

**GEOCHEMISCHE UND GEOPHYSIKALISCHE ANOMALIEN IM  
BEREICH DES ARSENKIES- GOLDVORKOMMENS STRASSEGG,  
STEIERMARK  
(Die "Straßegger Anomalie")**

**(92 Seiten, 50 Abbildungen, 26 Tabellen, 2 Beilagen)**

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades

**Dr. rer. nat.**

an der Formal- und Naturwissenschaftlichen Fakultät der  
**Universität Wien**

eingereicht von  
**Mag. Gerald Antes**

Wien, 1998

# INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung .....	1
Abstract .....	2
1 EINLEITUNG .....	3
2 GEOLOGISCHE GRUNDLAGEN .....	4
2.1 Regionalgeologischer Rahmen der Anomalie .....	5
2.2 Geologie, Tektonik und Metamorphose am NE- Rand des Grazer Paläozoikums .....	7
2.3 Das Arsenkies- Goldvorkommen Straßegg .....	9
3 GEOCHEMIE .....	11
3.1 Einführung .....	11
3.2 Geochemische Anomalien und Prospektion .....	11
3.3 Statistische Verfahren .....	14
3.3.1 Verfahren zur Identifikation und Evaluation geochemischer Anomalien .....	14
3.3.2 Korrelationsanalyse .....	17
3.3.3 Simultane R- und Q-mode Hauptkomponentenanalyse .....	18
3.4 Stream Sediment Geochemie .....	19
3.4.1 Elementare statistische Parameter und Normalverteilungsplots .....	21
3.4.2 Elementverteilungs- und Anomaliekarten .....	23
3.4.3 Korrelationsanalyse .....	34
3.4.4 R-Q-mode Hauptkomponentenanalyse .....	35
3.5 Bodengeochemie .....	40
3.5.1 Probenahme, Probenvorbereitung .....	40
3.5.2 Analysenmethoden .....	40
3.5.2.1 Leaching und DCP-AES .....	40
3.5.2.2 Neutronenaktivierungsanalyse (INAA) .....	41
3.5.3 Analysenergebnisse Bodengeochemie .....	43
3.5.4 Analysenergebnisse Bodengeochemie - grafische Darstellung .....	44
3.5.5 Statistische Auswertung .....	49
3.5.5.1 Deskriptive Statistik und Normalverteilungsdiagramme .....	49
3.5.5.2 Korrelationsanalyse .....	52
3.6 Gesteins- und Erzanalytik - Bewertung der MINEREX Daten .....	53
3.7 Hydrogeochemie [F. KARG, 1988] .....	57
3.8 Zusammenfassung, Methodenvergleich und Diskussion .....	59

<b>4 AEROGEOPHYSIKALISCHE UNTERSUCHUNGEN</b> .....	<b>61</b>
4.1 Einleitung.....	61
4.2 Instrumentation-Methodik.....	62
4.3 Meßgebiet.....	63
4.4 Meßergebnisse .....	64
4.4.1 Isanomalien der magnetischen Totalintensität.....	64
4.4.2 Modellierung des magnetischen Störkörpers.....	67
4.4.3 Elektromagnetische Widerstandskartierung (AEM).....	73
4.4.4 Gammastrahlenspektrometrie.....	76
4.4.5 Zusammenfassung - Aerogeophysik .....	81
<b>5 SYNOPSIS</b> .....	<b>82</b>
<b>6 KONZEPTION WEITERFÜHRENDER EXPLORATIONSMASSNAHMEN</b> .....	<b>83</b>
<b>7 LITERATUR</b> .....	<b>84</b>
<b>8 ANHANG</b> .....	<b>87</b>
8.1. Abkürzungs- und Symbolverzeichnis.....	87
8.2. Abbildungsverzeichnis.....	88
8.3. Tabellenverzeichnis .....	90
<b>Dank</b> .....	<b>91</b>
<b>Lebenslauf</b> .....	<b>92</b>

#### BEILAGEN:

- Geologische Karte Straßegg, Maßstab 1:10.000
- Synoptische Darstellung der geochemischen und geophysikalischen Anomalien im Bereich Straßegg, Maßstab 1:25.000

## Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit erfolgt die detaillierte Darstellung und Bewertung der komplexen geochemischen und geophysikalischen Anomalie ("Straßegger Anomalie") im Bereich des Arsenkies-Goldvorkommens Straßegg am Nordostrand des Grazer Paläozoikums.

Die Arsenkies- Goldvererzung ist an das Auftreten von Metavulkaniten (Grünschiefer) in der basalen Pramerkogelserie gebunden, wurde bis zum Ende des 18. Jahrhunderts abgebaut und stellt nach derzeitigem Kenntnisstand eine Sonderform der für das Grazer Paläozoikum typischen, synsedimentären, sulfidischen Vererzungen dar.

Durch die statistische Auswertung (robuste Hauptkomponentenanalyse, Korrelationsanalyse) und die vergleichende Darstellung geochemischer Daten (Stream Sediment-, Boden-, Hydro- und Gesteins-geochemie) konnte eine deutliche **exogene Indikation der As/Au- Mineralisation durch die Elemente Arsen, Blei, Antimon und Silber** und ein kausaler Zusammenhang der Vererzung Straßegg mit der aus dem "Geochemischen Atlas" bekannten Stream Sediment- Arsenanomalie nachgewiesen werden.

Hochauflösende aerogeophysikalische Messungen ergaben 1 km W' vom Straßegg eine deutliche, **positive Anomalie der magnetischen Totalintensität  $\Delta T$** . Nach einer von R. ARNDT (1996) durchgeführten Modellrechnung indiziert diese einen **magnetischen Störkörper ab ca. 500 m Tiefe**. Eine geologisch plausible Interpretation führt den magnetischen Störkörper auf das Auftreten von magnetit-magnetkiesreichen Metavulkaniten innerhalb der potentiell vererzten Grünschieferzone zurück, die einen tieferliegenden Magmenherd indizieren, der bei der Genese der As/Au Mineralisation als "*heat-source*" fungiert hat. Weiterführende Interpretationen sind anhand der vorliegenden Daten nicht möglich, eine Bewertung des potentiellen Wertstoffinhaltes der Metavulkanite erfordert eine Erkundung des Störkörpers durch Kernbohrungen.

## **Abstract**

The complex geochemical and geophysical anomaly in the area of Straßegg in the NE part of the "Grazer Paläozoikum" (Straßegger Anomalie) and its relation to the arsenopyrite-gold deposit Straßegg will be discussed and evaluated in detail.

The arsenopyrite-gold deposit is hosted in metavolcanic rocks (greenstones) which comprise the basal Pramerkogel unit. The arsenopyrite-gold mineralization makes Straßegg a special type of a syn-sedimentary-sulphidic ore deposit in the "Grazer Paläozoikum", where lead- zinc ores (massive sulfide type) are common. Mining at Straßegg was abandoned at the end of the eighteenth century.

Statistical Evaluation (principal component analysis using robustified data, correlation analysis) and the comparison of geochemical data (stream sediment-, soil-, hydro-, and rock geochemistry) show that the elements arsenic, antimony, lead and silver distinctly indicate the As/Au mineralization and prove the coherence between the mineralization and the arsenic-stream sediment anomaly known from the "Geochemical Atlas".

High resolution aerogeophysical measurements indicate a distinct magnetic anomaly (total intensity) 1 km W' Straßegg. Computer modelling carried out by R. ARNDT (1996) attribute the anomaly to a magnetic body with an upper surface at approx. 500 m depth. Plausible geological interpretation trace the magnetic body back to magnetite-pyrrhotite rich metavolcanites within the potentially ore-bearing greenstone unit. This metavolcanites prove the presence of a deeper magma chamber (heat source) providing a high geothermic gradient necessary for the genesis of the As-Au mineralization. Further interpretation and the evaluation of possible assets in the greenstones require a detailed exploration by core drilling.

## 1 EINLEITUNG

**Stream Sediment Analysen** (F. THALMANN, O. SCHERMANN, E. SCHROLL & G. HAUSBERGER (1989) und L. WEBER (1990): S. 86 ff.) und **aerogeophysikalische Messungen** (R. GUTDEUTSCH & W. SEIBERL, 1987 und W. SEIBERL, 1993) indizieren am Nordostrand des Grazer Paläozoikums eine komplexe Anomalie ("Straßegger Anomalie"), deren Zusammenhang mit dem **Arsenkies- Goldvorkommen Straßegg** (Zuckenhutgraben) im Rahmen dieser Arbeit untersucht werden soll.

Basierend auf der Kompilation und statistischen Auswertung der vorhandenen Unterlagen, der vorliegenden Daten des "Geochemischen Atlas der Republik Österreich", der Gesteins-, Erz- und Wasseranalysen, der aerogeophysikalischen Messungen und den vom Verfasser durchgeführten geologischen, geochemischen und geophysikalischen Feld- und Laboruntersuchungen, werden kategorisiert nach den methodischen Ansätzen folgende Aspekte behandelt:

- Geologische Rahmenbedingungen der Anomalie
- Geochemische Anomalien und Prospektion - theoretische Grundlagen
- Verfahren zur Definition und Darstellung geochemischer Anomalien
- Darstellung der Stream Sedimentanomalien
- Durchführung und Bewertung von geochemischen Bodenuntersuchungen im Ausblüßbereich der erzführenden Schichtfolge
- Bewertung der Gesteins- und Erzanalysen
- Bewertung der Wasseranalysen
- Darstellung der aerogeophysikalischen Untersuchungsergebnisse:
  - Magnetik
  - Aeroelektromagnetik
  - $\gamma$ -Spektrometrie
- Modellierung des magnetischen Störkörpers (in Zusammenarbeit mit dem Institut für Geophysik, Universität Wien)
- Geologische Interpretation und Bewertung der geochemischen und geophysikalischen Anomalien, Ergebnis- und Methodenvergleich
- Konzeption weiterführender Explorationsmaßnahmen

## 2 GEOLOGISCHE GRUNDLAGEN

Die Darstellung der regionalen und lokalen geologischen Verhältnisse basiert auf der Kompilation der Arbeiten von:

- L. WEBER, 1990: Die Blei-Zinkerzlagerstätten des Grazer Paläozoikums und ihr geologischer Rahmen.
- F. KARG, 1988: Geologische Kartierung im Gebiet um das Straßegg und lagerstättenkundlich-geochemische Untersuchung der Gold-Arsenikieslagerstätte.
- H. GSELLMANN, 1987: Zur Geologie am NE-Rand des Grazer Paläozoikums.
- MINEREX, 1987: Explorationsbericht, geochemische Untersuchungen.

