten darauf hin, dass die Quelle der Arsenimmissionen nicht im Bereich der Stahlerzeugung und -verarbeitung liegt sondern eher aus dem geogenen Hintergrund stammt. Bei diesem Element ist eine deutlich ansteigende Tendenz der Belastung zu erkennen. Auch die Nickeldeposition liegt an allen Messpunkten deutlich über dem Grünland-Richtwert. Für Chrom wurden an drei Messstellen Grenzwertüberschreitungen nach den Richtwerten der Klärschlammverordnung festgestellt. Die Kobaltimmissionen lagen am Messpunkt Ka5 in den vergangenen Jahren durchwegs über dem Richtwert. Im Jahr 2002 konnte dieser auch in der Winklerstraße (Ka2), einem Talmesspunkt, nicht eingehalten werden.

Das Messnetz Kapfenberg ist Teil der Überwachung der Staubdeposition auf Basis des IG-L in der Steiermark. Die Erhebungen werden also auch in den kommenden Jahren fortgeführt.

2 Einleitung

Die Luftgütemessungen Kapfenberg werden von der Fachabteilung 17C, vormals Fachabteilung 1a, Referat Luftgüteüberwachung, durchgeführt. Sie umfassen Erhebungen der flächenhaften Staubdepositions- und Schwermetallbelastung mit integralen Messverfahren. Das integrale Messnetz mit acht Messpunkten hat das Ziel, Informationen über die flächenhafte Verteilung dieser Luftschadstoffe in Kapfenberg, im Besonderen in der Umgebung des Böhler-Werkes, zu erhalten.

Begonnen wurden die Erhebungen auf Grund von Beschwerden über Staubbelästigungen aus dem Bereich des Stahlwerkes VEW, ehemals Böhler-Uddeholm, in Kapfenberg. Inzwischen wird dieses Depositionsmessnetz - neben Messnetzen in Graz und Leoben - auf Basis des Immissionsschutzgesetzes Luft betrieben.

Die gesammelten Staubproben werden nach der Bestimmung der Deposition auf den Gehalt an bestimmten Schwermetallen untersucht. Blei und Cadmium werden auf Grund der Vorgaben des IG-L bestimmt, für weitere Schwermetalle erfolgt die Bewertung auf Basis der Steiermärkischen Klärschlammverordnung.

Im vorliegenden Bericht werden jene Daten, die von 01.01.1997 bis 31.12.2002 erhalten wurden, zusammengefasst und interpretiert. Erste Ergebnisse wurden bereits im Messbericht Lu 2-99 „Staubdepositionsmessungen Kapfenberg, 1996-1998“, veröffentlicht. Außerdem werden Daten aus den Messungen im Zuge der Berichtspflichten gemäß IG-L publiziert.

3 Beschreibung des Messnetzes

In der Umgebung der Betriebsanlage der Vereinigten Edelstahlwerke AG (VEW) wurden zu Beginn der Erhebungen 1996 zunächst die Messpunkte Ka1 bis Ka4 zur Erfassung der Staubdepositionen errichtet. Diese Punkte befinden sich im Talbereich des Thörlbaches in weiterem Umkreis um das Betriebsgelände. Im Frühjahr 1998 wurden in Zusammenarbeit mit der Fachabteilung für das Forstwesen weitere vier Messpunkte an den umliegenden Hängen installiert. Diese Stellen liegen im Bereich von Probebäumen der Österreichischen Waldzustandsinventur, an denen erhöhte Schwermetallkonzentrationen in den Nadeln nachgewiesen wurden.

Tabelle 1: Liste der Messpunkte (Staubdeposition)

| Messpunkt | Lage des Messpunktes |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ka 1 | Finkenweg, südostseitig (nicht bebaute Seite) |
| Ka 2 | Winkler Straße, Verkehrsinsel bei MVG-Haltestelle |
| Ka 3 | Walther von der Vogelweide-Straße, südostseitig unter der Hochspannungstrasse (nicht bebaute Seite) |
| Ka 4 | Volksschule Wienerstraße, am Mürzufer |
| Ka 5 | Gehöft Eder |
| Ka 6 | Lanzgraben |
| Ka 7 | Zoisergraben |
| Ka 8 | Pötschenstraße |

Abbildung 1: Messnetz Kapfenberg, Messstation Gehöft Eder (Ka 5)



Abbildung 2: Messnetz Kapfenberg; Messpunkt Winkler Straße (Ka2)



Die Erhebungen zur Ermittlung der Staubdeposition an den Messpunkten 1 bis 4 wurden am 21.8.1996 begonnen. Die Ergänzung des Messnetzes mit den Messpunkten 5 bis 8 erfolgte zu Beginn der Sommerperiode 1998 am 31.3.1998.

Den Jahresauswertungen liegt als Zeiteinteilung ein volles Kalenderjahr vom 1. Jänner bis zum 31.12. eines jeden Jahres zugrunde. Eine Ausnahme ist das Jahr 1998 für die Messpunkte 5 bis 8 durch den Beginn der Messung mit 31.03.1998. Für die Jahresmittelwertsberechnung sind Ergebnisse aus Perioden, in denen Messungen im Zeitraum von Mitte Dezember bis Mitte Jänner durchgeführt wurden, anteilmäßig berücksichtigt worden.

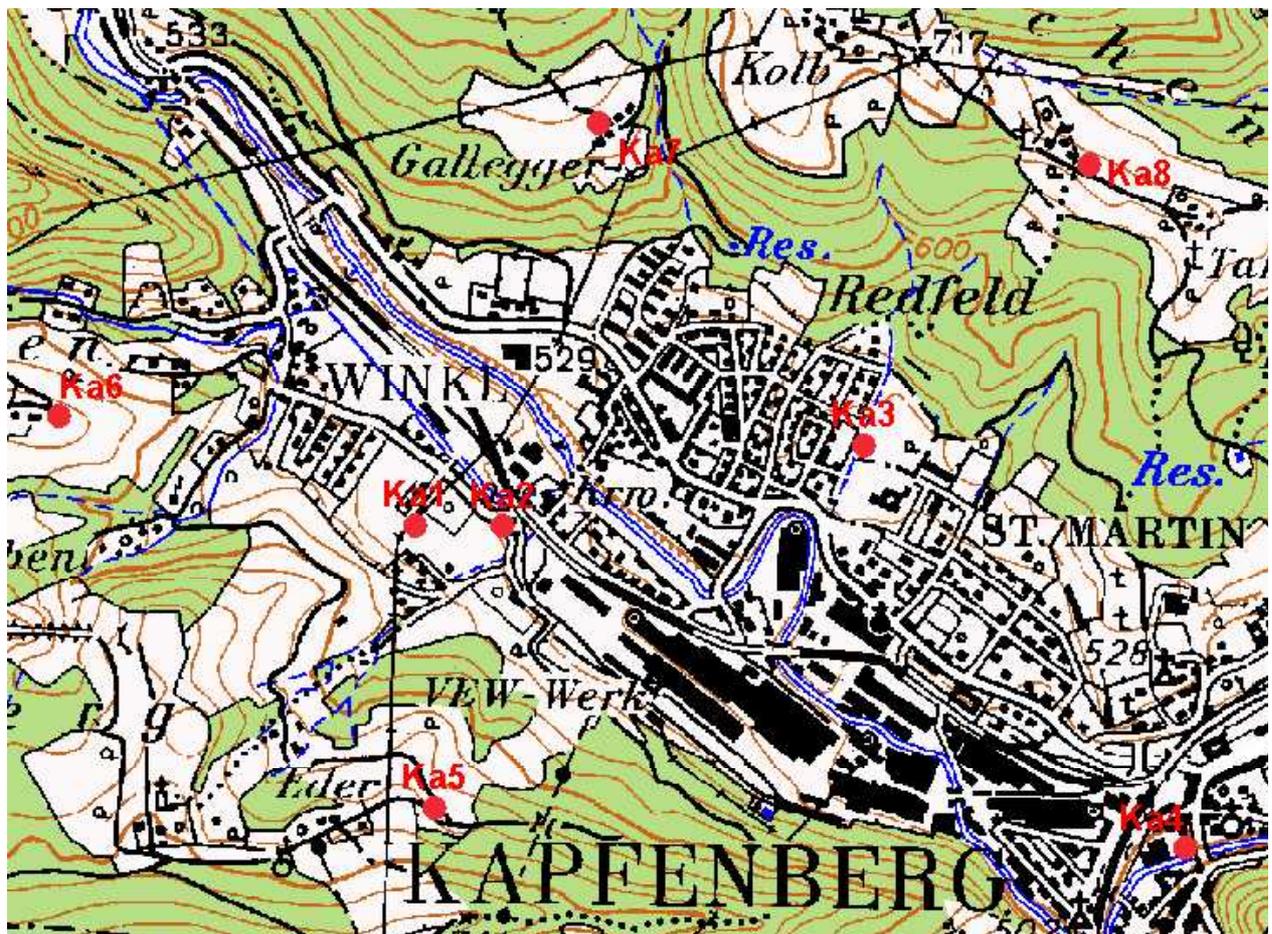
Tabelle 2: Zeitplan der Depositionsmessungen

| Jahr 01.01.-31.12. | Messperioden |
|-------------------------------|---------------------|
| 1997 | 5 – 17 |
| 1998 | 17 – 30 |
| 1999 | 30 – 42 |
| 2000 | 42 – 55 |
| 2001 | 55 – 68 |
| 2002 | 68 – 81 |

Weiters wurden Auswertungen nach Jahreszeiten erstellt. Dabei werden die Winterperioden aus den Messwerten der Monate Oktober bis März, die Sommerperioden aus den Monaten April bis September gebildet. Bei der Bildung der Periodenmittelwerte werden die Messperioden zu jenem Halbjahr gezählt, an dem sie den größeren Anteil haben.

Von 10.06. bis 08.07.1997 und von 05.11. bis 15.12.1998 wurden auch Konzentrationsmessungen mit einem High Volume Sammler durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Messungen wurden im Bericht Lu 2-99 „Staubdepositionsmessungen Kapfenberg 1996-1998“ bereits veröffentlicht.

Abbildung 3: Karte der Messpunkte



4 Beschreibung der Messmethoden

4.1 Bestimmung der Staubdeposition nach dem Bergerhoff-Verfahren

Die Staubniederschlagsmessung erfolgt nach der VDI-Richtlinie 2119, Blatt 2, des Handbuches zur Reinhaltung der Luft. Ziel ist es, die in einer bestimmten Zeit aus der Atmosphäre ausfallende Menge fester und flüssiger Substanz - mit Ausnahme des Wasseranteiles - zu erfassen („Bergerhoff-Verfahren“). Dabei wird ein Glas- oder Kunststoffgefäß, das nach oben eine Öffnung besitzt, auf einem etwa 1.5 m hohen Ständer angebracht. Der sich absetzende Staub und das Regenwasser werden in diesem Gefäß gesammelt. Die Expositionszeit beträgt etwa 28 Tage. Danach werden der Staubniederschlag und das Wasser in einer gewogenen Schale zur Trocknung eingedampft und als Gesamtstaubniederschlag gewogen. Das Ergebnis wird auf 1 Tag und 1 m² bezogen.

4.2 Bestimmung des Schwermetallgehaltes im Staub

Die getrockneten und gewogenen Proben werden durch die Einwirkung von konzentrierter Salpetersäure und Wasserstoffperoxid unter erhöhtem Druck und erhöhter Temperatur aufgeschlossen. Zum Einsatz gelangt ein Mikrowellen-Druckaufschlussgerät. Diese Prozedur dient dazu, die Schwermetalle für die nachfolgende Analyse in eine gelöste Form überzuführen.

Die Analyse der Schwermetallgehalte erfolgt im Labor des Referates Umweltlaboratorium mit Hilfe der ICP-OES-Technik.

Diese Methode gestattet es, simultan eine Vielzahl an Elementen zu bestimmen. Folgende Elemente werden untersucht: Arsen (As), Blei (Pb), Cadmium (Cd), Kobalt (Co), Chrom (Cr), Eisen (Fe), Kupfer (Cu), Mangan (Mn), Nickel (Ni) und Zink (Zn). Die Auswahl der Elemente erfolgt auf Grund der Vorgaben des Immissionsschutzgesetzes Luft sowie der Steiermärkischen Klärschlamm-Verordnung (LGBl. Nr. 89/1997).

5 Die immissionsklimatische Situation in Kapfenberg

Der Witterungsablauf und die geländeklimatischen Gegebenheiten spielen eine wesentliche Rolle für die Ausbreitung der Luftschadstoffe.

Kapfenberg liegt nach H. Wakonigg im Bereich des „kälteren Talbeckenklimas im Umkreis des Mürztales“ [H. Wakonigg, 1978, 384 f]. Das Klima dieser Landschaft kann vereinfacht als „winterkalt, sommerkühl und relativ niederschlagsarm“ charakterisiert werden.

Das Jahresmittel der Temperatur beträgt im Raum Kapfenberg im langjährigen Durchschnitt zwischen 7 °C und 8 °C, wobei im Monatsmittel im Jänner –3 °C bis knapp unter – 4 °C und im Juli zwischen 17 °C und 18 °C erreicht werden. Die mittleren Windgeschwindigkeiten erreichen in Kapfenberg bis 1,5 m/s bei einer der Be-

ckenausrichtung entsprechend orientierten Hauptwindrichtungssachse [T. Heimerl, 1997: S. 32].

Die inneralpine Lage der Mur-Mürz-Furche zwischen dem Steirischen Randgebirge im Süden und dem Alpenhauptkamm im Norden bewirkt eine Abschirmung vor allem bei Strömungen aus westlicher bis nördlicher Richtung, was in einer verstärkten Kontinentalität des Klimas mit ausgeprägteren Jahresgängen von Temperatur und Niederschlag zum Ausdruck kommt [R. Lazar, 1989: S. 154 in T.Heimerl, 1997: S. 32].

Diese abgeschirmte Lage fördert die Ausbildung von Inversionen und damit letztlich auch die von Lokalwindsystemen. Beide Parameter spielen für die Schadstoffausbreitung eine entscheidende Rolle. Als Folge der häufigen Inversionswetterlagen zählt der Raum Bruck – Kapfenberg mit durchschnittlich 80-90 Hochnebeltagen pro Jahr zu den hochnebelreichsten Talabschnitten in den Ostalpen [R. Lazar, 1989: S. 154 in T.Heimerl, 1997: S. 32].

6 Beurteilungsgrundlagen

6.1 Immissionsschutzgesetz Luft

Die entscheidende gesetzliche Grundlage für die Messung von Luftschadstoffen in Österreich ist das Immissionsschutzgesetz Luft (IG-L), das in seiner ursprünglichen Fassung aus dem Jahr 1997 stammt (BGBl I 115/1997). Im Jahr 2001 wurde das Gesetz umfassend novelliert (BGBl I 62/2001) und damit an die Vorgaben der Europäischen Union angepasst.

Die wesentlichen Ziele dieses Gesetzes sind:

- ⇒ der dauerhafte Schutz der Gesundheit des Menschen, des Tier- und Pflanzenbestands sowie der Kultur- und Sachgüter vor schädlichen Luftschadstoffen
- ⇒ der Schutz des Menschen vor unzumutbar belästigenden Luftschadstoffen
- ⇒ die vorsorgliche Verringerung der Immission von Luftschadstoffen
- ⇒ die Bewahrung und Verbesserung der Luftqualität, auch wenn aktuell keine Grenz- und Zielwertüberschreitungen registriert werden

Zur Erreichung dieser Ziele wird eine bundesweit einheitliche Überwachung der Schadstoffbelastung der Luft durchgeführt.

Tabelle 3: Immissionsgrenzwerte für die Deposition

| Luftschadstoff | Depositionswerte in mg/(m ² .d) als Jahresmittelwert |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Staubniederschlag | 210 |
| Blei im Staubniederschlag | 0,100 |
| Cadmium im Staubniederschlag | 0,002 |

6.2 Steiermärkische Klärschlammverordnung

Für eine Reihe von Schwermetallen gibt die Steiermärkische Klärschlammverordnung (LGBl. Nr. 89/1987), eine Verordnung zum Steiermärkischen Bodenschutzgesetz, Grenzwerte zur Beurteilung des Schwermetalleintrages vor. Es werden einerseits Grenzen für den Schwermetallgehalt des Klärschlammes in mg/kg Trockensubstanz vorgegeben, andererseits wird der Eintrag von Schwermetallen in landwirtschaftlich genutzte Böden (g/ha.Jahr) begrenzt.

Der Vergleich mit dem Grenzwert für die Schwermetallgehalte im Klärschlamm in mg/kg ist nicht sehr aussagekräftig, da Klärschlamm in wesentlich höheren Mengen aufgebracht wird als die Deposition von Staub. Mehr Bedeutung hat der flächenbezogene Eintrag von Schwermetallen in den Boden, da dadurch jener Anteil, der über den Luftpfad eingebracht wird, ermittelt werden kann.

Die Werte zur Beurteilung des Eintrages von Schadstoffen in den Boden werden auch als Richtwerte für Depositionen, die über den Luftpfad in den Boden gelangen, herangezogen.

Tabelle 4: Grenzwerte lt. Steiermärkischer Klärschlammverordnung für Schwermetalleinträge (umgerechnet in $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$)

| Element | Ackerland | Grünland |
|---------|-----------|----------|
| Arsen | 13,7 | 6,8 |
| Blei | 342,5 | 171,2 |
| Chrom | 342,5 | 171,2 |
| Cadmium | 6,8 | 3,4 |
| Kobalt | 68,5 | 34,2 |
| Kupfer | 342,5 | 171,2 |
| Nickel | 68,5 | 34,2 |
| Zink | 1369,9 | 684,9 |

6.3 Kurzcharakteristik der untersuchten Schwermetalle

Als Schwermetalle werden jene ca. 60 metallischen Elemente bezeichnet, die eine Dichte von über $4,5 \text{ g}/\text{cm}^3$ aufweisen. Viele dieser Substanzen sind essentielle Spurenstoffe für pflanzliches und tierisches Leben, viele wirken als reine Stoffe oder als deren Verbindungen toxisch, wobei diese Eigenschaften sich oft nicht gegenseitig ausschließen. Die schädliche Wirkung ist hier eine Frage der Dosis.

Tabelle 5: Physikalische Eigenschaften von Schwermetallen

| Element | Symbol | Ordnungszahl | Atomgewicht | Dichte | Schmelzpunkt | Siedepunkt |
|-----------------|--------|--------------|-------------|----------------------|--------------|------------|
| | | | [g/mol] | [g/cm ³] | [°C] | [°C] |
| Arsen | As | 33 | 74,9 | 5,73 | - | - |
| Blei | Pb | 82 | 207,2 | 11,34 | 327,5 | 1744 |
| Chrom | Cr | 24 | 51,996 | 7,18-7,20 | 1890 | 2670 |
| Eisen | Fe | 26 | 55,85 | 7,874 | 1535 | ~3000 |
| Cadmium | Cd | 48 | 112,41 | 8,65 | 321 | 767 |
| Kobalt | Co | 27 | 58,93 | 8,9 | 1495 | 3100 |
| Kupfer | Cu | 29 | 63,55 | 8,94 | 1083 | 2595 |
| Mangan | Mn | 25 | 54,94 | 7,20-7,43 | 1244 | 2032 |
| Molybdän | Mo | 42 | 95,94 | 10,22 | ~2620 | ~5560 |
| Nickel | Ni | 28 | 58,69 | 8,90 | 1453 | 2732 |
| Zink | Zn | 30 | 65,39 | 7,13 | 419,5 | 907 |

Arsen: Arsen ist kein Schwermetall sondern zählt zu den Halbmetallen der 5. Hauptgruppe des Periodensystems. Die biologische Bedeutung des Arsens als Spurenelement ist noch nicht völlig geklärt. Sie beruht wohl hauptsächlich auf seiner Inhibitor-Wirkung für freie Thiol-Gruppen bestimmter Enzymsysteme und äußert sich in der Steigerung der physiologischen Hämolysevorgänge, der Bildung von Blutzellen, der Hemmung der Oxidationen u. der Senkung des Grundumsatzes infolge Hemmung der Schilddrüse. Arsen soll eine Erhöhung des Umsatzes von Kohlenhydraten bei Tieren und Pflanzen bewirken; hier ist eventuell die Ursache zu suchen für das in manchen Alpengegenden verbreitete Arsenikessen. Die Toxizität von Arsen und seinen Verbindungen ist sehr unterschiedlich. Sind metallisches Arsen und die schwerlöslichen Sulfide nahezu ungiftig, so sind die leicht resorbierbaren Verbindungen insbesondere des 3-wertigen Arsens hoch toxisch: Arsenik war jahrhundertlang als Mordgift bekannt. Akute Intoxikationen, die vor allem auf einer Blockade der Thiol-Gruppen der Kapillaren beruhen, haben blutige Brechdurchfälle, Graufärbung und Erschlaffung der Haut, Kreislauf-Kollaps und Atemlähmung zur Folge. Arsen und seine Verbindungen gelten als krebserregende Arbeitsstoffe.

Blei: Sowohl metallisches Blei als auch seine Verbindungen sind giftig. Sie können durch Einnahme, Inhalation oder Hautresorption in den Körper gelangen. Akute Bleivergiftungen sind allerdings wegen der geringen Resorption relativ selten und nur bei Aufnahme sehr hoher Dosen zu erwarten. Weitaus gefährlicher jedoch ist die fortgesetzte Aufnahme kleiner Bleimengen. Auf Pflanzen wirkt Blei durch Hemmung der Chlorophyll-Synthese.

Chrom: Als Spurenelement ist Chrom essentiell für den Glucosestoffwechsel. Menschliches Gewebe enthält ca. 0,01–0,1 ppm Chrom. Für Chrom ist die Spanne

zwischen notwendiger und toxischer Konzentration besonders groß. Säugetiere tolerieren ohne Schäden das 100–200fache ihres normalen Chromgehaltes im Körper. Von toxikologischer Bedeutung sind nur die sechswertigen Chromverbindungen. Besonders Chrom(VI)-oxid („Chromsäure“) und Alkalimetallchromate sind giftig und wirken als starke Oxidationsmittel ätzend auf Haut und Schleimhäute. Metallisches Chrom und dreiwertige Verbindungen sind weder hautreizend noch mutagen oder kanzerogen.

Eisen ist als wichtiges Spurenelement essentiell in tierischen und pflanzlichen Organismen. Ein erwachsener Mensch von 70 kg Gewicht enthält 4,2 g Eisen in chemischen Bindungen. Der Eisengehalt einiger wichtiger Nahrungsmittel beträgt (bezogen auf 100 g) für rohes Obst ca. 0,5–1 mg Eisen, Gemüse (roh) 0,5–2 mg, Nüsse 2–5 mg, Fette 0,1–0,2 mg, Milch und Milchprodukte 0,1–0,5 mg, Fleisch 2–5 mg, Fisch 1–3 mg. Für Pflanzen ist Eisen ebenfalls ein wichtiger Mikronährstoff, der die Photosynthese sowie die Bildung von Chlorophyll und Kohlenhydraten beeinflusst.

Cadmium: Der Körper des Erwachsenen enthält ca. 30 mg Cadmium, welches kein essentielles Element ist. Mit der Nahrung nimmt der Mensch täglich maximal 0,03 mg Cadmium auf. Die WHO ermittelte 0,07 mg als kritischen Grenzwert. Da ein krebserzeugendes Potential vermutet wird, das jedoch bisher nicht schlüssig bewiesen ist, wurden Cadmium und einige seiner Verbindungen 1983 in die MAK-Liste, Absatz III B, aufgenommen.

Kobalt: Bedeutung besitzt Kobalt als essentielles Spurenelement. Es ist Zentralatom im Vitamin B₁₂, das hauptsächlich zur Bildung der roten Blutkörperchen benötigt wird. In Regionen mit kobaltarmen Böden können Mangelkrankheiten (Hinsch-Krankheit, Bush Sickness) auftreten. Kobalt besitzt bei oraler Aufnahme für den Menschen eine relativ geringe Giftigkeit. Erst bei Dosierungen von 25–30 mg pro Tag tritt eine toxische Wirkung auf. Der MAK-Wert wurde 1980 ausgesetzt, da Kobaltstäube und Aerosole, auch die der schwerlöslichen Salze, sich im Tierversuch als kanzerogen erwiesen.

Kupfer: Metallisches Kupfer zeigt nur insofern physiologische Wirkung, als es in saurer Umgebung Spuren von löslichen Salzen abgibt, die Kupferionen (Cu^{2+}) bilden. Diese wirken auf niedere Pflanzen (Algen, Kleinpilze, Bakterien) schon in sehr geringen Mengen als starkes Gift. Vom tierischen Organismus werden im allgemeinen verhältnismäßig große Mengen an Kupferverbindungen ohne besondere Nachteile vertragen. So nimmt der Mensch mit der Nahrung täglich bis zu 5 mg Kupfer auf, wovon aber nur wenig (0,5–2 mg) resorbiert wird. Kupfer ist für den Menschen, höhere Tiere und für zahlreiche Pflanzen ein essentielles Spurenelement. Die Inhalation von Dämpfen und Rauch kann jedoch das sogenannte Metallfieber verursachen. Bei Kupfer vermutet man ein erhebliches mutagenes und kanzerogenes Potential.

Mangan (Mn) ist das zweithäufigste Schwermetall. Es ist ein essentielles Spurenelement, das in allen lebenden Zellen vorkommt. Es wird in Form von Mangan(II)-Salzen von den Pflanzen aufgenommen und spielt eine wichtige Rolle bei der Photosynthese. Auch bei Tieren ist Mangan ein lebenswichtiges Spurenelement. Der menschliche Körper enthält ca. 20 mg Mangan, das hauptsächlich in den Mitochondrien, in Zellkernen und Knochen angereichert ist. Eine tägliche Zufuhr von mindestens 3 mg wird als notwendig angesehen.

Molybdän (Mo) ist ein essentielles Spurenelement. Es ist Bestandteil der Enzyme Nitrogenase und Nitratreduktase, die bei der Stickstofffixierung durch Blaualgen und Knöllchenbakterien, bei der Nitratassimilation und Nitratdissimilation in grünen Pflanzen und Bakterien beteiligt sind. Daher ruft das Fehlen von Molybdän bei verschiedenen höheren Pflanzen Mangelkrankheiten hervor. Die Aufnahme größerer Molybdänmengen führt bei Tieren zu Durchfall und Wachstumshemmungen. Kupfer kann diese Molybdänwirkung verhindern.

Nickel (Ni): Zur biologischen Rolle von Nickel ist noch wenig bekannt, doch scheint es am Kohlenhydratstoffwechsel beteiligt zu sein. Atembare Stäube oder Aerosole von Nickelmetall, NiS, sulfidischen Nickelerzen, NiO und NiCO₃, wie sie bei der Herstellung und Weiterverarbeitung auftreten können, gelten als gefährliche Arbeitsstoffe (TRgA 910/26) und als eindeutig krebserregend (MAK-Stoffliste III A1). Bei vielen Nickelverbindungen ist ein toxisches, allergenes und/oder mutagenes Potential nachgewiesen worden

Zink (Zn) ist ein für Menschen, Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen lebensnotwendiges Spurenelement. Einige Pflanzenkrankheiten (Rosettenkrankheit, Zwergwuchs, Chlorophylldefekt) können durch sehr geringe Zinkzugaben geheilt werden. Dosen über 100mg/l Nährlösung sind jedoch bereits schädlich. Zink spielt auch eine wichtige Rolle in der Wundheilung. Die Mehrzahl der physiologischen Wirkungen des Zinks dürfte auf dessen Funktion im Enzymsystem zurückgehen. Zink ist metallischer Bestandteil von über 200 Enzymen.

7 Messergebnisse

7.1 Allgemeines

Die Ergebnisse der Staubdepositionsmessungen geben Auskunft über den staubförmigen Niederschlag im Untersuchungsgebiet. Bestimmt wird die Höhe des Messwertes überwiegend durch Staubteilchen mit großem Korndurchmesser (50 bis 500 µm). Im Gegensatz dazu erfassen die Schwebstaubmessungen, wie sie an der fixen Luftgütemessstation Kapfenberg durchgeführt werden, feine Staubteilchen mit einem Korndurchmesser bis 30 µm (TSP). Durch die Größe der Teilchen ist deren Verweilzeit in der Atmosphäre beeinflusst. Größere Teilchen setzen sich rascher ab, der Transportweg in der Luft bleibt kurz. Emissionsquelle und Immissionsort liegen in der Regel nahe beieinander. Die Messergebnisse beschreiben daher vorwiegend die unmittelbare Umgebung der Messstelle.

Die jahreszeitliche Änderung der Staubdeposition ist von mehreren Einflüssen in der Umgebung der Messpunkte abhängig. Von Garten- und Ackerflächen treten Emissionen vorwiegend im Sommer auf. Dies wird durch nicht bewachsene Flächen und Trockenheit oder durch die Bodenbearbeitung hervorgerufen. Aber auch natürliche Ursachen, wie z.B. Pollenflug beeinflussen die Menge der Staubdeposition. Weitere Quellen für die Emission grober Staubfraktionen, die ja die Hauptmasse in der Staubdeposition ausmachen, sind diffuse Emissionen aus der Gewinnung und der Bearbeitung von staubenden Gütern (Sand, Schotter, Bauschutt etc.). Aber auch Fahrbewegungen verursachen beträchtliche Mengen an Staubaufwirbelungen, einer-

seits durch das Befahren von nicht staubfrei befestigten Wegen bei Trockenheit, andererseits durch das Zermahlen von im Winter aufgebrauchten Streumaterialien. Industrielle Prozesse können ebenfalls Ursache von Staubemissionen sein, wenn belastete Abluft nicht entsprechend gefasst und entstaubt wird.

Aus den gesammelten Proben der Staubdeposition wurden nach dem Aufschluss die Schwermetallgehalte bestimmt. Die Liste der untersuchten Elemente orientiert sich an den im Immissionsschutzgesetz-Luft und in der Klärschlamm-Verordnung festgelegten Grenzwerten sowie an Metallen, die Hinweise auf mögliche Verursacher von Emissionen sein können. Den hier dargestellten aggregierten Werten liegen eine Vielzahl von einzelnen Analyseergebnissen zugrunde, die jedoch aus Platzgründen in diesem Bericht nicht enthalten sind.

Grenzwertüberschreitungen werden in den folgenden Tabellen im Fettdruck markiert. Die Verletzungen des Limits nach IG-L werden rot markiert. Die Überschreitungen der Vorgaben nach der Klärschlammverordnung sind orange (Grenzwerte für Ackerland) bzw. grün (Grenzwerte für Grünland) gekennzeichnet.

7.2 Zusammengefasste Ergebnisse aus den Jahren 1997 - 2002

Abbildung 4: Messnetz Kapfenberg; Entwicklung der Staubdepositionen (Mittelwerte über Messpunkte)

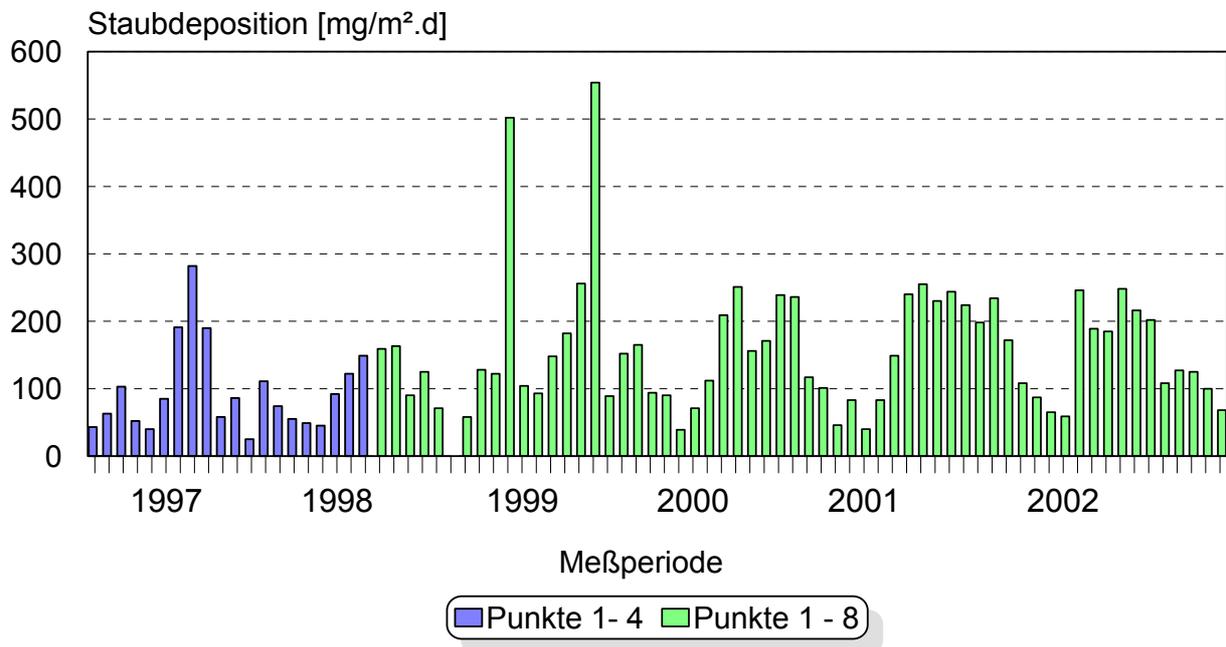


Tabelle 6: Messnetz Kapfenberg; Staubdepositionen [mg/m².d]

| Messpunkt | | JMW 1997 | Verfügbarkeit | JMW 1998 | Verfügbarkeit | JMW 1999 | Verfügbarkeit | JMW 2000 | Verfügbarkeit | JMW 2001 | Verfügbarkeit | JMW 2002 | Verfügbarkeit |
|--------------------------|-----|----------|---------------|----------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|
| Finkenweg | Ka1 | 71 | 85% | 69 | 86% | 69 | 85% | 107 | 93% | 128 | 100% | 90 | 64% |
| Winklerstraße | Ka2 | 96 | 69% | 107 | 79% | 95 | 100% | 110 | 93% | 137 | 100% | 114 | 93% |
| Vogelweiderstraße | Ka3 | 117 | 92% | 107 | 79% | 70 | 85% | 90 | 93% | 88 | 71% | 86 | 79% |
| Volksschule Wienerstraße | Ka4 | 99 | 62% | 76 | 71% | 56 | 100% | 95 | 79% | 184 | 100% | 122 | 86% |
| Gehöft Eder | Ka5 | | | | | 634 | 92% | 438 | 79% | 473 | 93% | 296 | 93% |
| Lanzgraben | Ka6 | | | | | 110 | 69% | 49 | 93% | 65 | 100% | 49 | 100% |
| Zoisergraben | Ka7 | | | | | 54 | 77% | 67 | 100% | 73 | 93% | 112 | 93% |
| Pötschenstraße | Ka8 | | | | | 134 | 85% | 83 | 86% | 104 | 86% | 139 | 86% |

Tabelle 7: Messnetz Kapfenberg; Bleidepositionen [$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$]

| Messpunkt | | JMW 1997 | Verfügbarkeit | JMW 1998 | Verfügbarkeit | JMW 1999 | Verfügbarkeit | JMW 2000 | Verfügbarkeit | JMW 2001 | Verfügbarkeit | JMW 2002 | Verfügbarkeit |
|---------------------------------|-----|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|
| Finkenweg | Ka1 | 9 | 77% | 26 | 79% | 11 | 69% | 15 | 79% | 8,8 | 100% | 5,3 | 75% |
| Winklerstraße | Ka2 | 10 | 46% | 18 | 71% | 11 | 85% | 16 | 79% | 6,1 | 100% | 6,6 | 100% |
| Vogelweiderstraße | Ka3 | 32 | 77% | 24 | 64% | 16 | 77% | 12 | 79% | 4,3 | 69% | 2,6 | 100% |
| Volksschule Wienerstraße | Ka4 | 5 | 46% | 14 | 71% | 12 | 85% | 11 | 71% | 6,9 | 100% | 3,8 | 100% |
| Gehöft Eder | Ka5 | | | 25 | 43% | 32 | 77% | 32 | 64% | 17,2 | 92% | 15,4 | 100% |
| Lanzgraben | Ka6 | | | 8 | 43% | 15 | 69% | 13 | 79% | 3,1 | 100% | 2,6 | 100% |
| Zoisergraben | Ka7 | | | 13 | 43% | 14 | 62% | 41 | 86% | 8,7 | 85% | 4,7 | 100% |
| Pötschenstraße | Ka8 | | | 8 | 21% | 9 | 62% | 13 | 71% | 3,6 | 85% | 2,9 | 88% |

Tabelle 8: Messnetz Kapfenberg; Cadmiumdepositionen [$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$]

| Messpunkt | | JMW 1997 | Verfügbarkeit | JMW 1998 | Verfügbarkeit | JMW 1999 | Verfügbarkeit | JMW 2000 | Verfügbarkeit | JMW 2001 | Verfügbarkeit | JMW 2002 | Verfügbarkeit |
|---------------------------------|-----|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|
| Finkenweg | Ka1 | 0,2 | 77% | 0,2 | 71% | 0,4 | 62% | 0,4 | 79% | 0,5 | 100% | 0,4 | 64% |
| Winklerstraße | Ka2 | 0,2 | 46% | 0,2 | 64% | 0,4 | 77% | 0,4 | 79% | 0,4 | 100% | 0,4 | 93% |
| Vogelweiderstraße | Ka3 | 0,2 | 77% | 0,3 | 57% | 0,9 | 69% | 0,7 | 79% | 0,4 | 71% | 0,4 | 79% |
| Volksschule Wienerstraße | Ka4 | 0,2 | 46% | 0,3 | 64% | 0,4 | 77% | 0,4 | 71% | 0,4 | 100% | 0,4 | 86% |
| Gehöft Eder | Ka5 | | | 0,6 | 36% | 1,2 | 69% | 0,5 | 64% | 0,4 | 93% | 0,4 | 93% |
| Lanzgraben | Ka6 | | | 0,4 | 36% | 0,4 | 62% | 0,5 | 79% | 0,4 | 100% | 0,4 | 100% |
| Zoisergraben | Ka7 | | | 0,5 | 36% | 0,4 | 54% | 0,4 | 86% | 0,4 | 86% | 0,4 | 93% |
| Pötschenstraße | Ka8 | | | 0,4 | 21% | 0,7 | 54% | 0,4 | 71% | 0,5 | 86% | 0,4 | 86% |