An verwendetem Kartenmaterial sind die Geologische Karte der Steiermark 1: 200.000 (H.W. FLÜGEL und F. NEUBAUER, 1984), die Geologische Karte der Republik Österreich 1: 50.000, Blatt 134 Passail (H. W. FLÜGEL, H. HÖTZL und F. NEUBAUER, 1990), sowie die ÖK 50 Kartenblätter 134 Passail und 135 Birkfeld des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen anzuführen.

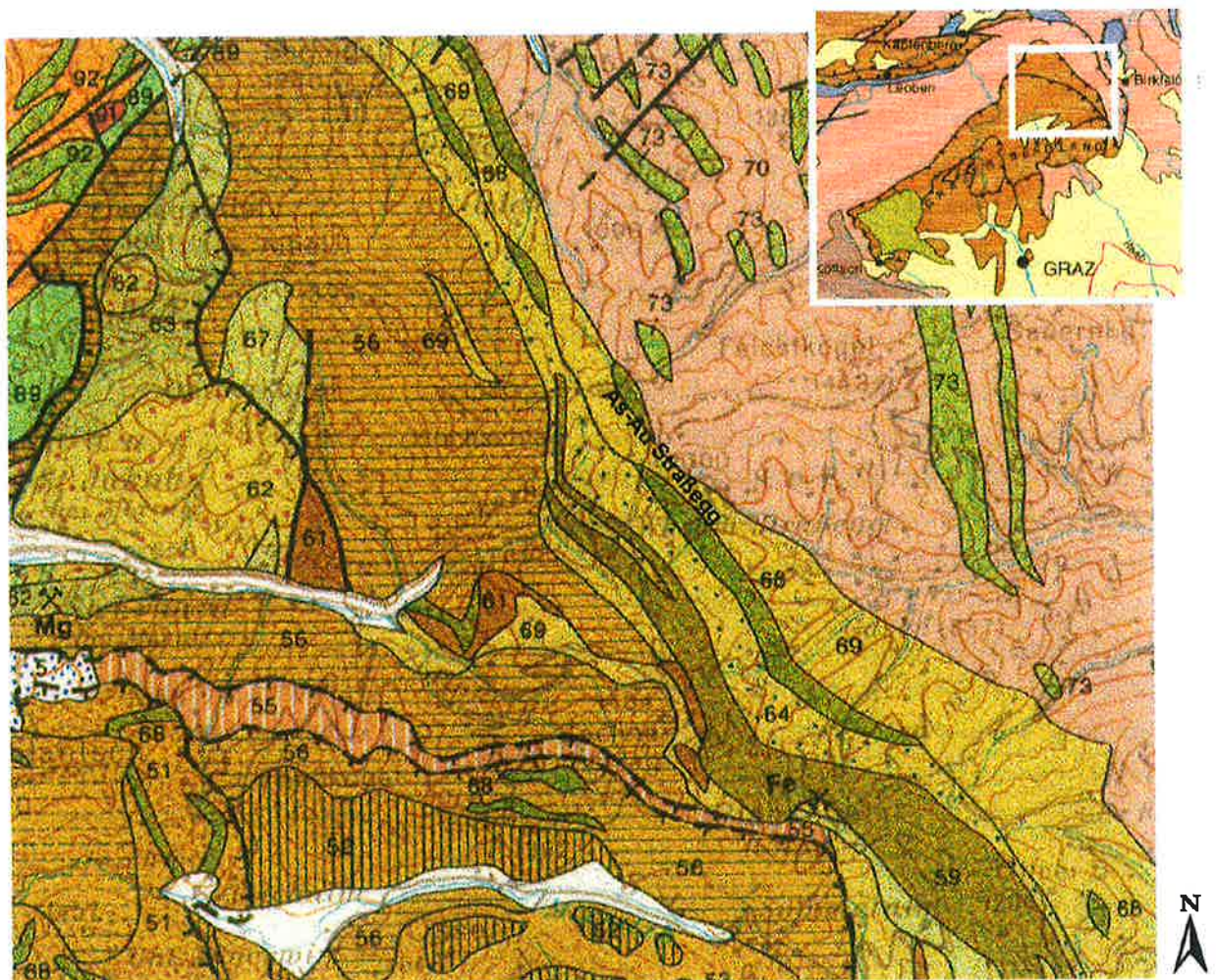


Abbildung 2-1: Geologische Übersichtskarte, Ausschnitt aus H. W. FLÜGEL & F. NEUBAUER (1984), Maßstab ca. 1:100.000

## 2.1 Regionalgeologischer Rahmen der Anomalie

Das Grazer Paläozoikum ist ein diskordant auf der kristallinen Basis auflagernder, fernüberschobener oberostalpiner Deckenkomplex, der aus mehreren überfalteten Fazies- und Mehrfaziesdecken besteht. Die Begrenzung des Grazer Paläozoikums wird im W, N und E von den unterlagernden Kristallinkomplexen gebildet, im S taucht das Grazer Paläozoikum unter die tertiären Abfolgen des Steirischen Beckens ab.

Im Grazer Paläozoikum werden die drei faziellen Hauptentwicklungen der Rannach-, der Hochlantsch- und der Tonschieferfazies unterschieden, und im folgenden kurz charakterisiert:

Die **Rannachfazies**, der ursprünglich südlichste Ablagerungsraum repräsentiert eine küstennahe Seichtwasserentwicklung (Schichten von Kher) mit von basischem Vulkanismus beeinflussten, phyllitischen Metasedimenten an der Wende Silur/Devon, sowie der darüber folgenden sandig karbonatischen Entwicklung der Dolomit-Sandsteinfolge, den seichtmarinen Barrandei- und Kanzelkalken und dem pelagischen Steinbergkalk im Devon, und den Sanzenkogel- und Dultschichten im Karbon. Aufgrund der fehlenden morphologischen Gliederung des Sedimentationsraumes und des daraus resultierenden reichlichen Sauerstoffangebotes kam es in dieser Fazies zu keiner Anreicherung von *"massive sulphides"*.

Die **Hochlantschfazies** entspricht einer ursprünglich nördlich gelegenen karbonatischen Schelfentwicklung und wird im wesentlichen von karbonatischen Sedimenten wie Kalkschiefern, Hochlantsch- und Osserkalk und teilweise, in sauerstoffarmen Bereichen, von Schwarzschiefern aufgebaut. Geringmächtige Einschaltungen von Tufflagen dokumentieren das Auftreten von submarinem basischem Vulkanismus. Aufgrund des kaum gegliederten submarinen Reliefs war auch dieser Faziesbereich nicht für die Bildung von *"massive sulphide type"* - Vererzungen geeignet.

Ab dem Obersilur wurde durch Rifting die Beckenentwicklung der **Tonschieferfazies** eingeleitet, die von einem starken basischen, submarinen Vulkanismus begleitet war. Durch das Eintiefen des Beckens entstand ein gut gegliedertes, submarines Relief mit zahlreichen kleineren, von Schwellenzonen begrenzten, euxinischen Becken (**3<sup>rd</sup> order basins**), mit deren Entstehung neben dem **submarinen Vulkanismus** und der **syndimentären Bruchtektonik** die dritte Prämisse für die Genese der bekannten, *"massive sulphide type"* - **Blei-Zinkvererzungen** gegeben war. Die Vererzungen sind ausschließlich an die Arzbergschichten (im Sinne von F. EBNER & L. WEBER, 1978) gebunden, eine Abfolge aus Grünschiefern (für die zum überwiegenden Teil Pyroklastika wie Tuffe und Tuffite als Edukte angenommen werden) sowie aus tonig- karbonatischen Metasedimenten wie Schwarzschiefern, Karbonat- und Serizitschiefern. Die vermehrte Einschaltung der Schwarzschiefer gegen das Hangende dokumentiert den Wechsel zum euxinischen Milieu.

Bei den Vererzungen der Tonschieferfazies des Grazer Paläozoikum unterscheidet L. WEBER (1990) folgende unterschiedliche Vererzungstypen:

- Blei-Zink-Schwerspat Vererzungen
- Bleiglanz-Zinkblende führende Arsenkies-Gold Vererzungen: **Straßegg**
- Magnetitvererzungen
- Pyritvererzungen

Die Spurenelementgehalte (Ti, Y, Zr) der Grüngesteine des Grazer Paläozoikum deuten auf eine alkalibasaltische Zusammensetzung hin, geotektonisch sind sie als Within Plate Basalte eines kontinentalen Rifts zu klassifizieren (J. LOESCHKE, 1988, H. KOLMER, 1978). Blei-Isotopenuntersuchungen von Bleiglanzproben mehrerer Lokalitäten des Grazer Paläozoikum (M. NIGGLI, 1987) ergaben  $^{208/204}\text{Pb}$ - Modellalter von 450- 470 Mio. a und  $^{207/206}\text{Pb}$ -Modellalter von 545-600 Mio. a, allerdings ein weitaus jüngeres  $^{207/206}\text{Pb}$ -Modellalter (145 Mio. a) für eine Haldenprobe vom Straßegg: Im Bereich Straßegg treten neben der stratiformen Vererzung (der für das Grazer Paläozoikum typischen, synsedimentären Vererzungsform) auch diskordante vererzte (*epigenetische?*) Quarzgänge auf (siehe hierzu auch Kapitel 2.2 und 2.3). Da die Pb-Altersbestimmung nur an einer Haldenprobe unbekannter genetischer Herkunft (*stratiform oder diskordant ?*) durchgeführt wurde, soll sie in lagerstättengenetischer Sicht nicht überinterpretiert werden (Unter der Voraussetzung der Richtigkeit der Altersbestimmung von 145 Mio. Jahren müßte eine weitere Metallzufuhr im Zusammenhang mit der alpidischen Metamorphose angenommen werden).