Tabelle 9: Messnetz Kapfenberg; Arsendepositionen [$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$]

| Messpunkt | | JMW 1997 | Verfügbarkeit | JMW 1998 | Verfügbarkeit | JMW 1999 | Verfügbarkeit | JMW 2000 | Verfügbarkeit | JMW 2001 | Verfügbarkeit | JMW 2002 | Verfügbarkeit |
|--------------------------|-----|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|
| Finkenweg | Ka1 | 2,1 | 69% | 2,3 | 77% | 2,8 | 77% | 4,9 | 79% | 7,7 | 93% | 15,2 | 64% |
| Winklerstraße | Ka2 | 2,2 | 46% | 2,3 | 69% | 3,8 | 85% | 5,8 | 79% | 4,6 | 93% | 8,0 | 93% |
| Vogelweiderstraße | Ka3 | 2,1 | 69% | 2,3 | 62% | 12,2 | 69% | 7,8 | 79% | 4,6 | 64% | 11,1 | 79% |
| Volksschule Wienerstraße | Ka4 | 2,1 | 46% | 2,3 | 69% | 2,7 | 85% | 5,5 | 71% | 5,8 | 93% | 7,4 | 86% |
| Gehöft Eder | Ka5 | | | | | 3,8 | 77% | 7,9 | 64% | 5,1 | 86% | 13,9 | 93% |
| Lanzgraben | Ka6 | | | | | 2,3 | 69% | 6,8 | 79% | 4,6 | 93% | 4,9 | 100% |
| Zoisergraben | Ka7 | | | | | 2,9 | 62% | 5,0 | 86% | 4,6 | 79% | 12,9 | 93% |
| Pötschenstraße | Ka8 | | | | | 2,4 | 62% | 6,1 | 71% | 5,0 | 86% | 10,4 | 86% |

Tabelle 10: Messnetz Kapfenberg; Chromdepositionen [$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$]

| Messpunkt | | JMW 1997 | Verfügbarkeit | JMW 1998 | Verfügbarkeit | JMW 1999 | Verfügbarkeit | JMW 2000 | Verfügbarkeit | JMW 2001 | Verfügbarkeit | JMW 2002 | Verfügbarkeit |
|--------------------------|-----|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|
| Finkenweg | Ka1 | 155,9 | 69% | 184,5 | 71% | 170,1 | 69% | 279,8 | 79% | 233,6 | 100% | 214,1 | 64% |
| Winklerstraße | Ka2 | 205,5 | 46% | 294,3 | 64% | 177,2 | 85% | 343,4 | 79% | 270,6 | 100% | 310,0 | 93% |
| Vogelweiderstraße | Ka3 | 86,7 | 69% | 106,2 | 57% | 92,6 | 69% | 143,9 | 79% | 148,2 | 71% | 93,9 | 79% |
| Volksschule Wienerstraße | Ka4 | 47,2 | 46% | 105,7 | 64% | 77,3 | 85% | 101,8 | 71% | 121,8 | 100% | 99,5 | 86% |
| Gehöft Eder | Ka5 | | | | | 557,5 | 77% | 780,6 | 64% | 642,7 | 93% | 781,9 | 93% |
| Lanzgraben | Ka6 | | | | | 57,5 | 69% | 151,8 | 79% | 77,1 | 100% | 65,0 | 100% |
| Zoisergraben | Ka7 | | | | | 45,3 | 62% | 85,5 | 86% | 49,7 | 86% | 46,8 | 93% |
| Pötschenstraße | Ka8 | | | | | 34,8 | 62% | 53,7 | 71% | 39,9 | 86% | 38,6 | 86% |

Tabelle 11: Messnetz Kapfenberg; Kobaltdepositionen [$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$]

| Messpunkt | | JMW 1997 | Verfügbarkeit | JMW 1998 | Verfügbarkeit | JMW 1999 | Verfügbarkeit | JMW 2000 | Verfügbarkeit | JMW 2001 | Verfügbarkeit | JMW 2002 | Verfügbarkeit |
|--------------------------|-----|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|
| Finkenweg | Ka1 | 7,2 | 69% | 9,9 | 77% | 8,7 | 75% | 15,7 | 79% | 15,0 | 100% | 11,8 | 64% |
| Winklerstraße | Ka2 | 10,7 | 46% | 16,4 | 69% | 11,4 | 92% | 20,8 | 79% | 18,5 | 100% | 39,8 | 93% |
| Vogelweiderstraße | Ka3 | 6,0 | 69% | 8,6 | 62% | 7,6 | 75% | 11,2 | 79% | 15,6 | 71% | 5,8 | 79% |
| Volksschule Wienerstraße | Ka4 | 3,6 | 46% | 7,8 | 69% | 5,8 | 92% | 6,9 | 71% | 8,4 | 100% | 6,4 | 86% |
| Gehöft Eder | Ka5 | | | | | 35,8 | 83% | 52,8 | 64% | 45,8 | 93% | 85,1 | 93% |
| Lanzgraben | Ka6 | | | | | 3,1 | 75% | 9,3 | 79% | 5,0 | 100% | 3,9 | 100% |
| Zoisergraben | Ka7 | | | | | 2,1 | 67% | 4,3 | 86% | 3,5 | 86% | 2,7 | 93% |
| Pötschenstraße | Ka8 | | | | | 2,0 | 67% | 4,6 | 71% | 3,8 | 86% | 2,5 | 86% |

Tabelle 12: Messnetz Kapfenberg; Eisendepositionen [$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$]

| Messpunkt | | JMW 1997 | Verfügbarkeit | JMW 1998 | Verfügbarkeit | JMW 1999 | Verfügbarkeit | JMW 2000 | Verfügbarkeit | JMW 2001 | Verfügbarkeit | JMW 2002 | Verfügbarkeit |
|---------------------------------|-----|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|
| Finkenweg | Ka1 | 2129,7 | 69% | 2431,5 | 77% | 4865,0 | 75% | 3896,7 | 73% | 3294,8 | 100% | 2802,5 | 64% |
| Winklerstraße | Ka2 | 3683,4 | 46% | 4640,0 | 69% | 6603,5 | 92% | 5444,2 | 73% | 4857,7 | 100% | 5091,1 | 93% |
| Vogelweiderstraße | Ka3 | 1578,4 | 69% | 1909,9 | 62% | 7379,0 | 75% | 2497,1 | 73% | 2209,5 | 71% | 1530,5 | 79% |
| Volksschule Wienerstraße | Ka4 | 1165,5 | 46% | 2618,1 | 69% | 3096,6 | 92% | 2289,7 | 67% | 3863,9 | 100% | 2329,9 | 86% |
| Gehöft Eder | Ka5 | | | | | 21620,6 | 83% | 15104,1 | 60% | 14862,6 | 93% | 12453,8 | 93% |
| Lanzgraben | Ka6 | | | | | 2128,2 | 75% | 2366,4 | 73% | 1379,1 | 100% | 1108,9 | 100% |
| Zoisergraben | Ka7 | | | | | 1396,0 | 67% | 2137,0 | 80% | 1052,0 | 86% | 1283,4 | 93% |
| Pötschenstraße | Ka8 | | | | | 2290,8 | 67% | 1805,5 | 67% | 1184,7 | 86% | 1312,0 | 86% |

Tabelle 13: Messnetz Kapfenberg; Kupferdepositionen [$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$]

| Messpunkt | | JMW 1997 | Verfügbarkeit | JMW 1998 | Verfügbarkeit | JMW 1999 | Verfügbarkeit | JMW 2000 | Verfügbarkeit | JMW 2001 | Verfügbarkeit | JMW 2002 | Verfügbarkeit |
|---------------------------------|-----|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|
| Finkenweg | Ka1 | 11,9 | 69% | 14,7 | 77% | 19,5 | 75% | 29,5 | 80% | 30,5 | 100% | 30,2 | 64% |
| Winklerstraße | Ka2 | 15,2 | 46% | 21,9 | 69% | 16,7 | 92% | 29,9 | 80% | 28,7 | 100% | 32,8 | 93% |
| Vogelweiderstraße | Ka3 | 37,3 | 69% | 21,3 | 62% | 41,2 | 75% | 21,2 | 80% | 22,2 | 71% | 20,2 | 79% |
| Volksschule Wienerstraße | Ka4 | 9,7 | 46% | 14,2 | 69% | 12,3 | 92% | 15,0 | 73% | 20,3 | 100% | 17,2 | 86% |
| Gehöft Eder | Ka5 | | | | | 46,4 | 83% | 67,3 | 67% | 63,2 | 93% | 94,0 | 93% |
| Lanzgraben | Ka6 | | | | | 13,1 | 75% | 17,7 | 80% | 11,2 | 100% | 9,8 | 100% |
| Zoisergraben | Ka7 | | | | | 8,3 | 67% | 14,1 | 87% | 10,9 | 86% | 15,8 | 93% |
| Pötschenstraße | Ka8 | | | | | 10,1 | 67% | 10,6 | 73% | 13,4 | 86% | 16,3 | 86% |

Tabelle 14: Messnetz Kapfenberg; Mangandepositionen [$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$]

| Messpunkt | | JMW 1997 | Verfügbarkeit | JMW 1998 | Verfügbarkeit | JMW 1999 | Verfügbarkeit | JMW 2000 | Verfügbarkeit | JMW 2001 | Verfügbarkeit | JMW 2002 | Verfügbarkeit |
|---------------------------------|-----|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|
| Finkenweg | Ka1 | 276,0 | 69% | 301,8 | 77% | 297,0 | 69% | 422,0 | 80% | 403,2 | 100% | 434,6 | 64% |
| Winklerstraße | Ka2 | 419,9 | 46% | 551,9 | 69% | 343,6 | 85% | 557,8 | 80% | 528,0 | 100% | 493,9 | 93% |
| Vogelweiderstraße | Ka3 | 181,2 | 69% | 232,1 | 62% | 261,7 | 69% | 230,0 | 80% | 247,2 | 71% | 164,8 | 79% |
| Volksschule Wienerstraße | Ka4 | 92,8 | 46% | 167,9 | 69% | 104,1 | 85% | 151,9 | 73% | 214,1 | 100% | 160,2 | 86% |
| Gehöft Eder | Ka5 | | | | | 761,1 | 77% | 1049,6 | 67% | 1085,4 | 93% | 950,4 | 93% |
| Lanzgraben | Ka6 | | | | | 90,2 | 69% | 226,0 | 80% | 155,3 | 100% | 130,0 | 100% |
| Zoisergraben | Ka7 | | | | | 95,9 | 62% | 143,3 | 80% | 89,9 | 86% | 104,8 | 93% |
| Pötschenstraße | Ka8 | | | | | 83,5 | 62% | 105,1 | 73% | 94,4 | 86% | 101,5 | 86% |

Tabelle 15: Messnetz Kapfenberg; Molybdändepositionen [$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$]

| Messpunkt | | JMW 1997 | Verfügbarkeit | JMW 1998 | Verfügbarkeit | JMW 1999 | Verfügbarkeit | JMW 2000 | Verfügbarkeit | JMW 2001 | Verfügbarkeit | JMW 2002 | Verfügbarkeit |
|--------------------------|-----|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|
| Finkenweg | Ka1 | | | 41,6 | 67% | 43,6 | 77% | 80,0 | 80% | 74,5 | 93% | 66,8 | 64% |
| Winklerstraße | Ka2 | | | 56,5 | 67% | 55,3 | 85% | 100,2 | 80% | 80,7 | 93% | 130,8 | 93% |
| Vogelweiderstraße | Ka3 | | | 21,2 | 50% | 28,1 | 69% | 49,4 | 80% | 52,0 | 64% | 35,2 | 79% |
| Volksschule Wienerstraße | Ka4 | | | 25,0 | 67% | 23,6 | 85% | 28,5 | 73% | 36,4 | 93% | 33,1 | 86% |
| Gehöft Eder | Ka5 | | | | | 171,1 | 77% | 202,3 | 67% | 173,6 | 86% | 307,6 | 93% |
| Lanzgraben | Ka6 | | | | | 17,1 | 69% | 39,8 | 80% | 23,3 | 93% | 22,5 | 100% |
| Zoisergraben | Ka7 | | | | | 16,2 | 62% | 22,4 | 87% | 14,6 | 79% | 14,0 | 93% |
| Pötschenstraße | Ka8 | | | | | 11,9 | 62% | 17,3 | 73% | 13,8 | 86% | 11,5 | 86% |

Tabelle 16: Messnetz Kapfenberg; Nickeldepositionen [$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$]

| Messpunkt | | JMW 1997 | Verfügbarkeit | JMW 1998 | Verfügbarkeit | JMW 1999 | Verfügbarkeit | JMW 2000 | Verfügbarkeit | JMW 2001 | Verfügbarkeit | JMW 2002 | Verfügbarkeit |
|--------------------------|-----|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|
| Finkenweg | Ka1 | 138,5 | 69% | 241,0 | 77% | 83,7 | 69% | 216,6 | 80% | 412,4 | 100% | 124,4 | 64% |
| Winklerstraße | Ka2 | 119,0 | 46% | 324,6 | 69% | 96,6 | 85% | 242,6 | 80% | 402,0 | 100% | 219,6 | 93% |
| Vogelweiderstraße | Ka3 | 72,4 | 69% | 279,5 | 62% | 108,0 | 69% | 301,6 | 80% | 354,8 | 71% | 108,4 | 79% |
| Volksschule Wienerstraße | Ka4 | 69,2 | 46% | 202,5 | 69% | 83,5 | 85% | 195,0 | 73% | 198,1 | 100% | 106,0 | 86% |
| Gehöft Eder | Ka5 | | | | | 232,7 | 77% | 448,3 | 67% | 484,6 | 93% | 435,9 | 93% |
| Lanzgraben | Ka6 | | | | | 51,2 | 69% | 153,7 | 80% | 194,4 | 100% | 66,5 | 100% |
| Zoisergraben | Ka7 | | | | | 37,6 | 62% | 148,7 | 87% | 212,0 | 86% | 60,2 | 93% |
| Pötschenstraße | Ka8 | | | | | 60,5 | 62% | 151,7 | 73% | 179,6 | 86% | 65,2 | 86% |

Tabelle 17: Messnetz Kapfenberg; Zinkdepositionen [$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$]

| Messpunkt | | JMW 1997 | Verfügbarkeit | JMW 1998 | Verfügbarkeit | JMW 1999 | Verfügbarkeit | JMW 2000 | Verfügbarkeit | JMW 2001 | Verfügbarkeit | JMW 2002 | Verfügbarkeit |
|--------------------------|-----|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|
| Finkenweg | Ka1 | 80,1 | 69% | 229,0 | 77% | 350,3 | 69% | 262,1 | 80% | 213,1 | 100% | 198,7 | 64% |
| Winklerstraße | Ka2 | 130,9 | 46% | 176,2 | 69% | 266,3 | 85% | 307,0 | 80% | 190,4 | 100% | 200,0 | 93% |
| Vogelweiderstraße | Ka3 | 157,6 | 69% | 135,2 | 62% | 307,7 | 69% | 242,0 | 80% | 194,3 | 71% | 138,9 | 79% |
| Volksschule Wienerstraße | Ka4 | 76,5 | 46% | 204,9 | 69% | 333,4 | 85% | 152,9 | 73% | 93,5 | 100% | 93,2 | 86% |
| Gehöft Eder | Ka5 | | | | | 599,9 | 77% | 720,5 | 67% | 483,5 | 93% | 722,2 | 93% |
| Lanzgraben | Ka6 | | | | | 356,3 | 69% | 232,1 | 80% | 101,0 | 100% | 180,3 | 100% |
| Zoisergraben | Ka7 | | | | | 465,2 | 62% | 277,3 | 87% | 74,5 | 86% | 105,4 | 93% |
| Pötschenstraße | Ka8 | | | | | 281,3 | 62% | 289,6 | 73% | 259,8 | 86% | 360,8 | 86% |

Abbildung 5: Messnetz Kapfenberg; Staubdeposition, Jahresmittelwerte

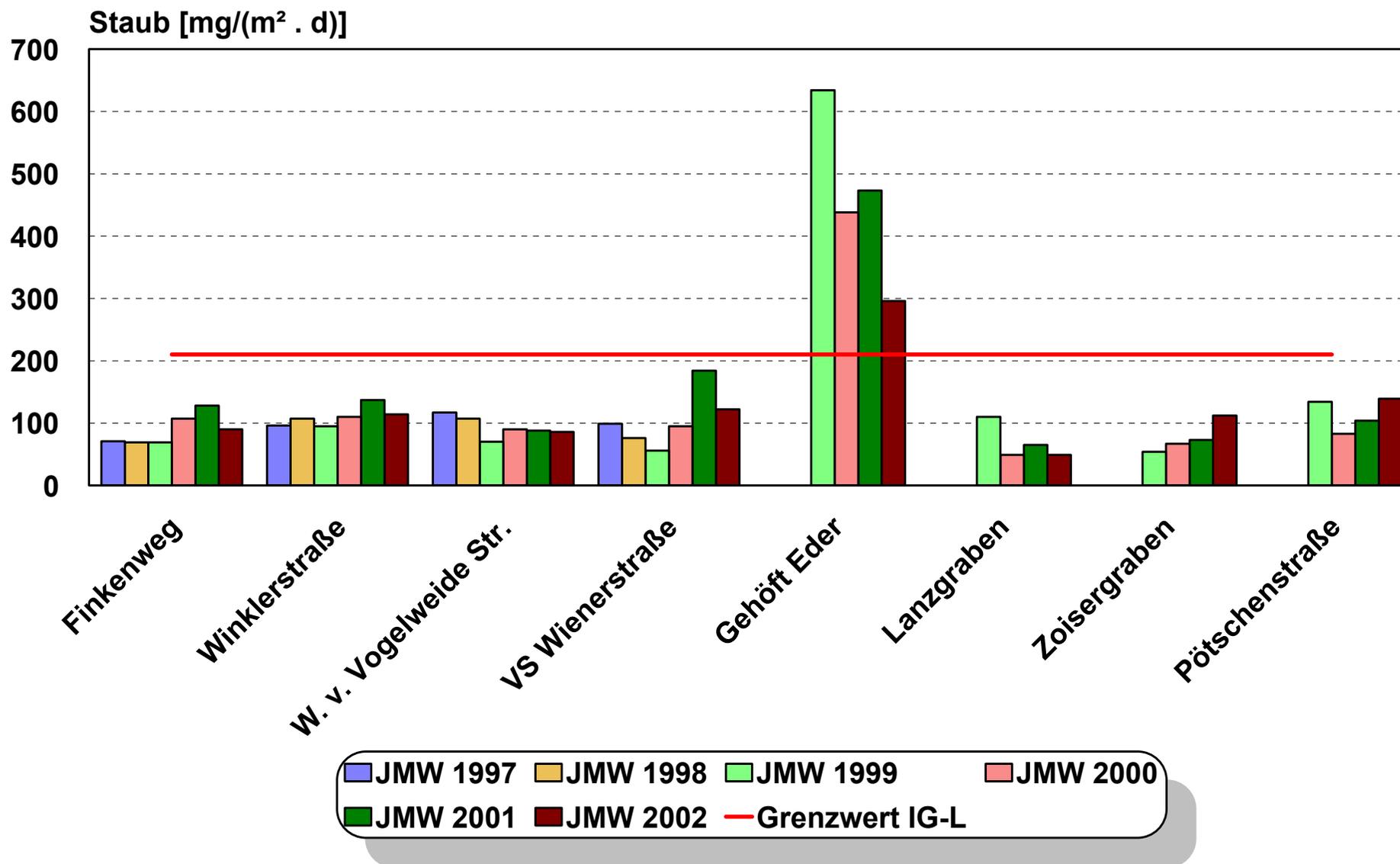


Abbildung 6: Messnetz Kapfenberg; Staubdeposition, Sommermittelwerte

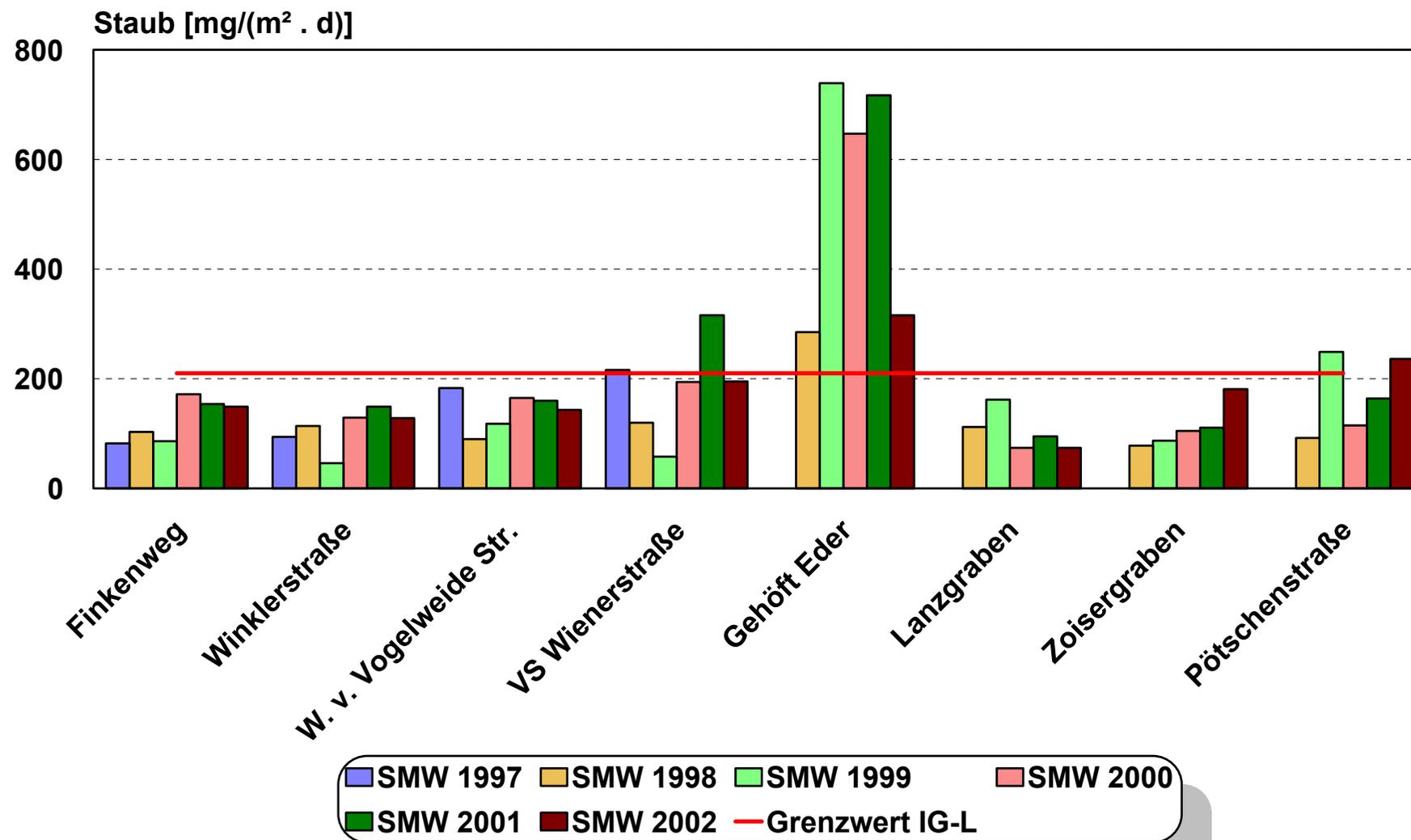


Abbildung 7: Messnetz Kapfenberg; Staubdeposition, Wintermittelwerte

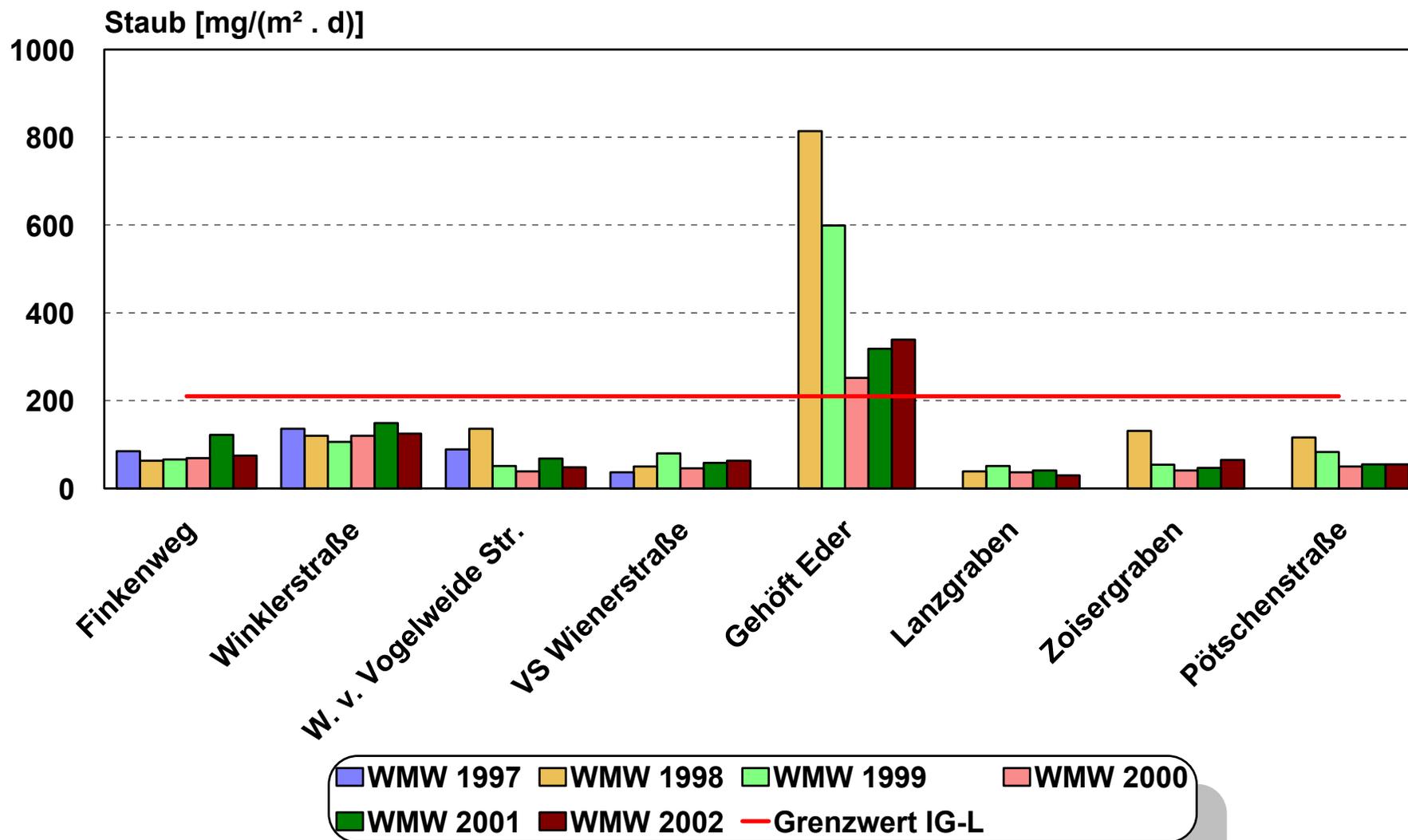


Abbildung 8: Messnetz Kapfenberg; Bleideposition

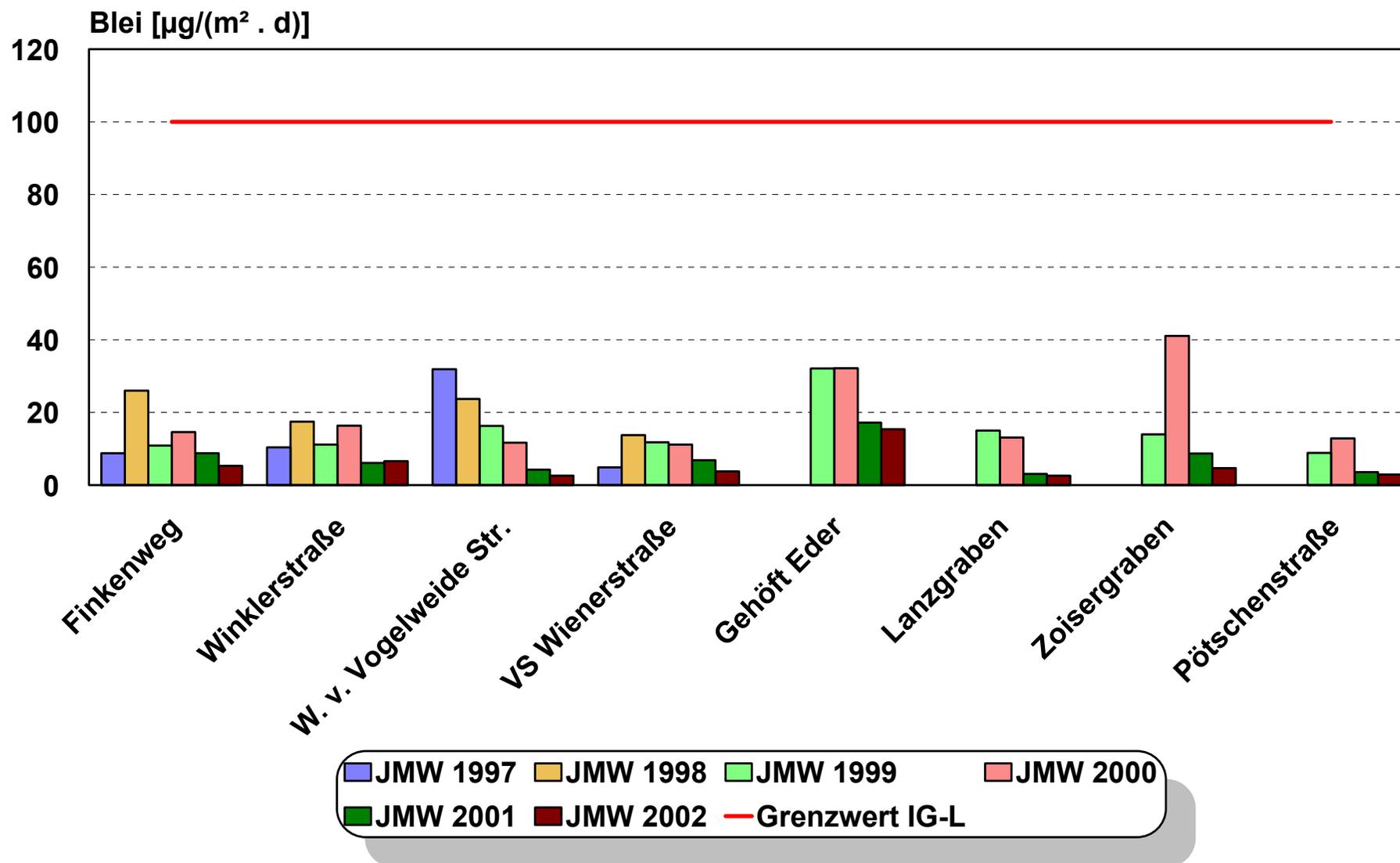


Abbildung 9: Messnetz Kapfenberg; Cadmiumdeposition

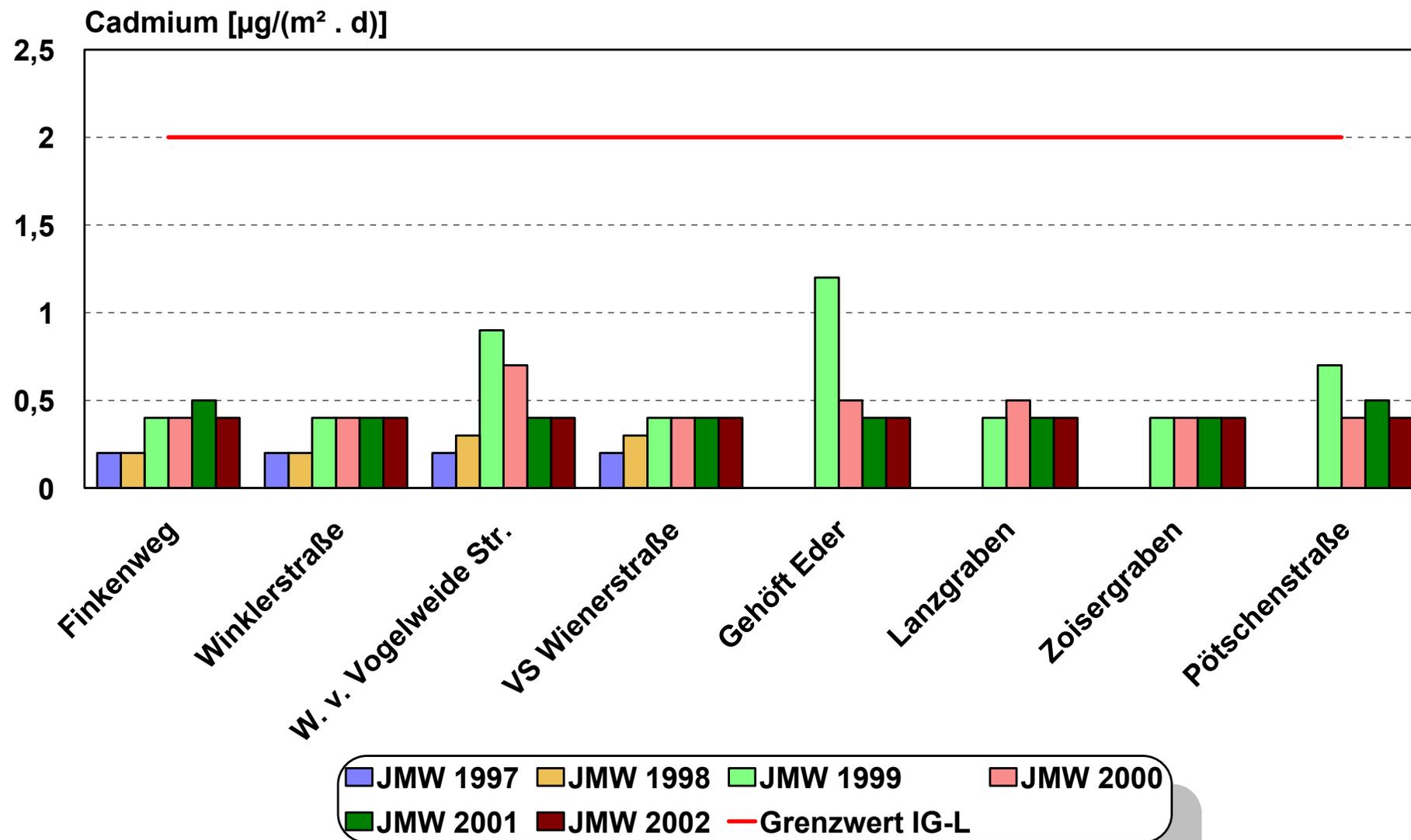


Abbildung 10: Messnetz Kapfenberg; Arsendeposition

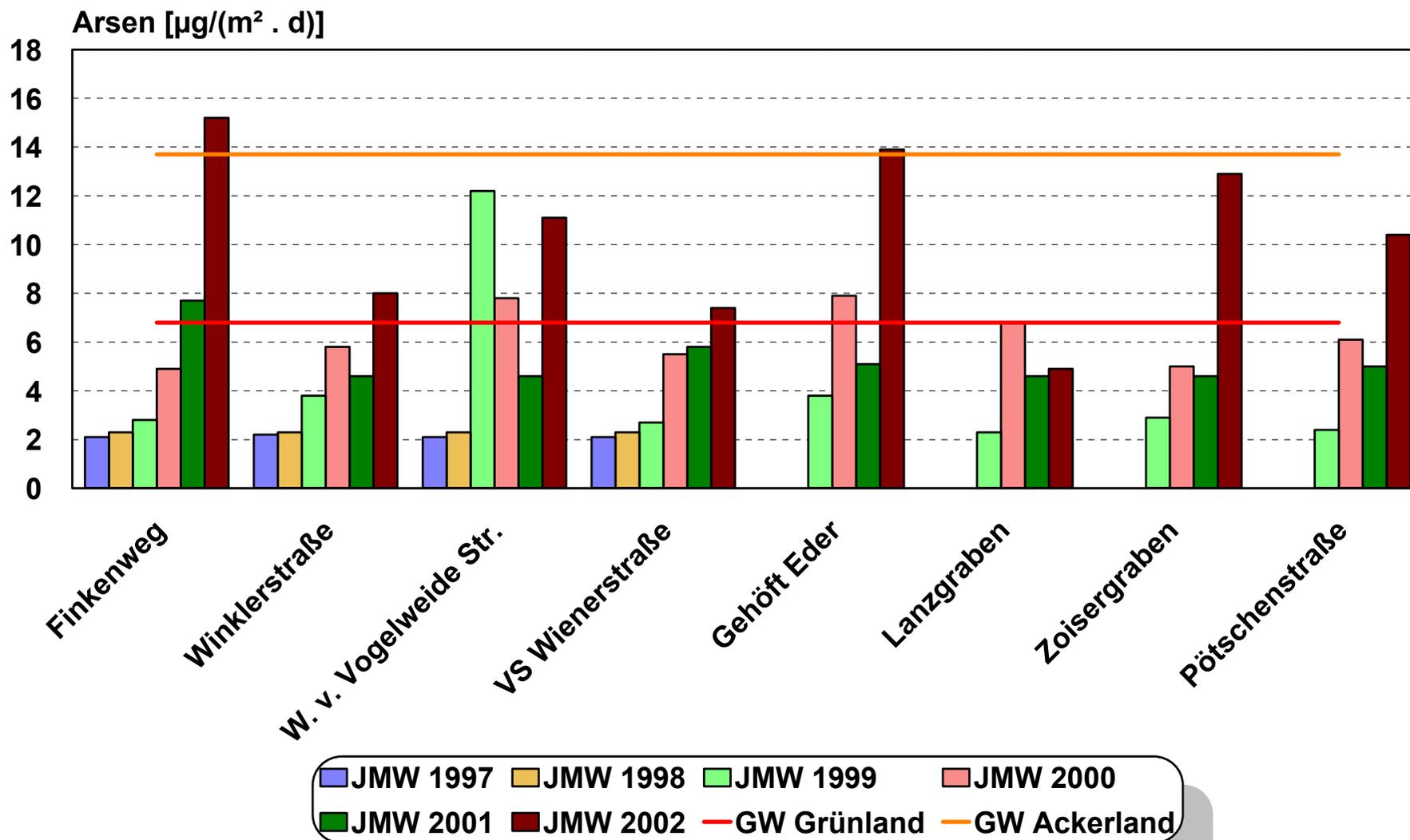


Abbildung 11: Messnetz Kapfenberg; Chromdeposition

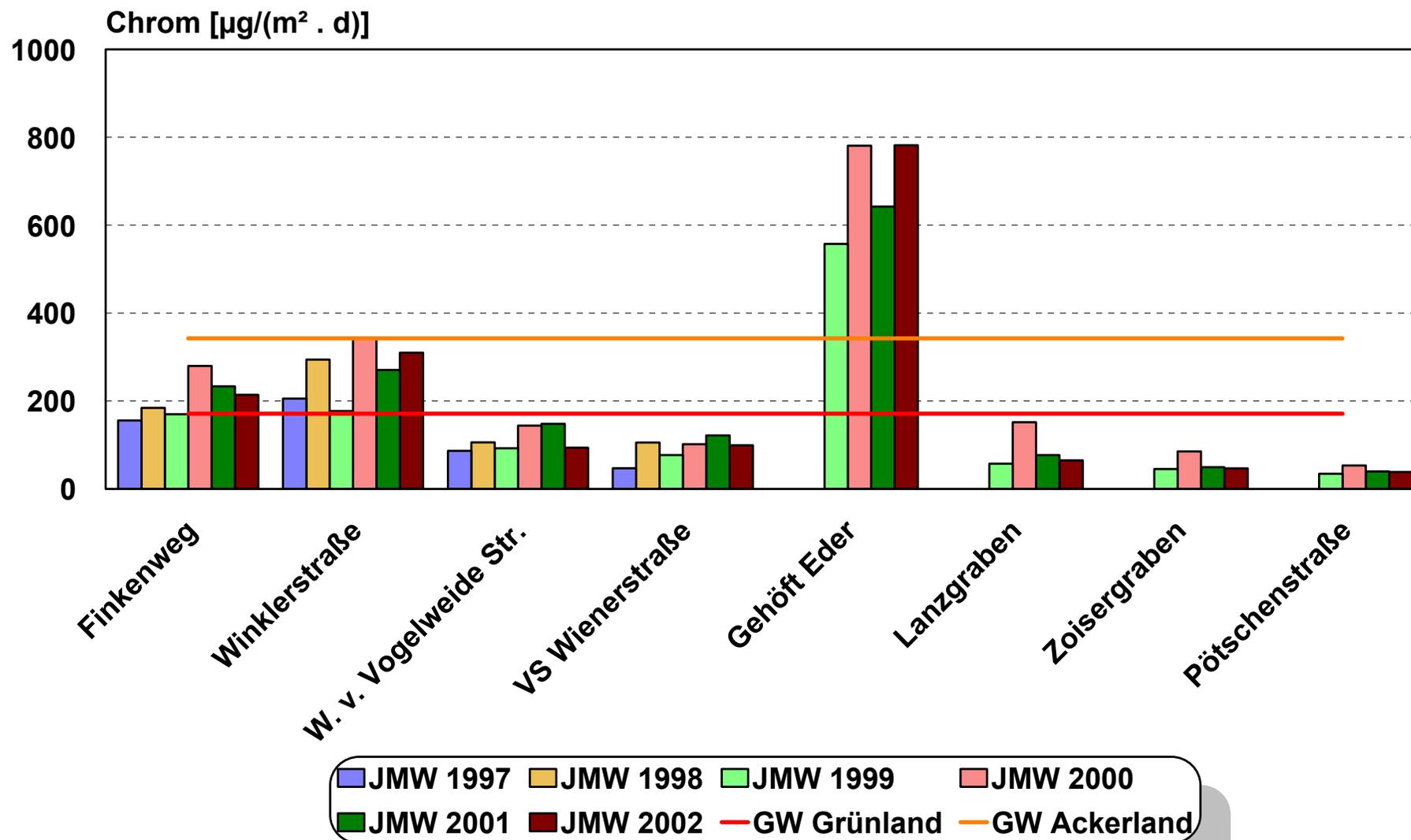


Abbildung 12: Messnetz Kapfenberg; Kobaltdeposition

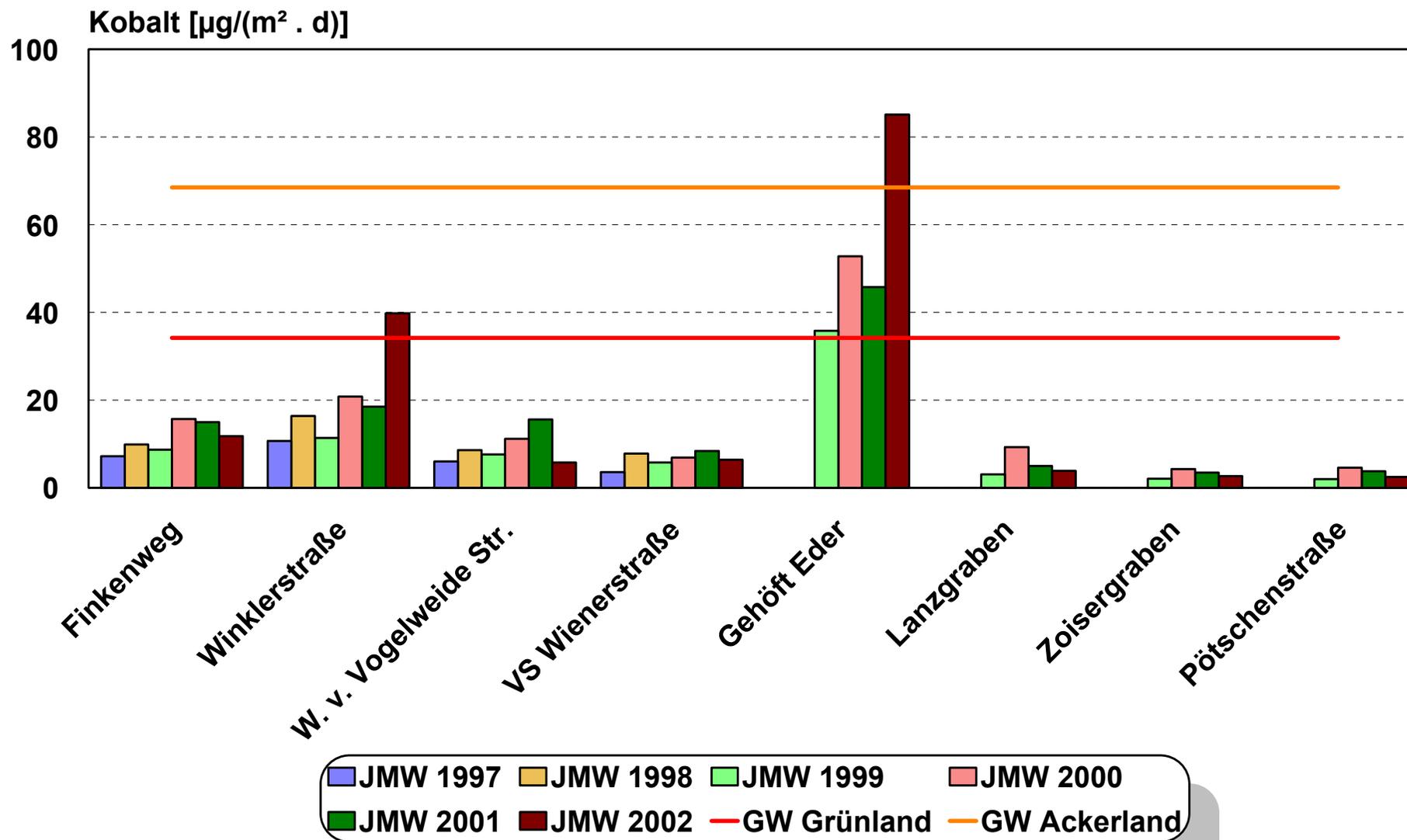