## 2.2 Geologie, Tektonik und Metamorphose am NE- Rand des Grazer Paläozoikums

**Petrologisch - geologische Beschreibung.** H. GSELLMANN (1987) unterscheidet in den basalen Serien des Grazer Paläozoikums im Bereich des Straßeggs innerhalb der bunten polymetamorphen Heilbrunner Gruppe zwei geologisch unterschiedlich ausgebildete Komplexe:

- den basalen **Heilbrunner Phyllitkomplex**, der sich aus einer Abfolge von silbergrauen Quarzphylliten, Granat-Biotit- Phylliten, Epidot- Chlorit- Schieferen, Quarziten (z.T. pigmentierte Glimmerquarzite) und Serizitschiefern zusammensetzt, und bei dem in tektonisch geschonten Bereichen in quarz-feldspatreichen Gesteinen Arkosen, Grauwacken und Quarzwacken als Edukte ermittelt werden können. Seltene vulkanogene Einschaltungen von amphibolitischen Grüngesteinen werden aufgrund des Gefüges und des Mineralbestandes auf Laven, Lagergänge und Tuffe zurückgeführt, der Heilbrunner Phyllitkomplex erreicht im Profil Gasen- Straßegg eine maximale Mächtigkeit von 800 m.
- Geringmächtige Karbonat- Chloritschiefer und karbonatische Glimmerschiefer bilden die Grenze zum hangenden **Pramerkogelkomplex**, der aus Metavulkaniten besteht, die eine maximale Mächtigkeit von 200 m (Profil Oberer Bergbauer- Zuckenhutgraben) erreichen und gegen SE im Gebiet Streber auskeilen. An Gesteinen treten Albit- Biotit- Chlorit- Phyllite (-Schiefer), Granat-Biotit- Chlorit- Phyllite (-Schiefer), untergeordnet Hornblendeschiefer (tw. grobkörnige Amphibolite) und selten Biotitquarzite auf (diese Gesteine werden hier als **Grünschiefer** zusammengefaßt). Genetisch handelt es sich bei den vulkanogen dominierten Gesteinen des Pramerkogelkomplexes um Metatuffite und basaltische Effusiva, untergeordnet treten Einschaltungen von pelitischen und psammitischen Metasedimenten auf. **Innerhalb des Pramerkogelkomplexes kommen NE' Straßegg und beim Pramerkogel Arsenkiesvererzungen vor**, wobei H. GSELLMANN (1987) neben syndeformativen, gangförmigen Vererzungen (in den Metatuffiten in den Profilen beim Oberen Bergbauer und am Pramerkogel) auch synsedimentär entstandene, massive Arsenkiesknollen im Bereich Schulhofer beschreibt (an den Kontaktflächen Chloritphyllite/Schwarzphyllite).

Das Hangende der Heilbrunner Gruppe wird von der der Hochschlaggruppe zugeordneten Waitzbauerformation (**Schwarzschiefer**) und den **Kalk-Dolomitmarmoren** der Hochschlagformation gebildet:

- Der überwiegende Anteil der Waitzbauerformation wird von metapelitischen **Schwarzschiefern** aufgebaut, die dunkle Farbe ist auf feinverteilten Pyrit, teilweise auch Graphit zurückzuführen. Untergeordnet treten auch gröber-klastische Einschaltungen, dunkle Kalke, Metatuffite und Metalydite auf. Altersmäßig wird der mittlere Anteil der Waitzbauerformation in das mittlere Devon eingestuft (H. GSELLMANN, 1987, Seite 39), die primäre Mächtigkeit dürfte um die 200 m betragen haben.
- Die Hochschlagformation besteht überwiegend aus Kalk/Dolomitmarmoren, es treten jedoch auch Einschaltungen von Kalkphylliten, Biogenschuttkalken, sandigen Karbonaten und Peliten auf.

**Sedimentologie.** Die Phyllite und Schiefer des Heilbrunner Phyllitkomplexes repräsentieren die wechselnd fein-grobklastische Sedimentfüllung eines kontinentalen Rifts, die Metavulkanite des Pramerkogelkomplexes den initialen Vulkanismus. Die lithofazielle Zusammensetzung der Schwarzschiefer mit überwiegend pelitischen Sedimenten entspricht einem pelagischen Ablagerungsraum mit meist euxinischem Milieu (indiziert durch das Auftreten von Pyrit und Graphit), die darüber folgenden Kalkschiefer weisen ebenfalls Merkmale einer pelagischen Sedimentation auf.

**Tektonik und Metamorphose.** Die lokale tektonische Entwicklung und das Metamorphosegeschehen werden von H. GSELLMANN (1987) wie folgt dargestellt:

- Die erste Deformation führt in pelitischen Gesteinen zur Anlage von Quarzgängen, in Vulkaniten zur Bildung von Karbonatgängen. Gleichzeitig kommt es zu einer prograden grünschieferfaziellen **variszischen** Metamorphose, die in den Grüngesteinen zur Kristallisation von blaugrünen Hornblenden und zur Bildung von Granat in den basalen Teilen der Heilbrunner Gruppe führt.
- Die zweite Deformation bildet eine penetrative NNW-SSE streichende, gegen WSW einfallende Schieferung aus, die auf einen Deckenbau in Folge von Schertektonik zurückzuführen ist, und gegen deren Ende eine **alpidische?** very low grade Metamorphose in den Gesteinen der Heilbrunner Gruppe zur Paragenese Albit + Aktinolith + Chlorit + Zoisit/Klinozoisit führt.
- Die dritte Deformation führt als prägendes Ereignis zur E(NE)-vergente Einfaltung mit intensiver Schertektonik in den phyllitischen Gesteinsserien.
- Deformation 4 entspricht einer SE-vergente Scherung, die assoziierten Störungen versetzen Schichtpakete gegeneinander, in phyllosilikatreichen Gesteinen werden Serizite postkristallin verbogen.
- Deformation 5 entspricht einer offenen Knickfaltung, durch kalttemperierte paarige Scherzonen kommt es zur Dehnung des älteren Gefüges.

**Geologische Karte.** In der geologischen Karte, Beilage 1, Maßstab 1:10.000 wurden die Gesteine differenziert nach der oben vorgenommenen Einteilung (Heilbrunner Phyllite, Grünschiefer, Schwarzschiefer, Hochschlagkalk) in Form einer Aufschlußkarte dargestellt. Aufgrund der teilweise geringen Aufschlußdichte und der lithofaziellen Heterogenität der einzelnen Einheiten war eine genaue Kartierung, vor allem der Liegendgrenze der Grünschiefer, nicht möglich, die strichliert eingezeichneten Schichtgrenzen stellen eine Interpretation des Autors dar. Weiters wurden in die Karte schematisch die Lage der historischen Bergbauspuren (aus MINEREX, 1987), die Lage der im Rahmen der vorliegenden Arbeit beprobten transversalen Bodenprofile, sowie die Lage der für die Interpretation des magnetischen Störkörpers angefertigten Profile integriert. In der linken unteren Ecke wurde in einer Lagenkugel (Stereographische Projektion) die räumliche Lage der Grünschiefer dargestellt (durchschnittliches Einfallen: 248/48 (74 Messwerte)).

### 2.3 Das Arsenkies- Goldvorkommen Straßegg

Das Arsenkies- Goldvorkommen Straßegg liegt im Bereich der basalen Schichtfolge (Pramerkogelkomplex) am NE- Rand des Grazer Paläozoikums und nimmt unter den sulfidischen Vererzungen des Grazer Paläozoikums aufgrund des Auftretens von goldführendem Arsenkies als Haupterzmineral eine Sonderstellung ein. Die Vererzungen liegen im hangenden Bereich der Grünschiefer in unmittelbarer Nähe zu den überlagernden Schwarzschiefern. Da die Vererzung Straßegg mehrfach lagerstättenkundlich und erzmikroskopisch bearbeitet wurde, und ältere Untersuchungen in den Arbeiten von F. KARG (1988) und H. GSELLMANN (1987) inventarisiert und diskutiert werden, wird dieses Kapitel auf eine zusammenfassende Darstellung beschränkt.

**Historische Bergbautätigkeit.** Die Lagerstätte wurde mit mehreren Unterbrechungen zwischen dem 14. und dem Ende des 18. Jahrhunderts beschürft, Daten über Fördermengen oder Grubenkarten liegen nicht vor. Heute noch sichtbare Relikte der ehemaligen Bergbautätigkeit sind der NNW-SSE streichenden Pingen- und Haldenzug und einige Mundlöcher. Diese Bergbauspuren wurden geodätisch vermessen und kartografisch dargestellt (MINEREX, 1987).

**Lagerstätten-genese.** Während in älteren Arbeiten (F. CZERMAK & J. SCHADLER, 1933, O. M. FRIEDRICH 1936, 1959) aufgrund der Diskordanz von vererzten Quarzgängen eine ausschließlich epigenetische (Gang-) Lagerstättenbildung postuliert wird, finden H. GSELLMANN (1987), MINEREX (1987), F. KARG (1988) und L. WEBER (1990) Hinweise auf eine syndementäre Genese und interpretieren die diskordanten Quarzgänge als (alpidische?) Mobilisate der primären Vererzung:

- H. GSELLMANN 1987, Seite 31-33: Lokalität NE' Schulhofer: *"...sowohl die plattigen wie auch die knolligen Erze liegen streng schichtgebunden an den Kontaktflächen der Chloritphyllite zu den Schwarzphylliten.....Das Aufschlußbild legt eine sedimentäre Anlage dieser Vererzung nahe und steht damit im Gegensatz zu den gemeinsam vorkommenden Kluftmineralisationen, die ja größtenteils syndeformativ ausgeschieden wurden."*
- MINEREX 1987, Seite 1: *"Bergbauspuren (Halden, Pingenzüge und Stollen) sind parallel zum Schichtstreichen über rund 2,5 km zu verfolgen und unterstreichen gleichzeitig die schichtgebundene Natur der Vererzung."*
- L. WEBER 1990, Seite 108: *"Der Lagerquarz ist fast ausschließlich fahlgrau, während der junge (sterile?) Gangquarz milchigweiß ist."*
- L. WEBER 1990, Seite 109: *"Gegen eine Ganglagerstätte spricht vor allem der Umstand, daß die Erze an einen bestimmten lithologischen Horizont innerhalb der Grüngesteinsfolge gebunden liegen."*

Schurfkartierungen der MINEREX (1987) belegen das Auftreten von schichtgebundenen Vererzungen (v.a. in Grünschiefern) und diskordanten vererzten Quarzgängen, die subparallel, aber steiler als die Schieferung des Nebengesteins einfallen. Während in den Grünschiefern Knollen und Platten von massiven Sulfiden parallel zur Schieferung eingelagert sind, weisen die diskordanten Quarzgänge Salbänder mit bis zu 20 cm mächtigen Sulfidvererzungen und im zentralen Bereich Sulfidimprägnationen auf.

Basierend auf den vorliegenden Unterlagen kann die Genese der Lagerstätte Straßegg wie folgt dargestellt werden:

1. Sedimentation eines vulkanogen betonten Sedimentes mit gleichzeitiger Bildung von submarinen Vulkaniten im Silur bis Unterdevon, Metavulkanite im Pramerkogelkomplex deuten auf ein initiales Riftingstadium hin. Infolge des Vulkanismus kam es durch Tuffe, Tuffite und/oder Hydrothermenaustritte zu einer Zufuhr von Metallen ins Meerwasser, die dort als Sulfide ausgefällt wurden. Indikatoren für das reduzierende (euxinische) Milieu sind die überlagernden Schwarzschiefer.

2. Im Anschluß an die synsedimentäre Genese erfolgte während der **variszischen** Orogenese eine grünschieferfazielle metamorphe Überprägung sowie eine Mobilisation und Rekristallisation des primären Mineralbestandes. Während der **alpidischen?** Metamorphose kam es, ausgehend von der primären Vererzung, zur Anlage von diskordanten vererzten Quarzmobilisatgängen.

F. KARG (1988), der zahlreiche erzmikroskopische Untersuchungen an Haldenstücken vornahm, beschreibt folgende Erzparagenese: Arsenkies, Pyrit, Boulangerit, Bournonit, Jamesonit, Kupferkies, Fahlerz und untergeordnet Bleiglanz, Zinkblende, Magnetkies und Magnetit. Gold kommt gemeinsam mit Boulangerit, Bournonit, Fahlerz und Bleiglanz in Rissen von kataklastischem Arsenkies und Pyrit, aber auch zwickelfüllend vor. Aufgrund der Koexistenz von Arsenkies und Pyrit (ohne Lösungerscheinungen) gibt F. KARG die maximale Bildungstemperatur der Vererzung mit  $491 \pm 12^\circ\text{C}$  an und schränkt den Temperaturbereich aufgrund des Arsengehaltes im Arsenkies (ermittelt über die Position des d-131-Peaks im RDX und mittels NAA) auf ca.  $365\text{-}395^\circ\text{C}$  weiter ein.

### 3 GEOCHEMIE

#### 3.1 Einführung

Im Rahmen dieses Kapitels erfolgt einleitend eine allgemeine Diskussion der Verwendung geochemischer Anomalien in der Prospektion, eine Begriffsdefinition der Termini *primäre/sekundäre geochemische Anomalie* und *Pathfinder*, eine Beschreibung der angewandten numerischen und statistischen Methoden, gefolgt von der Darstellung und Bewertung der lokalen geochemischen Anomalien, die auf Stream Sediment-, Boden-, Erz- und Wasseranalysen basieren.

#### 3.2 Geochemische Anomalien und Prospektion

**Anomalien- prospektive Bereiche.** Die meisten Lagerstätten sind von Halos umgeben, in denen bei der geochemischen Untersuchung von Gesteinen, Böden, Pflanzen, Oberflächen- und Grundwässern, Bodengasen, sowie rezente Sedimenten von fließenden und stehenden Gewässern Anreicherungen von bestimmten Elementen, bzw. Abweichungen von normalen Elementverteilungen festgestellt werden können (W. POHL 1992, Seite 418). Deduktiv-invers werden in der Explorationsgeochemie durch die regionale Untersuchung geochemischer Anomalien prospektive Bereiche für detaillierte Untersuchungen definiert.

**Primäre geochemische Anomalien** entstehen durch syngenetische Dispersion der Elemente und sind ausschließlich durch gesteinsgeochemische Analysen festzustellen.

Für "Sedex" - Lagerstätten kann nach T. FINLOW- BATES (1980) die folgende Elementzonierung der endogenen Halos ausgehend vom Lagerstättenzentrum angegeben werden:

(Magnetkies- Kupfer) - (Blei - Zink - Pyrit) - (Baryt - Hämatit).

L. N. OVCHINNIKOV & S. V. GRIGORYAN (1971) geben für stratiforme Blei-Zinklagerstätten folgende laterale und vertikale Elementzonierung an (Ausdehnung der endogenen Halos in abnehmender Reihenfolge):

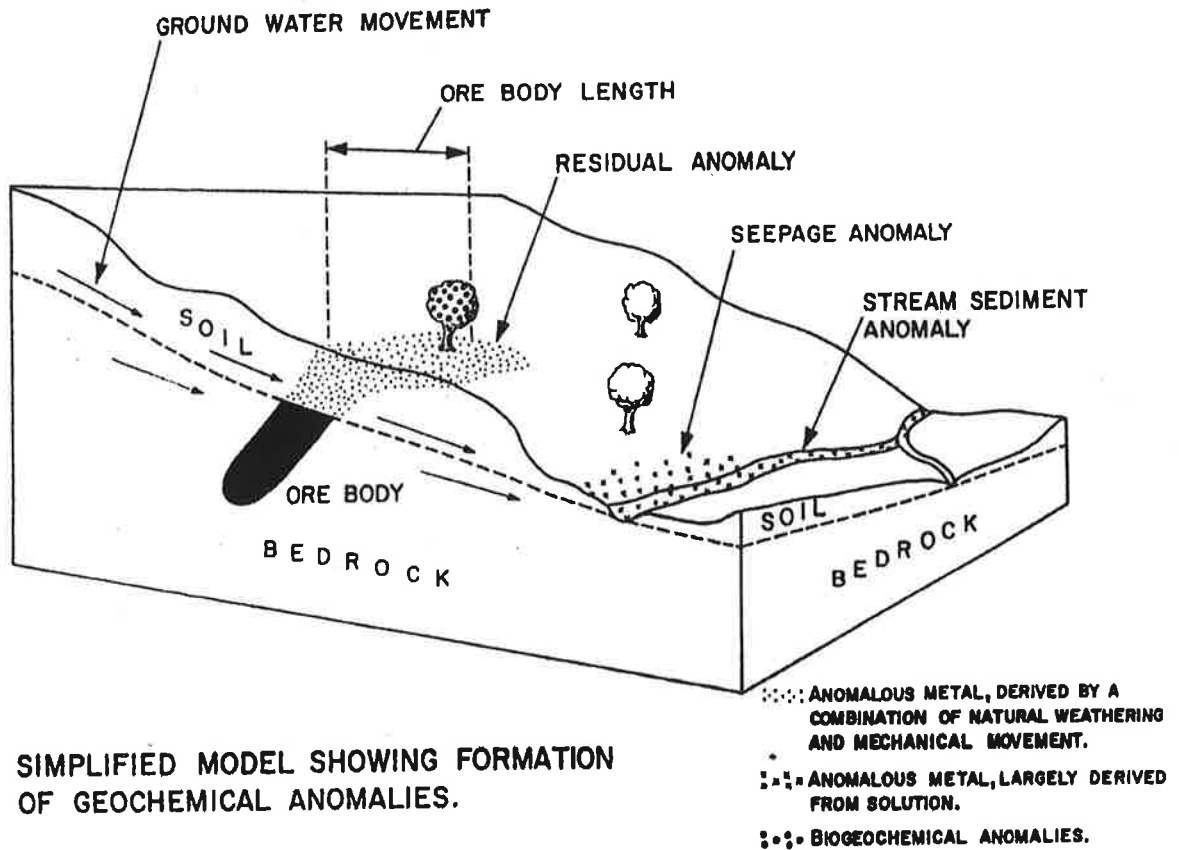
lateral: Ag Pb Cu As Ba Co Zn Ni

vertikal: As Ba Ag Cu Pb Zn Co

Weitere endogene - mit der Lagerstättenogenese zusammenhängende - charakteristische Merkmale von "Sedex" -Lagerstätten sind 2D- Mangan Halos (W. POHL 1992, Seite 419) und bei den Blei- Zink Vererzungen des Grazer Paläozoikums Albitisierung und Silifizierung der Nebengesteine (L. WEBER 1990, Seite 46).

**Sekundäre geochemische Anomalien** entstehen durch epigenetische Prozesse wie z.B. Verwitterung, Erosion, Transport und Sedimentation, analysiert werden überlagernde Böden (und Pflanzen), Grundwasserproben sowie Wasserproben und rezente Sedimente aus Vorflutern. Durch sekundäre Dispersion entstandene Halos können auch im weiteren Umkreis der Lagerstätte festgestellt werden (z.B. Stream Sediment Anomalien), sind mit relativ wenig Aufwand zu beproben und daher eine gute Basis für eine effektive regionale geochemische Prospektion.

Die Ausbildung und Größe der sekundären Halos ist von der spezifischen Oberflächenmobilität der einzelnen Elemente abhängig und steht in einem kausalen Zusammenhang mit der Ausbildung des primären Halos und den komplex wirkenden Einflußgrößen Klima, Vegetation, geologischer Untergrund, Relief und Hydrogeologie.



**SIMPLIFIED MODEL SHOWING FORMATION OF GEOCHEMICAL ANOMALIES.**

Abbildung 3-1: Entstehung sekundärer geochemischer Anomalien (aus S. J. HOFFMAN & I. THOMSON 1986, p. 118)

**Pathfinder.** Bei den meisten Lagerstätten, insbesondere bei polymetallischen Vererzungen, beschränkt sich die analytische Prospektion nicht ausschließlich auf das Targetelement (Straßegg: Gold), sondern es werden auch alle anderen in der Erzparagenese enthaltenen Elemente (bzw. auch charakteristische Minerale), die aufgrund tw. besserer Mobilität größere Halos erzeugen, und oft einfacher zu bestimmen sind, einbezogen (im konkreten Fall Straßegg liegen für Stream Sediment Proben keine Goldanalysen vor, die Definition der Stream Sediment Anomalie erfolgt also ausschließlich über Pfadfinderelemente).

Hydrothermale Alterationshalos können durch folgende Mineral-(Element)assoziationen charakterisiert werden, wobei nach R. P. FOSTER (1991, Seite 310) und A. M. EVANS (1995, Seite 139) eine Einstufung der Relevanz als Pathfinder für "*massive sulphide type*"- Lagerstätten vorgenommen wird:

Pathfinder	Relevanz	Pathfinder	Relevanz	Relevanz	
Quarz	0 / ++	As	+ / +++	0	keine
Chlorit	+ / +++	Sb	+	+	gering
Serizit	+ / +++	Pb	+ / ++	++	mittel
K-Feldspat	0 / +	Zn	0 / +++	+++	groß
Karbonate	0 / +	Cu	+ / +++		
Baryt	0 / +++	Hg	0 / +++		
Pyrit	++ / +++				

Tabelle 3-1: Pathfinder für vulkanogen massive Sulfiderze (nach R.P. FOSTER 1991)

A. M. EVANS (1995) gibt für einzelne Elemente die Oberflächenmobilität, die Verwendbarkeit in der Exploration, typische Hintergrundkonzentrationen in Böden und "angereicherte Lithologien" an, in Tabelle 3-2 wurden die Angaben der für diese Arbeit relevanten Elemente zusammengefaßt.