Abbildung 13: Messnetz Kapfenberg; Eisendeposition

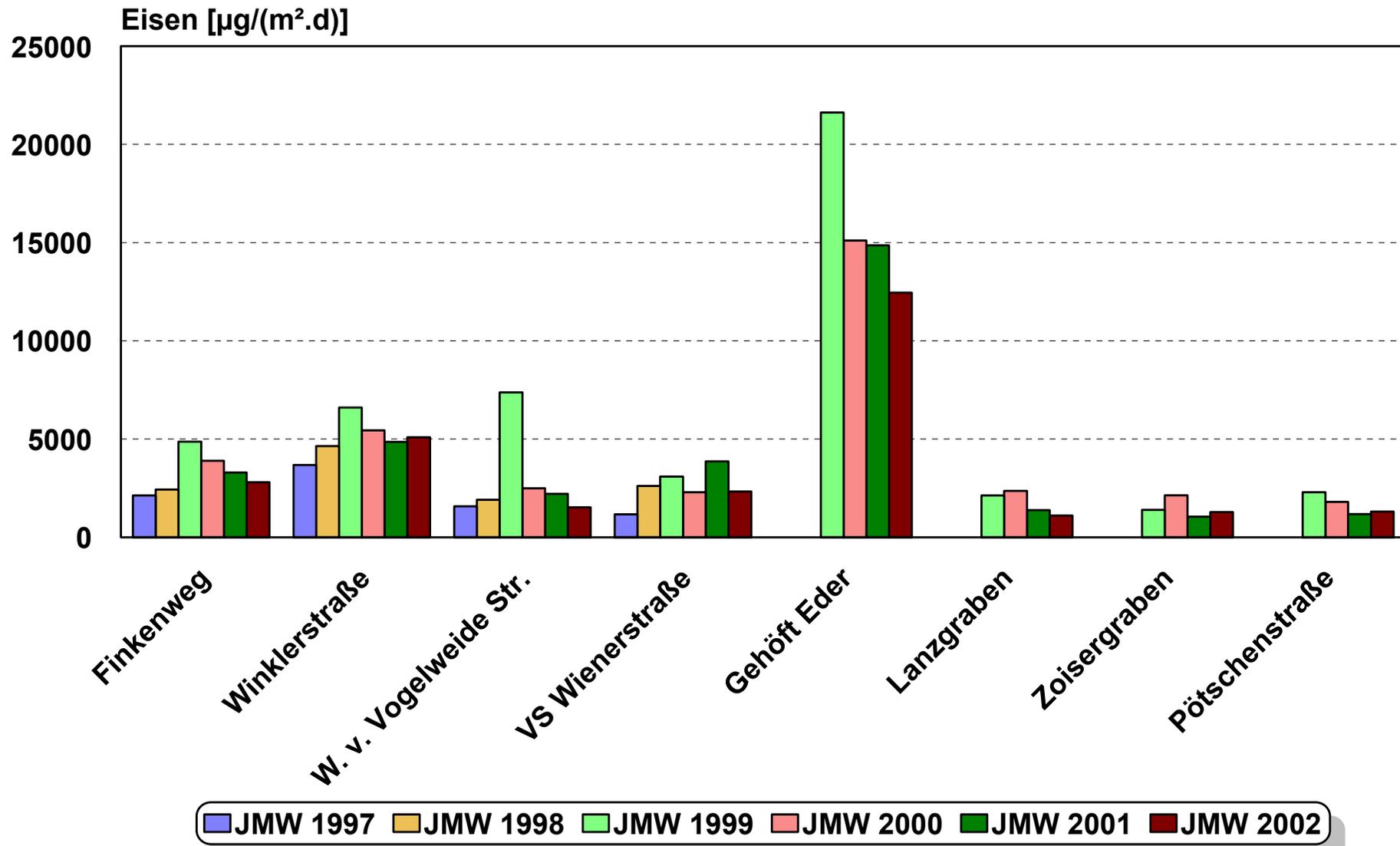


Abbildung 14: Messnetz Kapfenberg; Kupferdeposition

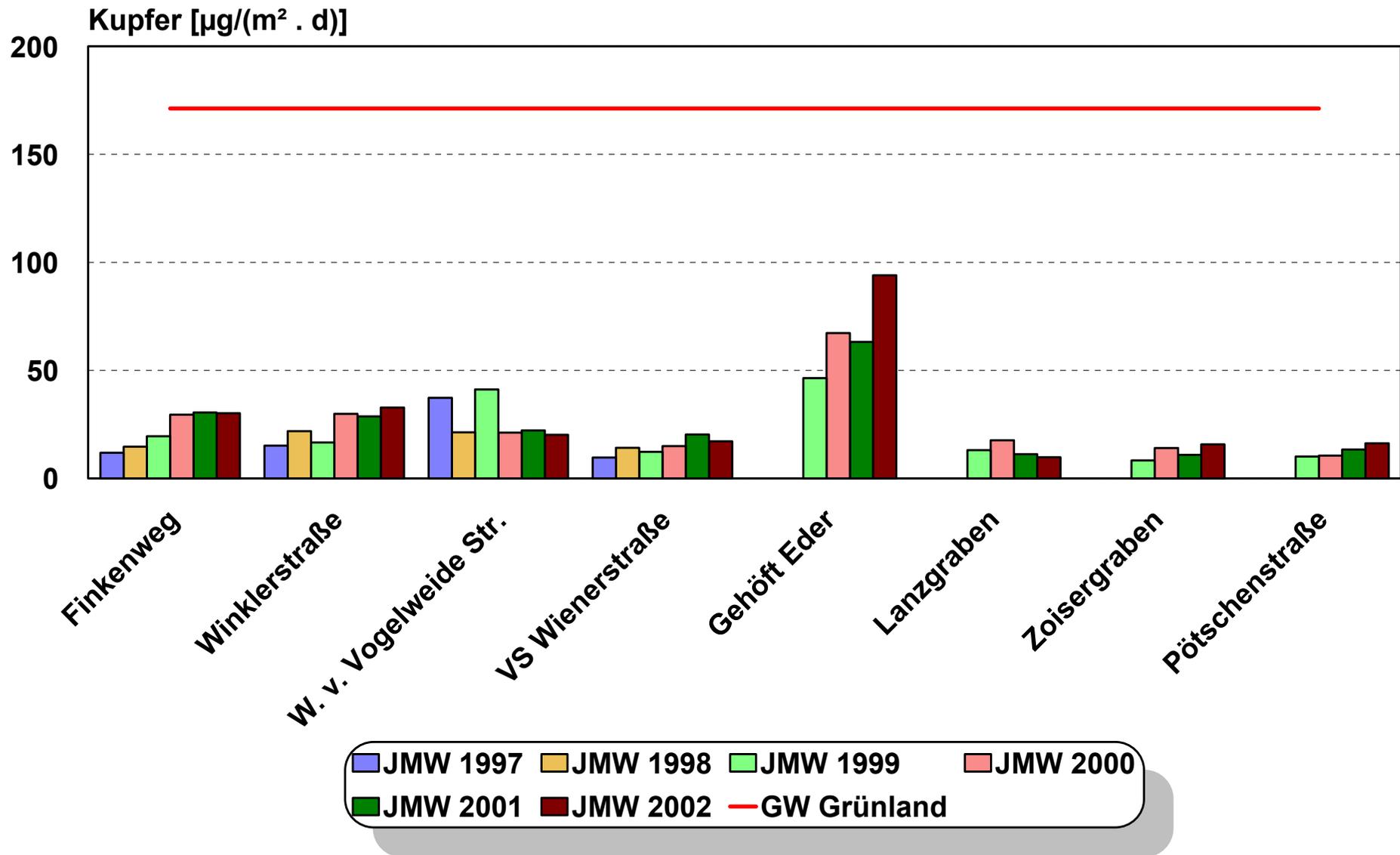


Abbildung 15: Messnetz Kapfenberg; Mangandeposition

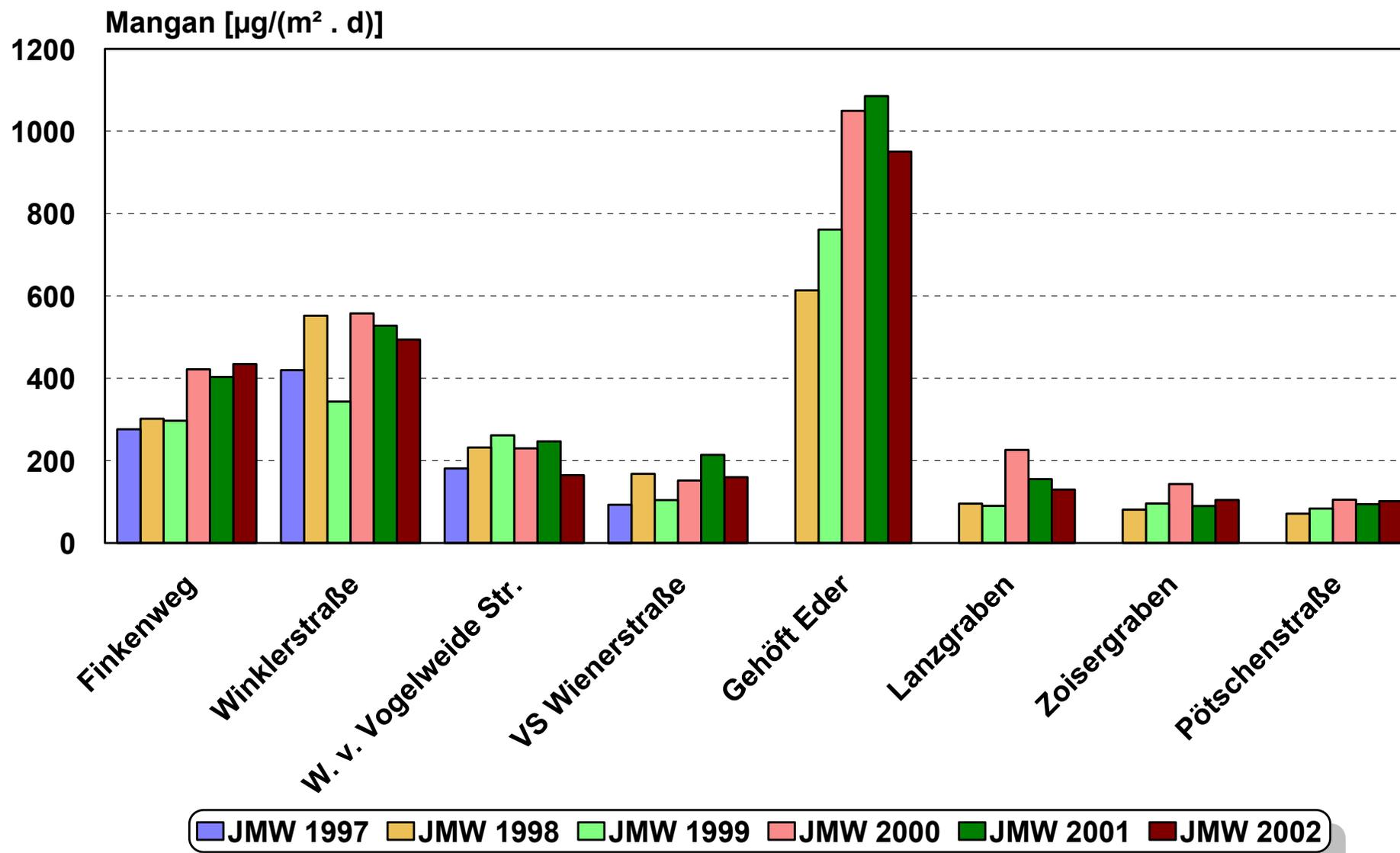


Abbildung 16: Messnetz Kapfenberg; Molybdändeposition

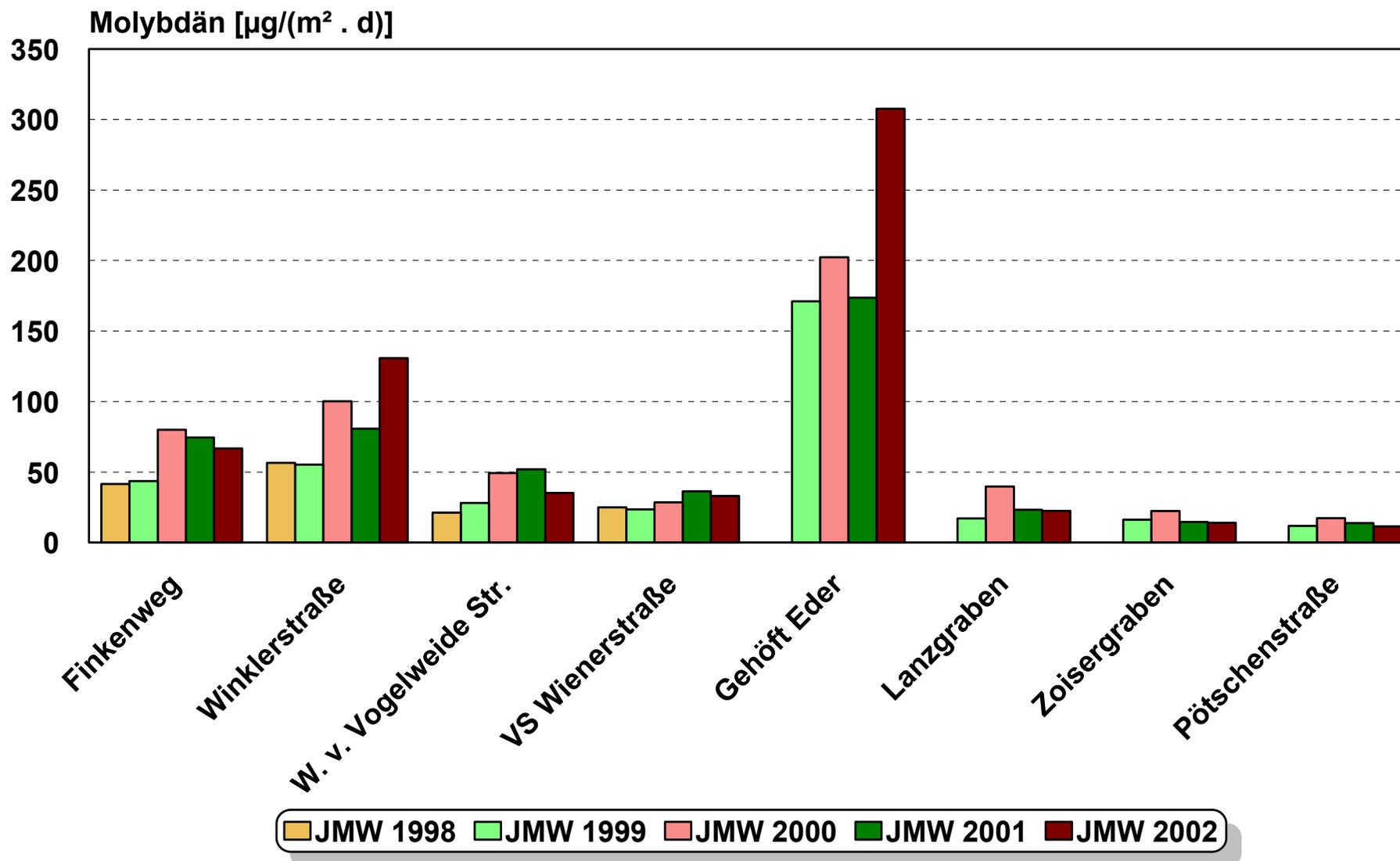


Abbildung 17: Messnetz Kapfenberg; Nickeldeposition

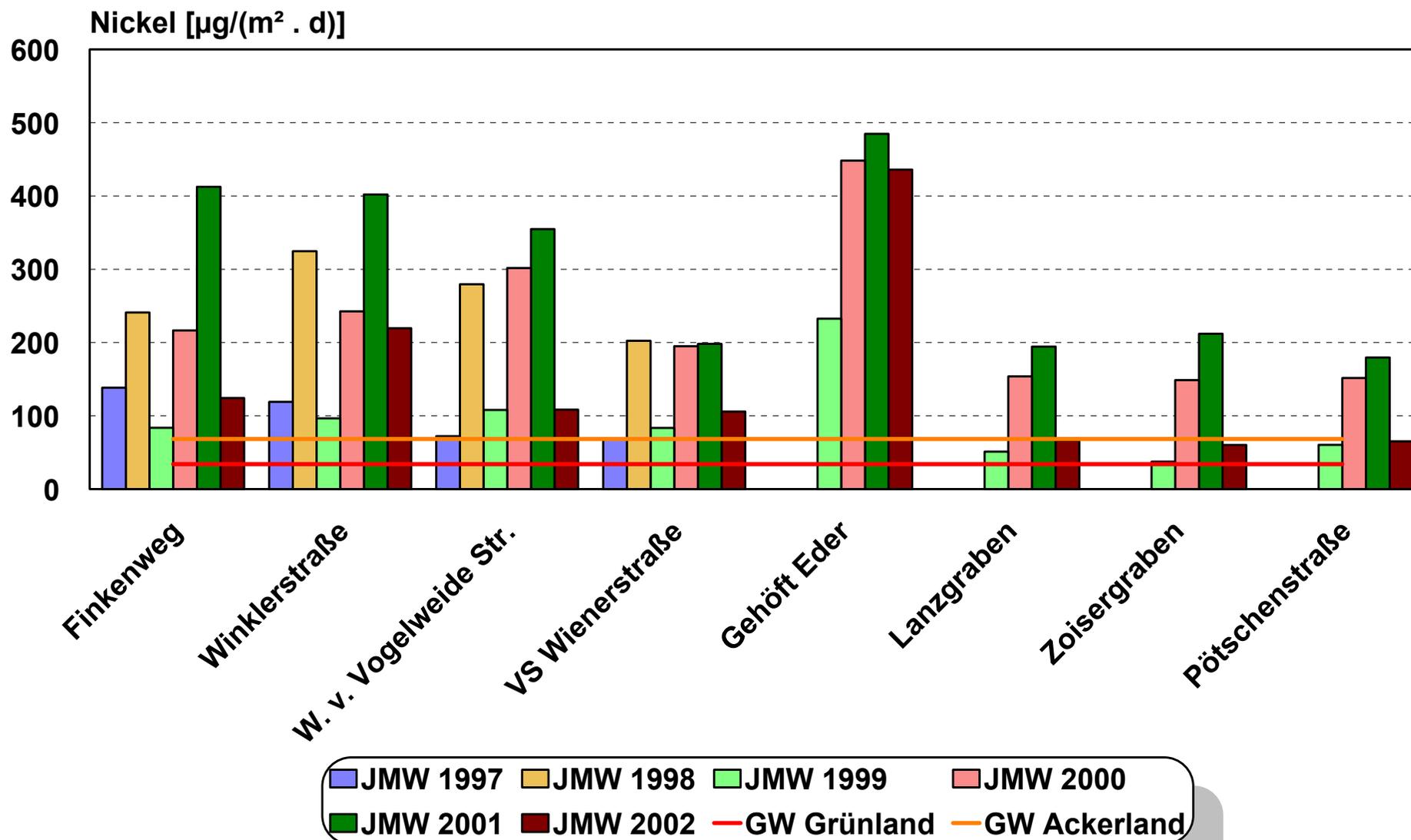


Abbildung 18: Messnetz Kapfenberg; Zinkdeposition

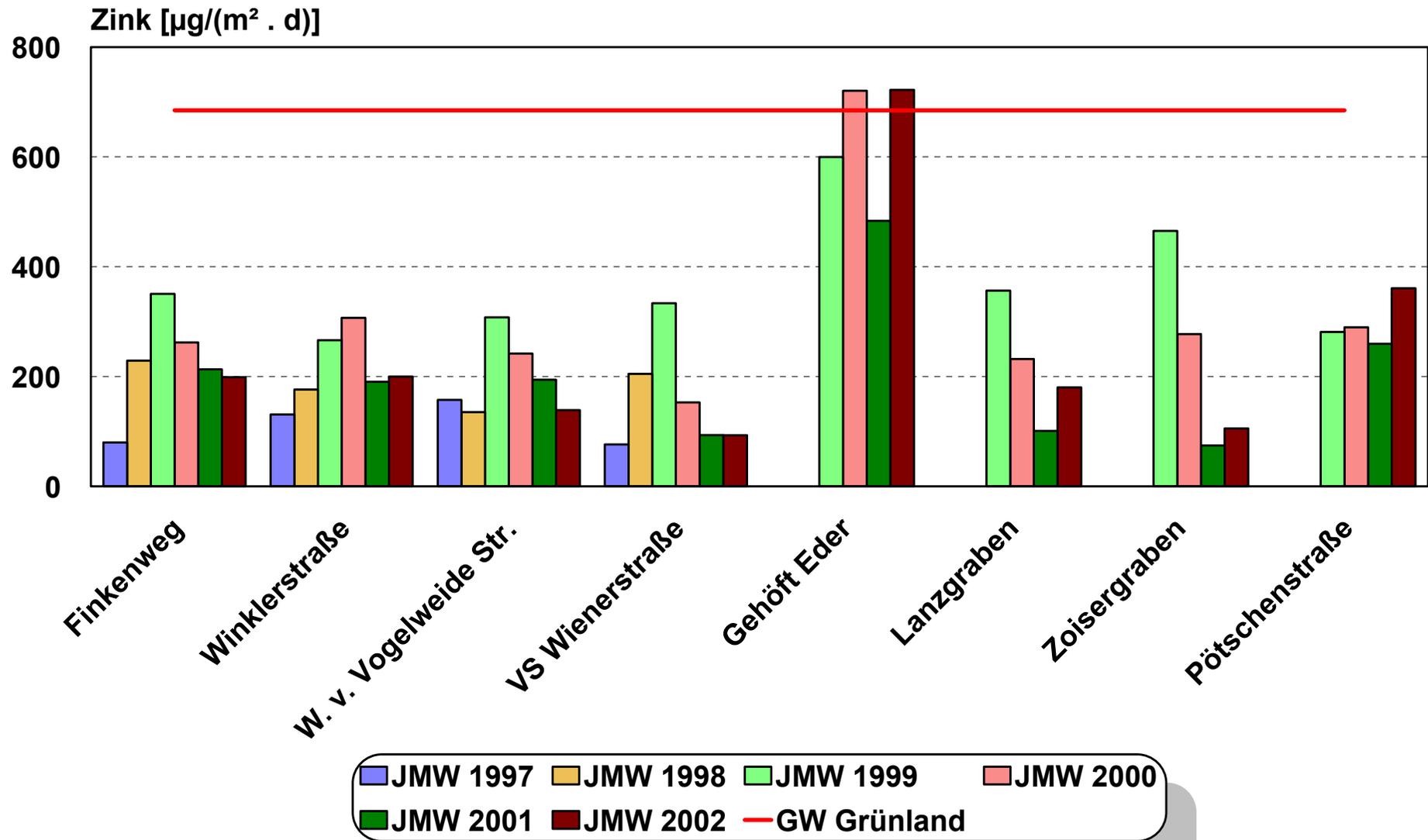
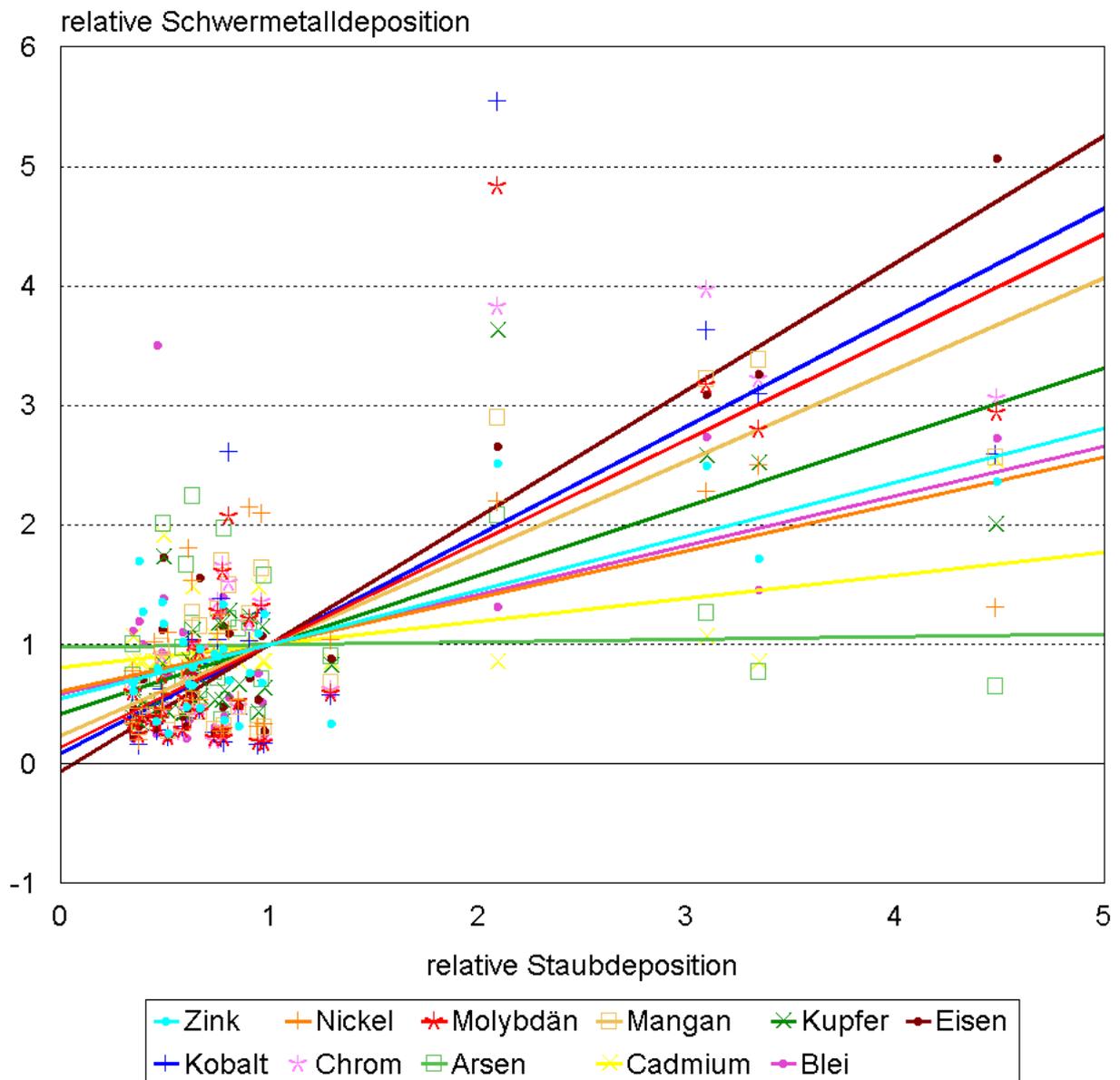


Abbildung 19: Abhängigkeit der Schwermetallbelastung von der Staubdeposition



In Abbildung 19 wird dargestellt, in welchem Ausmaß die Schwermetalldepositionen bei steigender Deposition von Gesamtstaub steigen. Zu diesem Zweck wurde die relative Abweichung vom Mittelwert über die Jahre 1998 bis 2002 für Staub sowie für die analysierten Schwermetalle berechnet und gegenübergestellt. Aus diesen Daten wurde eine Regressionsgerade berechnet.

Mit höheren Staubbiederschlagsmengen steigende Schwermetalldepositionen weisen auf eine bestimmte Quelle hin. Zeigen die Verläufe geringe Abhängigkeiten – dies äußert sich in einer Steigung der Ausgleichsgeraden deutlich unter 1 – können unterschiedliche Quellen angenommen werden.

Für Arsen ergibt sich praktisch keine Abhängigkeit der Belastung von den Staubbmissionen. Weiters ergaben sich für Cadmium, Nickel, Blei und Zink keine ausgeprägten Zusammenhänge mit der deponierten Staubmenge. Andererseits zeigen die

registrierten Mengen an Eisen, Kobalt, Molybdän und Mangan deutliche Gemeinsamkeiten mit der Menge des Staubniederschlages.