Element	Typical Concentration in Soils [ppm]	Enriched Lithologies	Surficial Mobility	Use in Exploration
Antimony	1		low	pathfinder
Arsenic	10	Ironstones	mobile; Fe- scavenged	pathfinder esp. for Au
Chromium	45	Ultramafics	low	panned conc.
Cobalt	10	Ultramafics	moderate; Mn scavenged	widely used
Copper	15	Basic igneous	pH>5 low else moderate	most surveys
Gold	1 ppb	black shales	low	gold deposits
Lead	15	sandstones	low	wide use
Nickel	17	Ultramafics	low, scavenged	wide use
Zinc	35	black shales	high, scavenged by Mn	most surveys

Tabelle 3-2: Oberflächenmobilität und Verwendung relevanter Elemente in der Prospektion (aus A. M. EVANS, 1995, Seite 141)

### 3.3 Statistische Verfahren

In diesem Kapitel werden die bei Auswertung der geochemischen Daten applizierten statistischen Verfahren beschrieben, die Einsatzmöglichkeiten diskutiert und miteinander verglichen. Die eingesetzten statistischen Methoden können nach dem Interpretationsziel in zwei Gruppen eingeteilt werden, wobei die multivariate simultane R- und Q-mode Hauptkomponentenanalyse beide Bereiche abdeckt:

1. Verfahren zur Definition und Bewertung geochemischer Anomalien anhand statistischer Parameter: statistische Kennzahlen, Normalverteilungen, numerische Methoden, Lokalisierung von Multi-Elementanomalien (Q-mode loadings).
2. Verfahren zur Untersuchung des Zusammenhanges der einzelnen Parameter mittels Korrelations- und Hauptkomponentenanalyse (R-mode loadings) mit dem Interpretationsziel vorhandene Parameter zu identifizieren.

#### 3.3.1 Verfahren zur Identifikation und Evaluation geochemischer Anomalien

##### Statistische Kennzahlen

Die Schiefe (Skewness) ist ein Maß für die Symmetrie einer eingipfeligen Häufigkeitsverteilung um ihren Mittelwert, die Kurtosis ein Maß für die Wölbung einer Verteilung im Vergleich zur Normalverteilung. Eine (hohe) positive Schiefe weist auf das Vorliegen einiger weniger hoher Werte (Ausreißer und Extremwerte), eine positive Kurtosis auf eine relativ schmale, spitze Verteilung hin, bei der symmetrischen Normalverteilung ist die Schiefe 0 und die Kurtosis 3 (W. LANDVOIGT & W. WEGSCHEIDER 1995, F. R. SIEGEL 1974). Hohe positive Werte bei beiden Kennzahlen indizieren das Vorliegen **nicht normaler Verteilungen** und eine geringe Anzahl von Ausreißern (mit hohen Werten) im Datensatz und können somit als Hinweis auf positive **Anomalien** interpretiert werden.

$$skewness = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum \left( \frac{x_i - \bar{x}}{s} \right)^3$$

$$kurtosis = \left\{ \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum \left( \frac{x_i - \bar{x}}{s} \right)^4 \right\} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

## Normalverteilungen

Die Normalverteilung als Funktion des Mittelwertes und der Standardabweichung eines Datensatzes ermöglicht durch den Vergleich mit den Originalwerten eine Interpretation bezüglich Ausreißern und Anomalien. Die Daten werden durch die Transformation

$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s}$$

standardisiert, sodaß der standardisierte Wert  $z_i$  die Anzahl  $n$  der Standardabweichungen  $s$ , die der Originalwert  $x_i$  vom Mittelwert  $\bar{x}$  abweicht, angibt. In Normalverteilungsdiagrammen werden auf der Abszisse die Originalwerte  $x_i$ , auf der Ordinate die standardisierten Werte  $z_i$  und zusätzlich die entsprechenden Normalverteilungskurven

$$z = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2}$$

als Geraden dargestellt. Jene Elemente, deren Wertepaare  $[x_i, z_i]$  in den Normalverteilungsdiagrammen stark von der Normalverteilungsgeraden abweichen, können anhand dieser Darstellung als **anomal verteilt**, die entsprechenden Punkte als **Ausreißer und Indikatoren für anomal hohe bzw. niedrige Elementkonzentrationen** identifiziert werden.

## Numerische Methoden zur Identifikation von Anomalien

1.  $c \geq 75\%$ -Perzentil- Methode: bei dieser Methode werden alle Werte die größer als die 75% Perzentile sind, als positiv anomal klassifiziert. Da in jedem Fall (auch bei normalverteilten Populationen) 25% der Werte dieses Kriterium erfüllen, werden großräumige, oft unscharfe Anomalien indiziert.
2. Box & Whiskerplot- Methode: entspricht im wesentlichen der 1. Methode, Extremwerte werden eliminiert, indem nur jene Werte zwischen upper hinge (=75% Perzentile) und upper whisker (=75% Perzentile + 1.5-fache Interquartildistanz) als anomal hoch klassifiziert werden (L. WEBER 1990, Seite 52).
3.  $c \geq \bar{x} + 2s$  Methode: als positiv anomal werden bei diesem Verfahren jene Werte klassifiziert, die um mindestens 2 Standardabweichungen über dem Mittelwert liegen (F. R. SIEGEL 1974, Seite 210 und W. POHL 1992, Seite 419). Bei einer normalverteilten Population erfüllen 2,3% der Samples dieses Kriterium. Dieses Verfahren wurde mit den beiden anderen Methoden an den Stream Sedimentdaten getestet, und ermöglichte **eine scharfe und eindeutige Abgrenzung der Anomalie**. Der Vorteil dieser Methode liegt darin, daß bei der Definition der Anomalie die Standardabweichung der Population und die Verteilung berücksichtigt werden.

## Geochemische Methoden

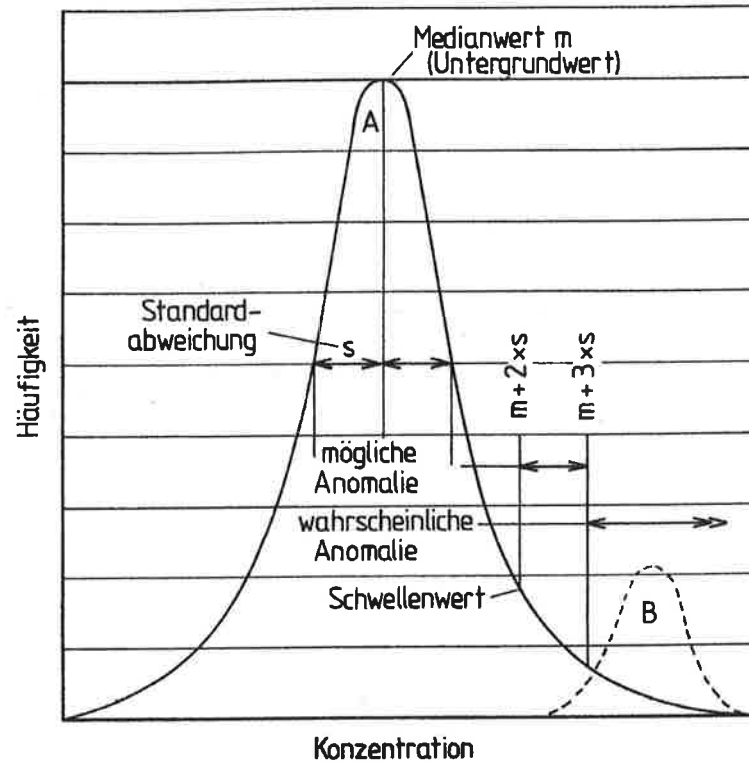


Abbildung 3-2: Identifikation von geochemischen Anomalien anhand der Häufigkeitsverteilung:  $c \geq \bar{x} + 2s$ -Methode. (aus: W. POHL 1992)

### Q-mode loadings

Q-mode loadings als Teilresultat der multivariaten Hauptkomponentenanalyse erlauben die Identifikation und Abgrenzung von Anomalien die auf mehreren Parametern (Elementen) basieren, das Interpretationsziel ist im Prinzip mit einer multidimensionalen Version der  $c \geq \bar{x} + 2s$  Methode vergleichbar und wird im Kapitel 3.3.3. behandelt.

### 3.3.2 Korrelationsanalyse

Mit der Korrelationsanalyse wird die Beziehung zweier Parameter  $x, y$  zueinander untersucht, der Korrelationskoeffizient  $\rho_{x,y}$  ist ein Maß für den Zusammenhang zwischen beiden, wobei das Ergebnis unabhängig von den jeweiligen Maßeinheiten ist. Die Korrelation der Grundgesamtheit ergibt sich aus der Kovarianz zweier Parameter, dividiert durch das Produkt aus deren Standardabweichungen.

$$\rho_{x,y} = \frac{\text{cov}(x,y)}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

wobei gilt:  $-1 \leq \rho_{x,y} \leq 1$

$$\text{und: } \text{cov}(x,y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y)$$

Mit Hilfe des Korrelationskoeffizienten  $\rho_{x,y}$  kann untersucht werden, wie zwei Parameter miteinander verbunden sind, d.h. ob hohe Werte des einen Parameters mit hohen Werten des anderen zusammenhängen (positive Korrelation,  $\rho_{x,y} > 0$ ), ob niedrige Werte des einen Parameters mit hohen Werten des anderen zusammenhängen (negative Korrelation,  $\rho_{x,y} < 0$ ), oder ob zwischen den beiden Parametern kein Zusammenhang besteht (keine Korrelation,  $\rho_{x,y} \approx 0$ ):

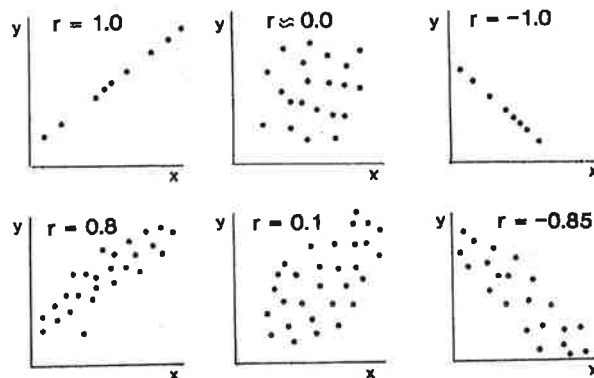


Abbildung 3-3: Korrelationskoeffizient  $r$  als Indikator für den Zusammenhang zweier Variablen  $x, y$  (aus: A. J. SINCLAIR, 1986)

Die Anwendung der Korrelationsanalyse bei geochemischen Daten erlaubt Rückschlüsse auf die Paragenese (das gemeinsame Vorkommen mehrerer Elemente), wobei bei der Interpretation die mineralogische und petrologische Zusammensetzung der Proben sowie die mechanische und chemische Stabilität der Minerale (besonders bei Stream Sediment- oder Bodenuntersuchungen) berücksichtigt werden muß.