7.3 Detailbetrachtungen für das Jahr 2002

7.3.1 Staubdeposition

Tabelle 18: Staubdeposition 2002 [mg/m².d]

| Messpunkt | Jahresmittelwert | Sommermittelwerte | Wintermittelwerte |
|------------------------------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Finkenweg (Ka 1) | 103 | 149 | 75 |
| Winkler Straße (Ka 2) | 126 | 128 | 125 |
| Walther von der Vogelweide-Straße (Ka 3) | 96 | 143 | 48 |
| Volksschule Wienerstraße (Ka 4) | 137 | 195 | 63 |
| Gehöft Eder (Ka 5) | 328 | 316 | 339 |
| Lanzgraben (Ka 6) | 54 | 74 | 30 |
| Zoisergraben (Ka 7) | 124 | 181 | 65 |
| Pötschenstraße (Ka 8) | 156 | 236 | 55 |

Abbildung 20: Messnetz Kapfenberg; Staubdeposition 2002 mit Sommer- und Wintermittelwerten

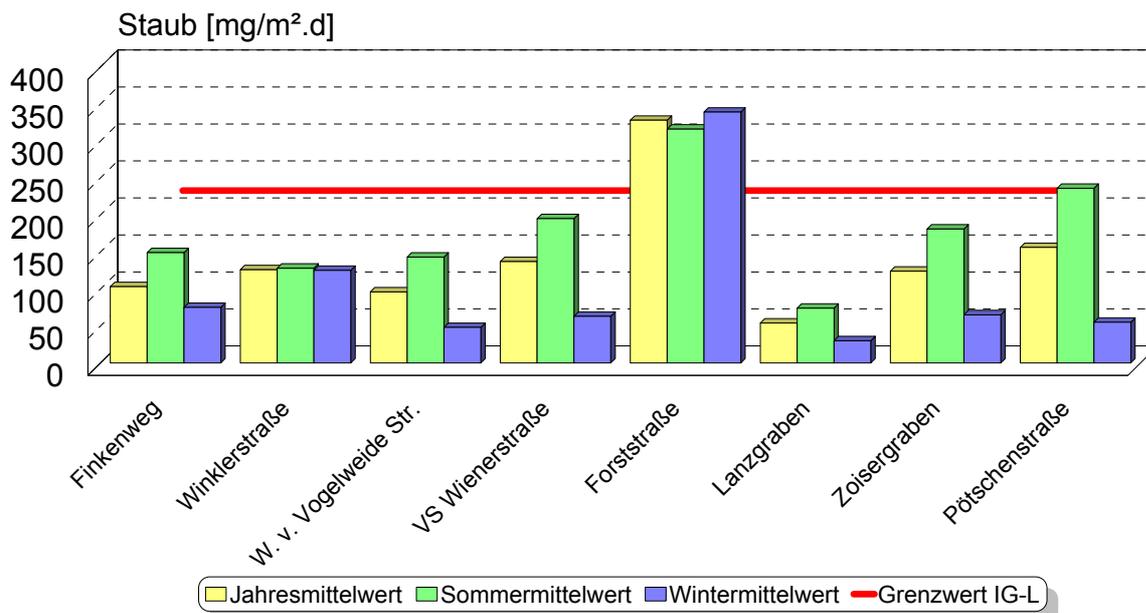


Abbildung 21: Integrales Messnetz Kapfenberg, relative Staubbelastung

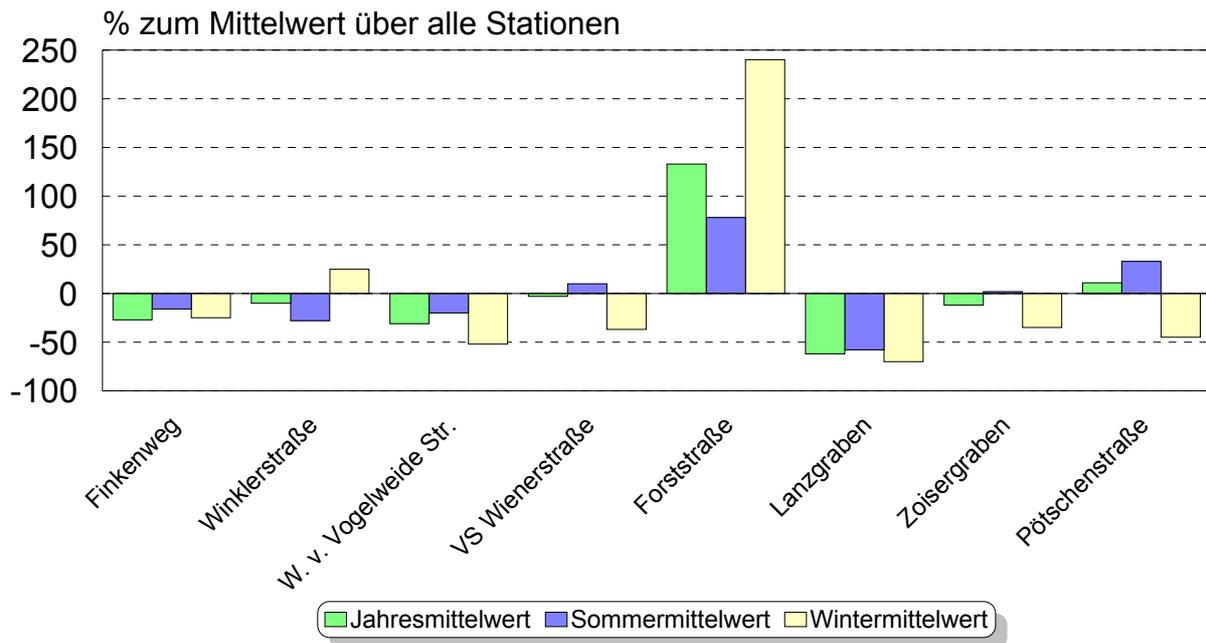
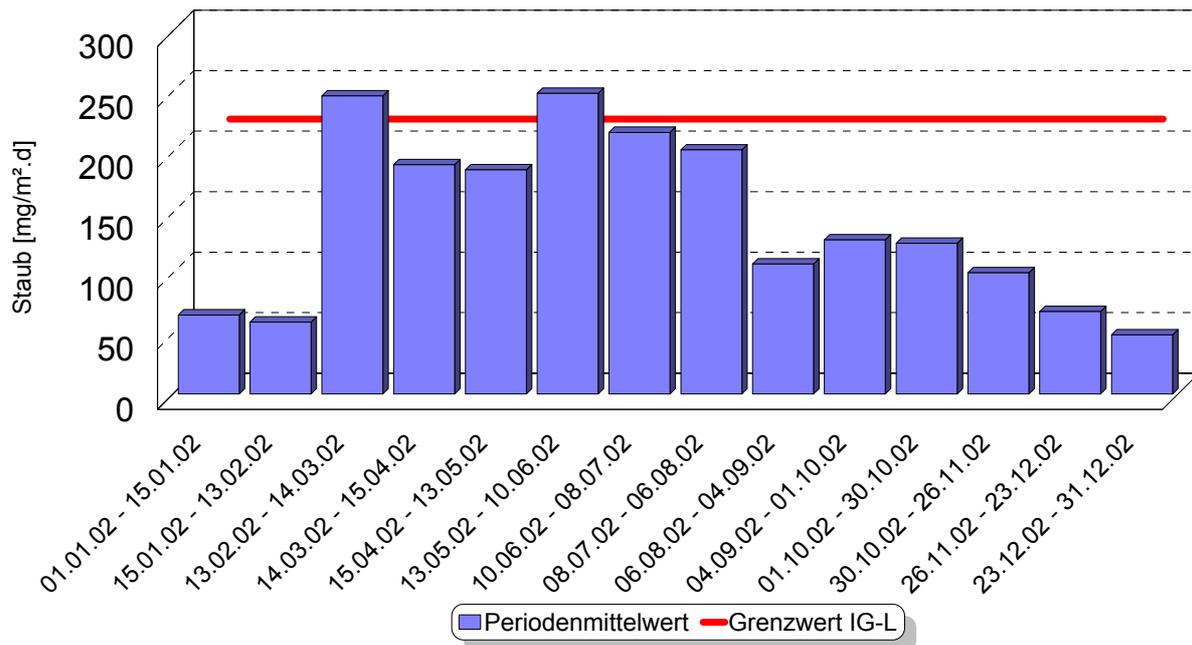


Tabelle 19: Jahrgang der Staubbelastung 2002

| Messperiode | | Periodenmittelwert [mg/m ² .d] |
|-------------|---------------------|----------------------------------------------|
| Nr. | Zeitraum | |
| 68 | 01.01.02 - 15.01.02 | 65,3 |
| 69 | 15.01.02 - 13.02.02 | 59,4 |
| 70 | 13.02.02 - 14.03.02 | 246,3 |
| 71 | 14.03.02 - 15.04.02 | 189,5 |
| 72 | 15.04.02 - 13.05.02 | 185,3 |
| 73 | 13.05.02 - 10.06.02 | 248,5 |
| 74 | 10.06.02 - 08.07.02 | 216,2 |
| 75 | 08.07.02 - 06.08.02 | 201,7 |
| 76 | 06.08.02 - 04.09.02 | 107,5 |
| 77 | 04.09.02 - 01.10.02 | 127,4 |
| 78 | 01.10.02 - 30.10.02 | 124,6 |
| 79 | 30.10.02 - 26.11.02 | 100,2 |
| 80 | 26.11.02 - 23.12.02 | 68,1 |
| 81 | 23.12.02 - 31.12.02 | 48,9 |

Abbildung 22: Messnetz Kapfenberg, Jahrgang der Staubbelastung 2002



7.3.2 Schwermetalldepositionen 2002

Die Grenzwerte nach dem Immissionsschutzgesetz Luft wurden für Blei und Cadmium bei weitem nicht erreicht. Die Richtwerte der Klärschlammverordnung wurden 2002 bei den Elementen Arsen und Nickel an allen Messstationen überschritten. Für Chrom wurden an drei Messstationen und für Kobalt an zwei Messstationen Grenzwertüberschreitungen nach den Richtwerten für die Klärschlammverordnung festgestellt.

Die Probenahmestelle mit der stärksten Belastung war der Messpunkt Ka 5 an der Zufahrt zum Gehöft Eder in ca. 760 m Seehöhe mit freier Anströmung von den Böhlerwerken. An diesem Messpunkt wurde für Zink mit einem Jahresmittelwert von 722,2 $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ der höchste Wert festgestellt.

Tabelle 20: Schwermetalldeposition [$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$], Jahresmittelwerte 2002

| Schwermetalle | Messpunkte: | | | | | | | |
|---------------|---------------------------------------|----------------|-------------------------------------|-----------------------------|-------------|------------|--------------|---------------------|
| | Finkenweg | Winkler Straße | W. v. d. Vo- gelweide- Straße | Volksschule Wienerstraße | Gehöft Eder | Lanzgraben | Zoisergraben | Pötschen- straße |
| Arsen | 15,2 | 8,0 | 11,1 | 7,4 | 13,9 | 4,9 | 12,9 | 10,4 |
| Blei | 5,3 | 6,6 | 2,6 | 3,8 | 15,4 | 2,6 | 4,7 | 2,9 |
| Chrom | 214,1 | 310,0 | 93,9 | 99,5 | 781,9 | 65,0 | 46,8 | 38,6 |
| Eisen | 2802,5 | 5091,1 | 1530,5 | 2329,9 | 12453,8 | 1108,9 | 1283,4 | 1312,0 |
| Cadmium | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Kobalt | 11,8 | 39,8 | 5,8 | 6,4 | 85,1 | 3,9 | 2,7 | 2,5 |
| Kupfer | 30,2 | 32,8 | 20,2 | 17,2 | 94,0 | 9,8 | 15,8 | 16,3 |
| Mangan | 434,6 | 493,9 | 164,8 | 160,2 | 950,4 | 130,0 | 104,8 | 101,5 |
| Molybdän | 66,8 | 130,8 | 35,2 | 33,1 | 307,6 | 22,5 | 14,0 | 11,5 |
| Nickel | 124,4 | 219,6 | 108,4 | 106,0 | 435,9 | 66,5 | 60,2 | 65,2 |
| Zink | 198,7 | 200,0 | 138,9 | 93,2 | 722,2 | 180,3 | 105,4 | 360,8 |
| Legende: | Grenzwertüberschreitung für Grünland | | | | | | | |
| | Grenzwertüberschreitung für Ackerland | | | | | | | |