### 3.3.3 Simultane R- und Q-mode Hauptkomponentenanalyse

**Hauptkomponentenanalyse.** Durch die Hauptkomponentenanalyse wird ein Datensatz (teilweise) korrelierter Variablen in unkorrelierte Faktoren transformiert, die zur Interpretation des überlagernden Zusammenhanges herangezogen werden (L. WEBER, 1990, L. WEBER & J. C. DAVIS, 1990, H. WACKERNAGEL, 1995, J. C. DAVIS, 1986). Bei der R-mode Analyse wird das Verhältnis zwischen den einzelnen Variablen und den Hauptkomponentenachsen bestimmt (der Grad mit dem ein Element von einer Komponente repräsentiert wird), bei der Q-mode Analyse der Zusammenhang der Individuen einer Population mit den Hauptkomponenten (der Grad mit dem ein Probenahmepunkt durch die jeweilige Hauptkomponente repräsentiert wird). Da die Hauptkomponenten definitionsgemäß nicht korrelieren und sukzessive eine maximale Menge der Varianz der Daten absorbieren, können mehrere korrelierte Variablen (multivariate Elementassoziationen) gemeinsam durch wenige Faktoren repräsentiert werden.

**Datenrobustifizierung.** Die Hauptkomponentenachsen entsprechen multidimensionalen least square fits, um einen übermäßigen Einfluß weniger Extremwerte einzelner Variablen auf die einzelnen Hauptkomponenten zu vermeiden (resultiert in einer verzerrten Darstellung der anderen Proben relativ zur Hauptkomponentenachse) ist eine Ausreißer-korrigierende Robustifizierung des Datenmaterials erforderlich (L. WEBER, 1990, Seite 85).

Die im Rahmen dieser Arbeit interpretierten Stream Sediment Daten wurden vor der Hauptkomponentenanalyse durch **multivariates Trimming** robustifiziert: die äußersten Extremwerte werden solange iterativ reduziert bis sich der Mittelwert stabilisiert, für die Robustifizierung der Stream Sedimentdaten wurde der Prozentsatz der Trimmung auf 5%, die maximale Anzahl der Iterationen auf  $i=10$  und das Stopping Kriterium auf  $|\bar{x}_i - \bar{x}_{i+1}| \leq 0,0001$  gesetzt. Die Robustifizierung der Stream Sedimentdaten wurde von L. WEBER 1996 durchgeführt.

**Interpretationsziel.** Die Anwendung der Hauptkomponentenanalyse bei geochemischen Daten erlaubt die **Identifikation von Paragenesen durch R-mode loadings** (wobei wie bei der Korrelationsanalyse v.a. bei Stream Sediment- und bodengeochemischen Daten mineralogische und petrologische Kriterien berücksichtigt werden müssen), sowie die **geographische Lokalisierung geochemischer Provinzen (=Areale gleicher Paragenese) durch Q-mode loadings**.

### 3.4 Stream Sediment Geochemie

Der Geochemische Atlas der Republik Österreich (F. THALMANN, O. SCHERMANN, E. SCHROLL & G. HAUSBERGER, 1989), der methodisch auf **Stream Sediment Analysen** (Beprobung und Analyse der Fraktion <180µm von Bachsedimenten) basiert, indiziert im Bereich Straßegg deutlich erhöhte Konzentrationen der Elemente **Arsen, Blei, Kupfer, Antimon und Silber**.

Für die statistische Untersuchung und grafische Darstellung der **Stream Sediment Anomalie** im Bereich Straßegg wurden die für den Geochemischen Atlas verwendeten Originaldaten innerhalb des orthogonalen meridianparallelen Ausschnittes mit den Koordinaten (Koordinatensystem Gauß- Krüger, Meridianschnitt M 34) **GK rechts: -70000 bis -50000** und **GK hoch: 5242000 bis 5260000** herangezogen, für die Korrelationsanalyse wurden die Daten aus dem unmittelbaren Bereich des Straßeggs (Koordinatenausschnitt **GK rechts: -64000 bis -58000** und **GK hoch: 5248000 bis 5254000**) verwendet.

Die Nachweisgrenzen und die eingesetzten Analysemethoden der bestimmten Elemente sind im Folgenden angeführt:

Element	Analyse-methode	Nachweisgrenze	Element	Analyse-methode	Nachweisgrenze
Ag	OES	0,02	Na	ICP	5
Al	XRF	1000	Nb	XRF	0,1
As	Gutzeit	2	Ni	ICP	0,6
Ba	ICP	0,5	P	ICP	9
Be	ICP	0,02	Pb	OES	3
Ca	ICP	30	Rb	XRF	0,6
Ce	ICP	0,4	Sb	AAS	0,2
Co	ICP	0,3	Sc	ICP	0,03
Cr	ICP	0,5	Sn	OES	1
Cu	ICP	0,2	Sr	ICP	0,02
Fe	ICP	4	Th	XRF	0,6
Ga	ICP	0,1	Ti	ICP	40
K	XRF	20000	U	XRF	0,2
La	ICP	0,1	V	ICP	5
Mg	ICP	0,5	Y	XRF	0,1
Mn	ICP	3	Zn	ICP	0,9
Mo	OES	0,1	Zr	XRF	2

Tabelle 3-3: Stream Sedimentgeochemie - Geochemischer Atlas: Analysemethoden und Nachweisgrenzen [in ppm] (aus L. WEBER, 1990, Seite 52)

Im Rahmen der statistischen Auswertung der **Stream Sedimentdaten** erfolgte die Bestimmung der elementaren statistischen Parameter (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, 25%-Perzentile, Median, 75%-Perzentile, Maximum, Schiefe und Kurtosis), die Erstellung von Normalverteilungsplots und Elementverteilungskarten, die Berechnung von Korrelationsmatrizen, sowie eine multivariate Hauptkomponentenanalyse mit robustifizierten Daten (die Datenrobustifizierung für die Hauptkomponentenanalyse wurde im Kapitel 3.3.3. behandelt).

Da im verfügbaren Datensatz **nicht** zwischen **Konzentration kleiner Nachweisgrenze [ $c < D.L.$ ]** und **Elementkonzentration nicht bestimmt [N.D.]** unterschieden wird, sondern in beiden Fällen  $c = 0$  ist, sind in Tabelle 3-4 für jedes Element die Anzahl der Probenahmepunkte [ $n(c > 0)$ ] angegeben, bei der Interpretation wurde die lückenhafte Verfügbarkeit einiger Elementkonzentrationen (Sb, Th, U) berücksichtigt und diese vor der multivariaten Analyse eliminiert:

Element	n(c>0)	Element	n(c>0)
Ag	346	Na	343
Al	351	Nb	347
As	308	Ni	351
Ba	351	P	346
Be	351	Pb	351
Ca	351	Rb	351
Ce	351	Sb	73
Co	351	Sc	351
Cr	350	Sn	341
Cu	350	Sr	351
Fe	351	Th	160
Ga	324	Ti	351
K	351	U	248
La	350	V	351
Mg	351	Y	345
Mn	348	Zn	351
Mo	351	Zr	345

Tabelle 3-4: Anzahl der Probenahmepunkte  $n(c > 0)$ ,  $n_{\text{gesamt}} = 351$

Die Anzahl der im Untersuchungsgebiet gelegenen Probenahmepunkte beträgt  $n=351$ , daraus ergibt sich eine Probendichte von  $1.03 \text{ km}^2/\text{Probe}$ .

### 3.4.1 Elementare statistische Parameter und Normalverteilungsplots

	Mean	Min	25%-P	Median	75%-P	Max	Std.Dev	Skewness	Kurtosis
Ag	0,12	0,0	0,1	0,1	0,1	0,8	0,08	4,03	25,90
Al	102608,51	18272,3	93663,6	104455,2	115456,0	152531,4	20356,93	-0,96	1,76
As	22,63	0,0	4,0	10,0	24,0	600,0	51,89	7,22	62,96
Ba	508,97	80,0	370,0	490,0	630,0	1140,0	195,19	0,54	0,42
Be	4,46	1,0	4,0	5,0	5,0	9,0	1,45	-0,28	0,00
Ca	32103,41	1200,0	10400,0	20600,0	41800,0	229499,8	33154,68	2,05	5,41
Ce	91,25	30,0	75,0	91,0	106,0	186,0	22,02	0,24	0,70
Co	19,59	3,0	14,0	18,0	25,0	66,0	8,71	0,91	2,28
Cr	86,97	0,0	57,0	81,0	106,0	550,0	52,09	3,24	21,51
Cu	25,09	0,0	18,0	25,0	31,0	69,0	11,08	0,68	1,15
Fe	41384,33	6200,0	32400,0	42300,0	51500,0	90400,0	15168,63	0,02	0,03
Ga	22,01	0,0	16,0	25,0	29,0	37,0	9,69	-0,97	-0,07
K	26849,87	5221,8	21541,4	27152,5	32213,7	51434,0	7883,24	-0,02	-0,28
La	43,43	0,0	35,0	44,0	52,0	89,0	12,29	0,11	0,69
Mg	15692,59	1400,0	11200,0	14400,0	18100,0	54900,0	7839,43	1,80	5,13
Mn	875,84	0,0	650,0	850,0	1090,0	6820,0	446,56	4,17	43,18
Mo	0,98	0,2	0,6	0,8	1,2	4,3	0,55	2,03	5,80
Na	14156,69	0,0	8040,0	14400,0	19550,0	36450,0	7630,16	0,17	-0,43
Nb	19,60	0,0	13,0	17,1	24,9	80,4	10,07	1,40	4,13
Ni	39,15	6,0	27,0	37,0	47,0	221,0	19,36	3,25	24,17
P	1084,53	0,0	900,0	1070,0	1300,0	2140,0	318,82	-0,07	1,32
Pb	26,89	8,3	19,0	25,0	33,0	123,0	11,83	2,51	14,23
Rb	106,34	30,6	78,3	103,5	128,0	245,3	38,78	0,80	0,72
Sb	1,15	0,0	0,0	0,0	0,0	69,4	4,36	11,63	173,18
Sc	15,48	2,0	12,0	16,0	19,0	32,0	6,03	0,17	0,17
Sn	3,76	0,0	2,6	3,7	4,6	33,0	2,31	6,14	73,76
Sr	189,42	36,0	141,0	190,0	228,0	424,0	72,06	0,51	0,66
Th	7,08	0,0	0,0	0,0	14,3	26,9	8,17	0,50	-1,31
Ti	6848,89	820,0	3820,0	5770,0	8650,0	30530,0	4371,25	1,38	2,68
U	4,83	0,0	0,0	5,9	7,0	13,8	3,34	-0,42	-1,04
V	119,33	10,7	77,5	123,2	154,7	269,0	49,93	-0,15	-0,52
Y	40,56	0,0	30,2	38,6	48,8	121,9	16,34	0,74	2,28
Zn	91,55	8,0	68,0	88,0	108,0	340,0	37,73	1,87	9,42
Zr	243,97	0,0	191,7	250,5	296,4	523,7	93,21	-0,14	0,47

Tabelle 3-5: Deskriptive Statistik- Stream Sediment Geochemie, Koordinatenausschnitt: GK rechts: -70000 bis -50000 und GK hoch: 5242000 bis 5260000.

Hohe Werte bei Skewness und Kurtosis (Tabelle 3-5) bei den Elementen Silber, Arsen, Chrom, Mangan, Nickel, Blei, Antimon und Zinn indizieren Ausreißer bzw. Extremwerte die auf Anomalien hinweisen [die Punkte mit erhöhten Zinnwerten liegen nicht im Bereich des Straßeggs]. In diesem Zusammenhang sei nochmals festgehalten, daß der Sb-Datensatz extrem lückenhaft ist (75%-Perzentile=0). Das Vorliegen von Extremwerten und nicht standardnormalverteilten Werten bei den genannten Elementen, und weniger deutlich auch bei Kupfer, wird von den Normalverteilungsplots (Abbildung 3-4) bestätigt.

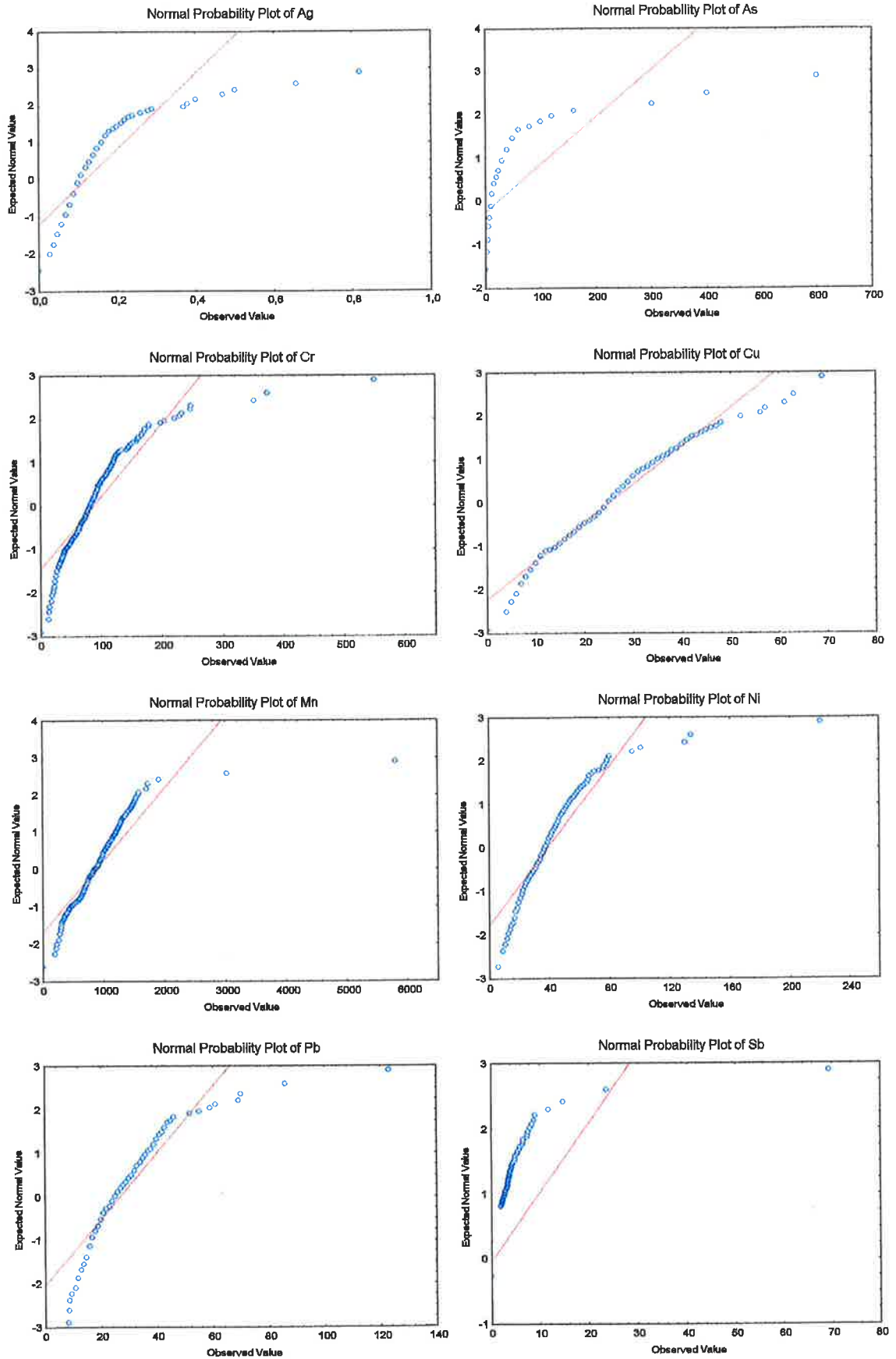


Abbildung 3-4 a-h: Stream Sediment Geochemie: Normalverteilungsplots für die Elemente Ag, As, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb und Sb.

### 3.4.2 Elementverteilungs- und Anomaliekarten

Die graphische Darstellung der Stream Sedimentdaten im Koordinatenausschnitt GK rechts: -70000 bis -50000 und GK hoch: 5242000 bis 5260000 erfolgt für die Elemente Silber, Arsen, Chrom, Kupfer, Mangan, Nickel, Blei und Antimon, die im Bereich des Straßeggs Anomalien verschieden starker Ausprägung aufweisen.

**Elementverteilungskarten.** Die Konzentrationen der oben angegebenen Elemente bei den Probenahmepunkten sind auf Basiskarten, die neben dem **Gewässernetz** auch schematisch die Vorkommen von (potentiell vererzten) **Grünschiefern** enthalten, symbolisch dargestellt.

**Anomaliekarten.** Die Identifikation geochemischer Anomalien kann wie bereits im Kapitel Statistik ausgeführt, anhand der folgenden Kriterien einfach durchgeführt werden:

1. Die Elementkonzentration bei einem Probenahmepunkt ist anomal hoch, wenn sie größer als der 75%-Perzentilwert ist.
2. Die Elementkonzentration bei einem Probenahmepunkt ist anomal hoch, wenn sie größer als die Summe vom Mittelwert und der zweifachen Standardabweichung ist (F.R. SIEGEL, 1974).

Da bei einem Vergleich das zweite Kriterium eine schärfere und eindeutige Abgrenzung der Anomalie ermöglichte, erfolgte nach diesem die Erstellung von **Anomaliekarten**, in denen die Elementkonzentrationen durch die Farbkonturen, die Probenahmepunkte symbolisch [+], und bei diesen numerisch die Abweichung der Elementkonzentration [c] vom Mittelwert [ $\bar{x}$ ] um [ $\pm n.s$ ] Standardabweichungen [ $\bar{x} \pm n.s$ ] dargestellt sind:

$$-2 \quad c \leq \bar{x} - 2s$$

$$-1 \quad \bar{x} - s \geq c > \bar{x} - 2s$$

$$0 \quad \bar{x} - s < c < \bar{x} + s$$

$$1 \quad \bar{x} + s \leq c < \bar{x} + 2s$$

$$2 \quad c \geq \bar{x} + 2s$$

Die Farbkonturkarten wurden mit dem Surface Mapping System SURFER Version 6.02 der Fa. Golden Software Inc.® erstellt, die Gridding- Parameter sind in Tabelle 3-6 angegeben.

Grid Spacing	500 m
Gridding Method	Kriging
Variogram	Linear
Search Method	Quadrant
Anisotropy	No

Tabelle 3-6: Gridding Parameter für die Erstellung der Farbkonturkarten

Die grafische Zuordnung der Stream Sediment Anomalie im Bereich Straßegg zu den einzelnen Probenpunkten erfolgt durch die Darstellung der Probenahmepunkte im Koordinatenausschnitt **GK rechts: -64000 bis -58000** und **GK hoch: 5248000 bis 5254000** in Abbildung 3-21. In Tabelle 3-7 ist bei den jeweiligen Probenahmepunkten in den Spalten unter den Elementen angegeben, um wie viele Standardabweichungen die Elementkonzentration bei diesem Punkt vom Mittelwert abweicht.