Abbildung 23: Messnetz Kapfenberg, Arsendeposition Jahrgang 2002

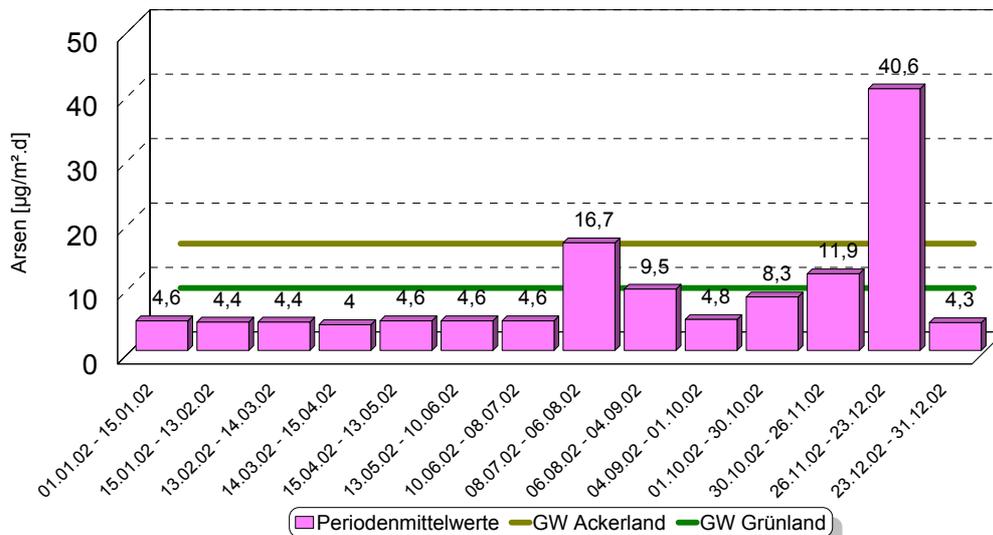


Abbildung 24: Messnetz Kapfenberg, Bleideposition Jahrgang 2002

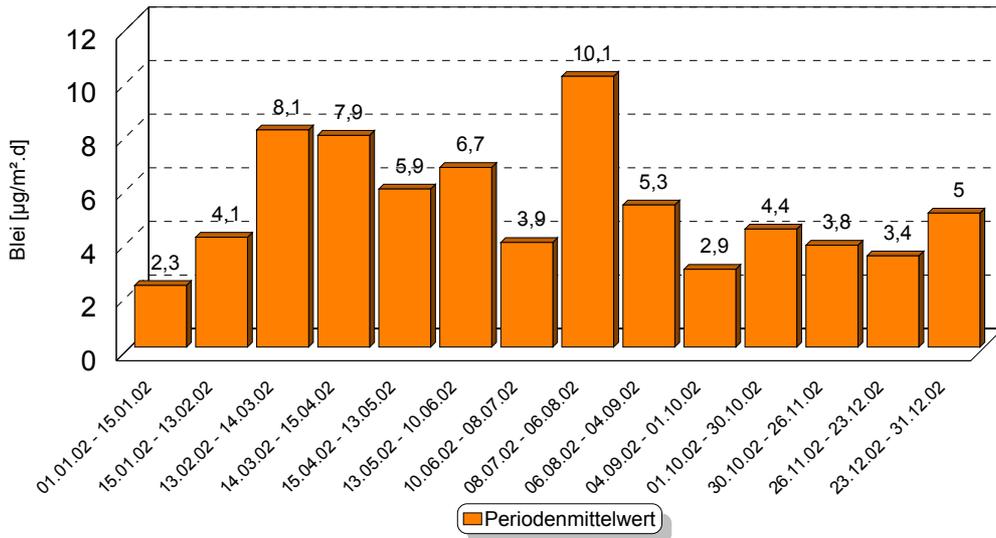


Abbildung 25: Messnetz Kapfenberg, Chromdeposition Jahrgang 2002

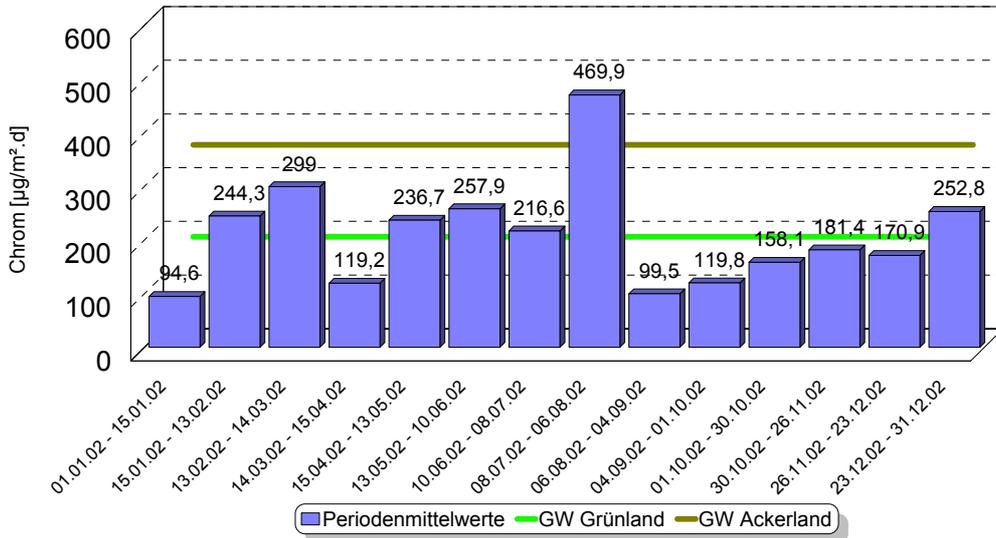


Abbildung 26: Messnetz Kapfenberg, Eisendeposition Jahrgang 2002

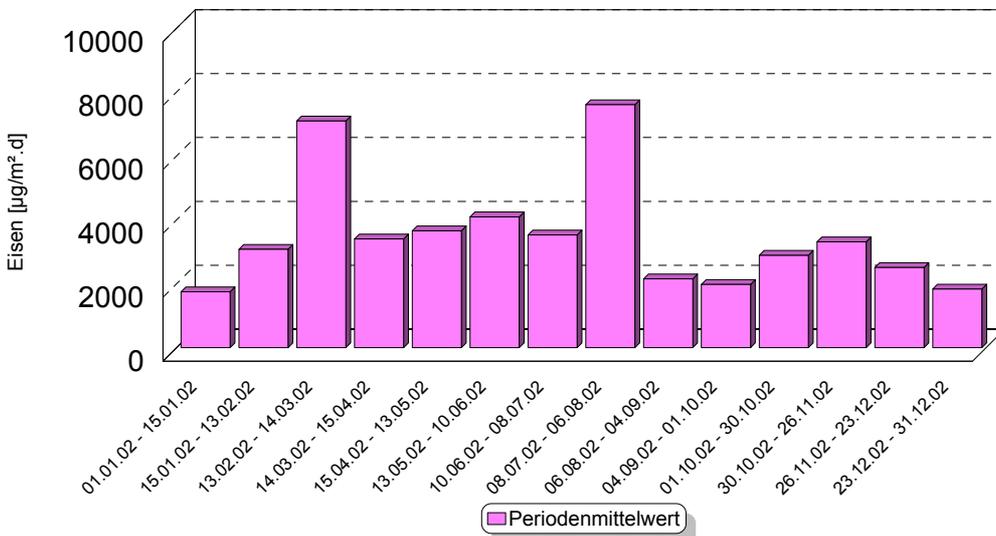


Abbildung 27: Messnetz Kapfenberg, Cadmiumdeposition Jahrgang 2002

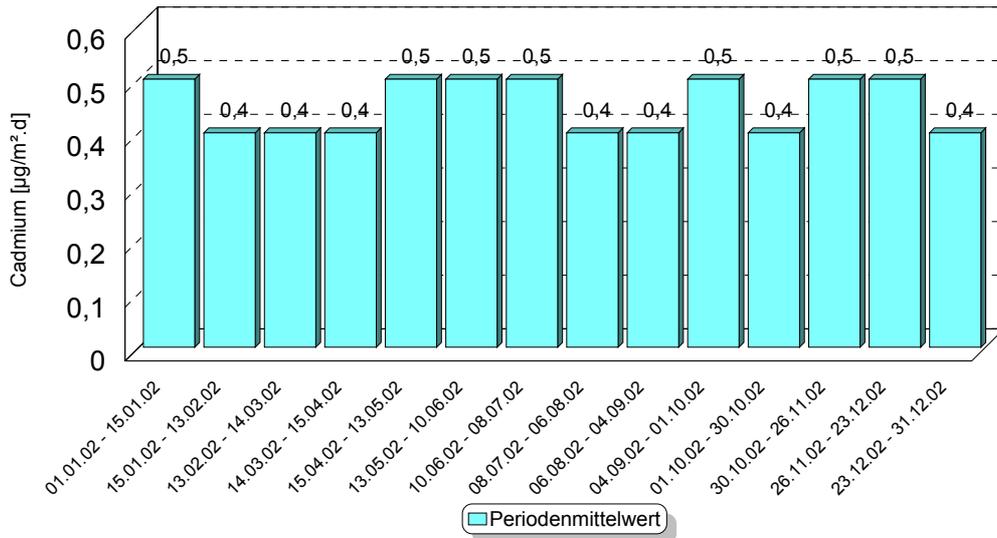


Abbildung 28: Messnetz Kapfenberg, Kobaltdeposition Jahrgang 2002

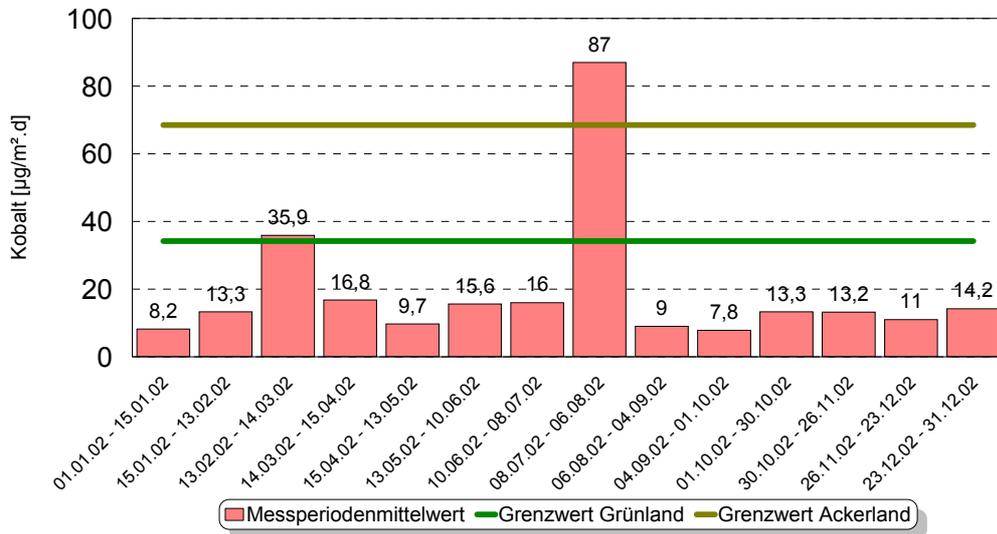


Abbildung 29: Messnetz Kapfenberg, Kupferdeposition Jahrgang 2002

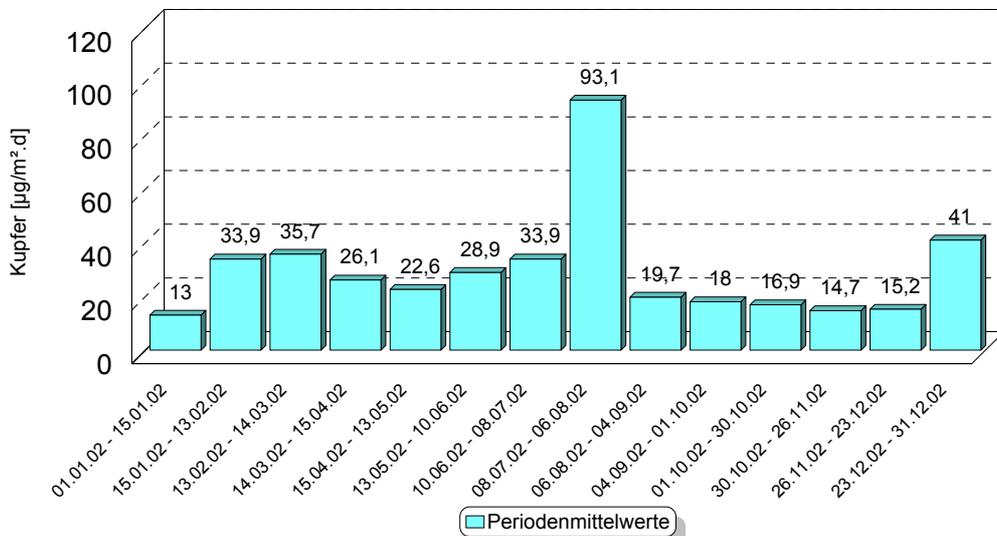


Abbildung 30: Messnetz Kapfenberg, Mangandeposition Jahrgang 2002

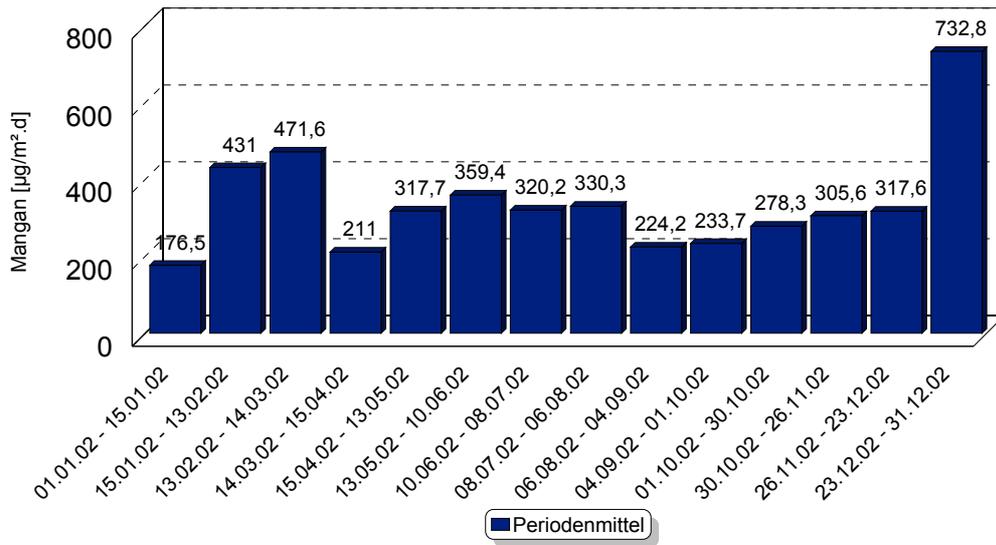


Abbildung 31: Messnetz Kapfenberg, Molybdändeposition Jahrgang 2002

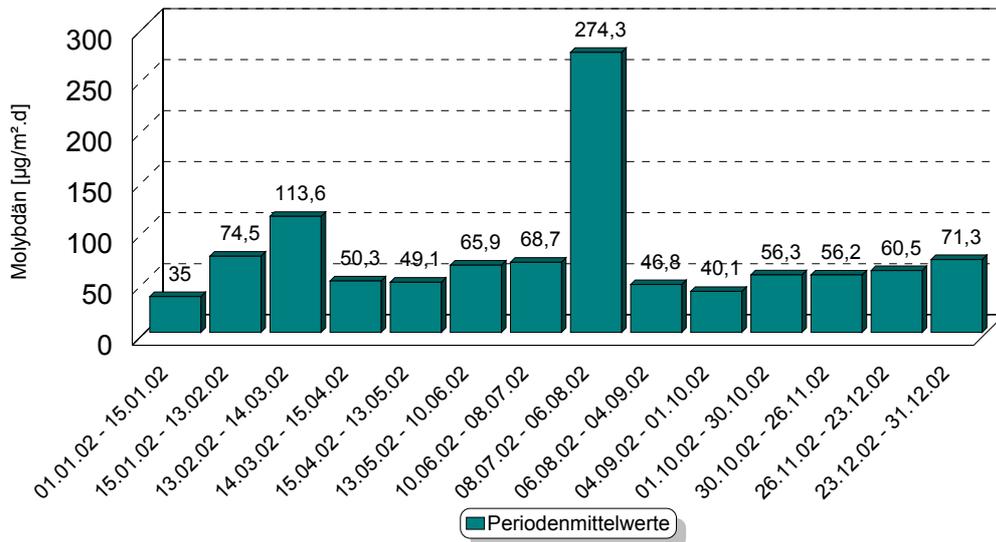


Abbildung 32: Messnetz Kapfenberg, Nickeldepotion Jahrgang 2002

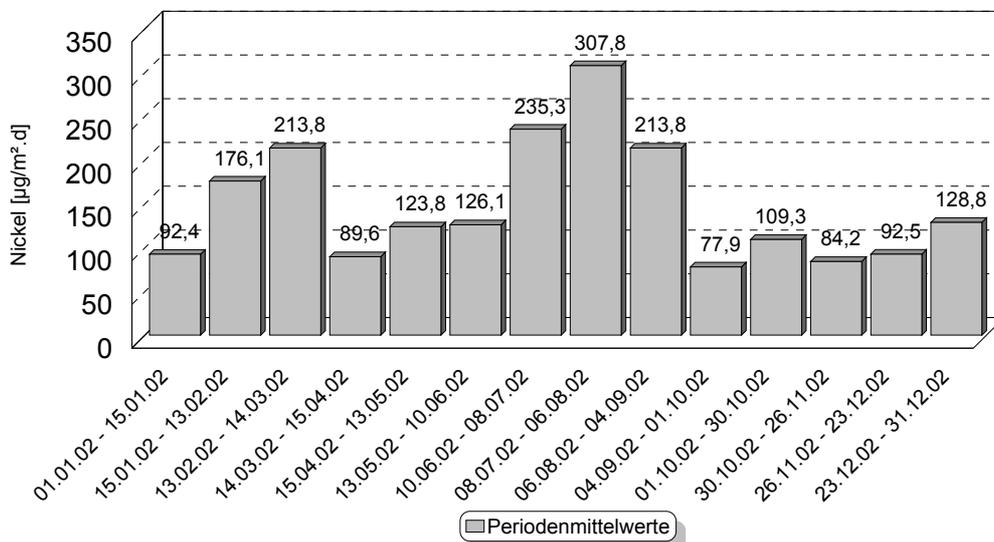
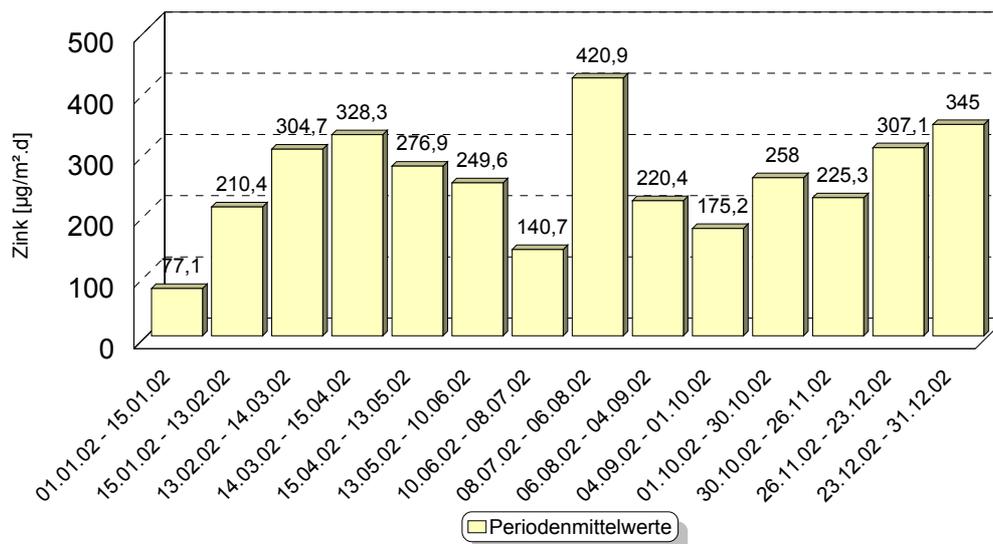


Abbildung 33: Messnetz Kapfenberg, Zinkdeposition Jahrgang 2002



8 Bewertung der Messergebnisse

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse der Untersuchungen aus den Jahren 1997 bis 2002 zusammen, wobei ein besonderes Augenmerk auf den Werten von 2002 liegt, da diese die aktuelle Luftgütesituation zeigen.

Die **Gesamtstaubdeposition** blieb an den beprobten Messpunkten durchwegs unter dem Grenzwert nach dem Immissionsschutzgesetz-Luft. Eine Ausnahme bildete der Messpunkt Ka 5 (Gehöft Eder), an dem während sämtlicher beprobter Zeiträume der Grenzwert deutlich überschritten wurde. Neben lokalen Faktoren (unbefestigte Straße) ist dafür sicher auch die Nähe und freie Anströmbarkeit vom darunterliegenden Stahlwerk verantwortlich, wofür auch die hohen Schwermetalldepositionen an diesen Punkt sprechen. Ein eindeutiger Trend der Staubbelastung der letzten fünf Jahre ist bei jenen Messstellen, an denen der Grenzwert eingehalten werden konnte, nicht zu erkennen. Beim hochbelasteten Messpunkt Ka5 ist jedoch eindeutig ein Rückgang der deponierten Staubmengen zu erkennen.

Der Jahrgang der Staubdepositionen zeigt einen klaren Verlauf mit geringer belastetem Winter- und höher belastetem Sommerhalbjahr, wie er auch schon von anderen Staubdepositionsmessnetzen bekannt ist. Verantwortlich dafür ist vor allem ein erhöhtes Aufkommen von groben Stäuben im Sommerhalbjahr.

Die Verursacher von Staubemissionen zu quantifizieren ist grundsätzlich immer sehr schwierig. Das ist auf die hohe Komplexität der Staubemissionen zurück zu führen, die sich aus bio- und geogenem Hintergrund, direkten Emissionen (Verkehr, Industrie), diffusen Emissionen (Auf- und Abwirbelungen) und sekundär gebildeten Partikeln zusammensetzen.

Auch für den Standort Kapfenberg können daher die Verursacherguppen nicht exakt definiert werden. Erst in Kombination mit den Ergebnissen der Schwermetalldepositionsbestimmungen ergeben sich klare Anhaltspunkte, die auf einen wahrscheinlichen lokalen Einfluss des Stahlwerkes hinweisen.

Zur **Deposition von Schwermetallen** ist festzuhalten, dass derzeit nur für die Elemente Blei und Cadmium Grenzwerte vorliegen, die die Immission über den Luftpfad begrenzen. Für weitere Elemente werden als Richtwerte die Grenzwerte der steirischen Klärschlammverordnung herangezogen. Diese Werte beziehen sich auf den Eintrag von Schwermetallen über aufgebrauchten Klärschlamm in landwirtschaftlich genutzte Böden. Auch bezüglich der Schwermetalldepositionen ist der Probenahmepunkt Ka 5 hier weiter am stärksten belastet. Die ungünstige Lage im direkten Anströmungsbereich bei Talaufwindssituationen macht sich hier durch deutlich erhöhte Immissionen bemerkbar.

Die Deposition von **Blei** liegt an allen Messpunkten deutlich unter den Grenzwerten des Immissionsschutzgesetzes Luft. Der höchste Jahresmittelwert wurde 2000 am Messpunkt Ka 7 registriert.

Die **Cadmiumkonzentrationen** lagen durchwegs unter der Nachweisgrenze des eingesetzten Verfahrens, sodass auch für dieses Element die Einhaltung des Grenzwertes nachgewiesen werden konnte.

Für das Element **Kobalt** werden 2002 Überschreitungen des Richtwertes der Klärschlammverordnung für Grünland am Messpunkt Ka 2 und für Ackerland am Messpunkt Ka 5 gemessen. Die höchsten Belastungen wurden während nahezu der gesamten Messungen am Punkt Ka 5, Gehöft Eder, registriert, an dem auch der Richtwert der Klärschlammverordnung für Grünland des Elementes **Zink** überschritten wurde.

Auch die **Chromdepositionen** waren am Punkt Ka 5 am höchsten. Beim Gehöft Eder ergaben sich Überschreitungen der Richtwerte für Ackerland während des gesamten Beobachtungszeitraumes für 2002. Der Richtwert für Grünland, der mit 50% des Richtwertes für das Ackerland festgelegt ist, wurde 2002 an den werksnahen Messpunkten Ka 1 und Ka 2 überschritten. Weitere Überschreitungen der Richtwerte für Grünland wurden 2002 bei dem Element **Arsen** an 7 der acht Messpunkte gemessen.

Nickel trat im Vergleich zu den Richtwerten mit den höchsten Mengen auf. Überschreitungen der Richtwerte wurden an allen Messpunkten während der Messperioden von 2002 gemessen.

9 Literatur

Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung 1a, 1999:
Messbericht Lu 2-99 Staubdepositionsmessungen Kapfenberg

Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, 1997:
Immissionsschutzgesetz-Luft, IG-L, BGBl. I Nr.115 vom 30.9.1997.

Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, 1992:
210. Bundesgesetz über Maßnahmen zur Abwehr der Ozonbelastung und die Information der Bevölkerung über hohe Ozonbelastungen, mit dem das Smogalarmgesetz, BGBl.Nr.38/1989, geändert wird (Ozongesetz). BGBl.Nr.210 vom 24.4.1992.

Landesgesetzblatt für die Steiermark, 1987 :

Immissionsgrenzwertverordnung der Steiermärkischen Landesregierung

LGBl.Nr.5 vom 21.10.1987.

Heimerl, T. 1997

Geländeklimatologische Untersuchungen im Raum Kapfenberg unter besonderer Berücksichtigung der Lufthygienischen Verhältnisse
Diplomarbeit am Institut für Geographie, Universität Graz.
Graz 198 S.

Römpp Lexikon Umwelt; V 1.0, Thieme Verlag

VDI-Kommission Reinhaltung der Luft (Hrsg.), 1988:

Stadtklima und Luftreinhaltung; Ein wissenschaftliches Handbuch für die Praxis in der Umweltplanung, Berlin

Wakonigg, H., 1978:

Witterung und Klima in der Steiermark.

Arb. Inst. Geogr. Univ. Graz 23: 478S.

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, 2000 und 2001:

Monatsübersicht der Witterung in Österreich,
Oktober, November, Dezember 2000. Wien.