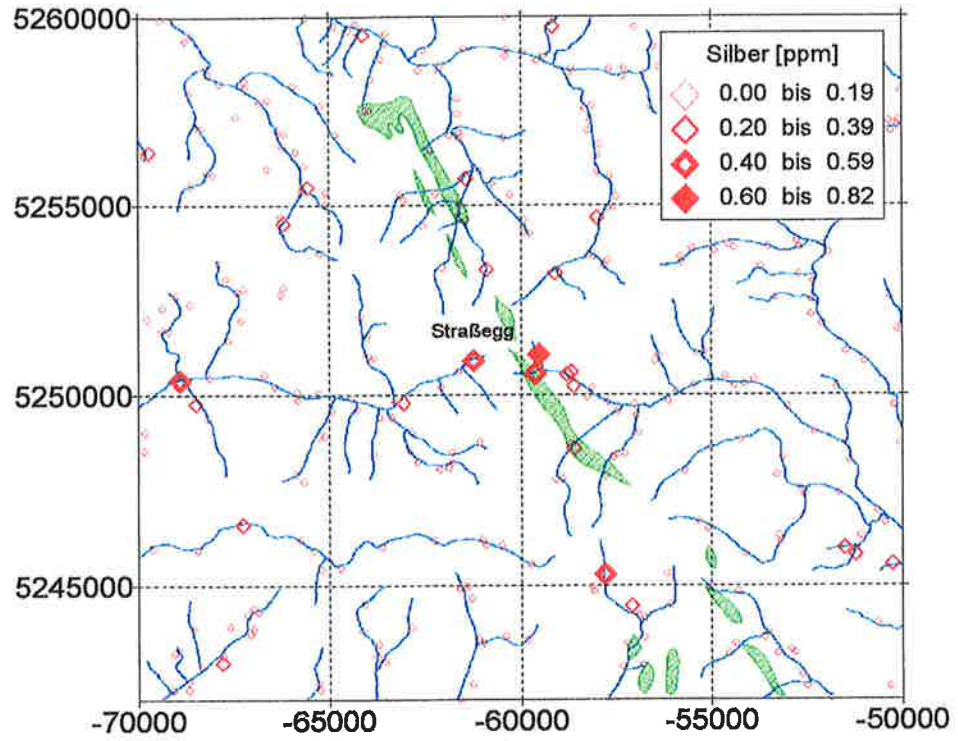


Abbildung 3-5: Stream Sediment Geochemie- Silber

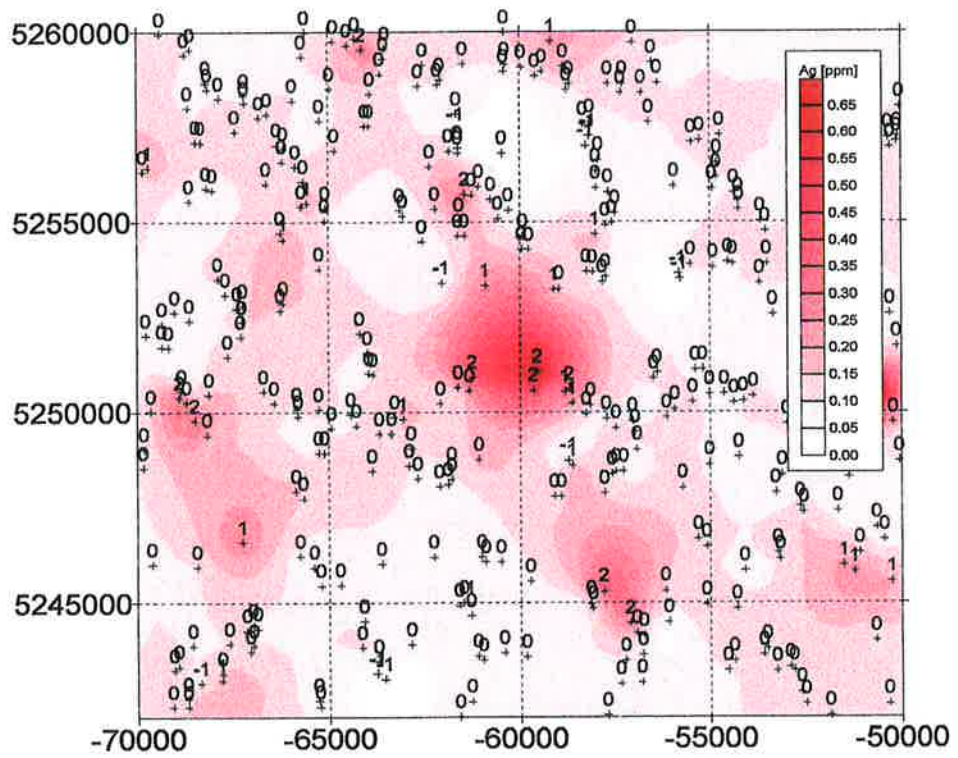


Abbildung 3-6: Anomaliekarte- Silber

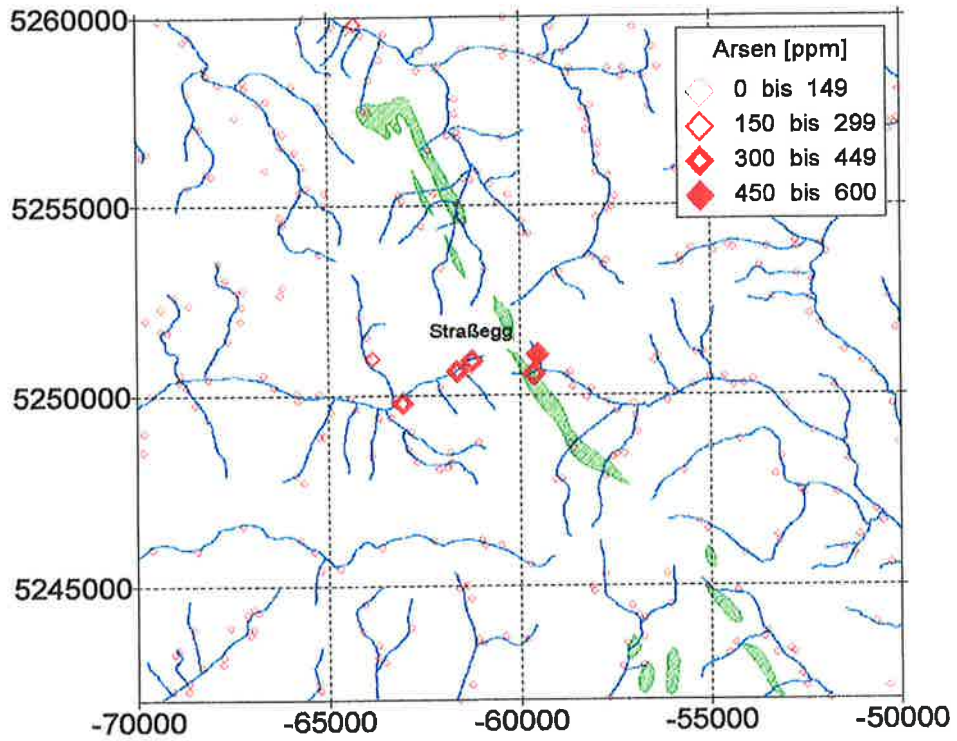


Abbildung 3-7: Stream Sediment Geochemie: Arsen

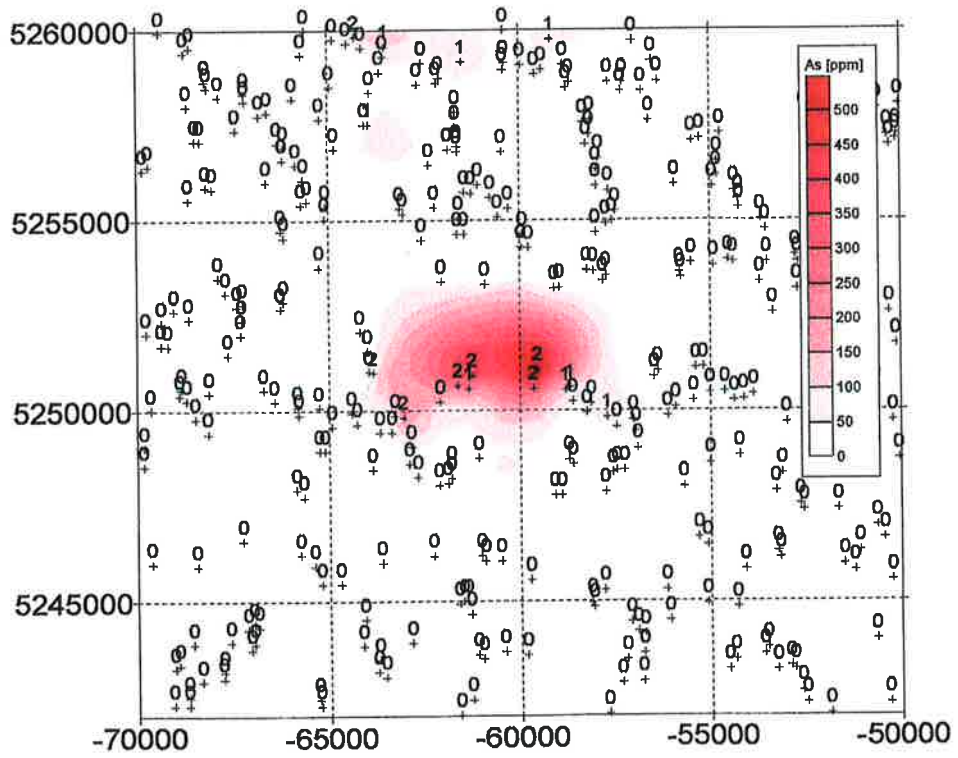


Abbildung 3-8: Anomaliekarte- Arsen

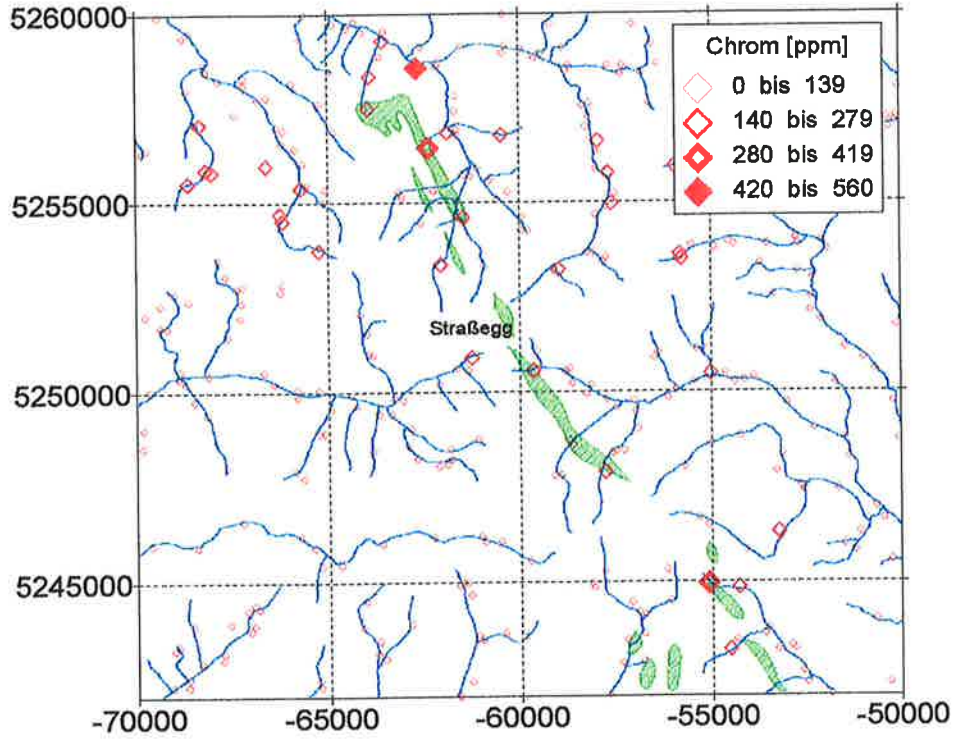


Abbildung 3-9: Stream Sediment Geochemie - Chrom

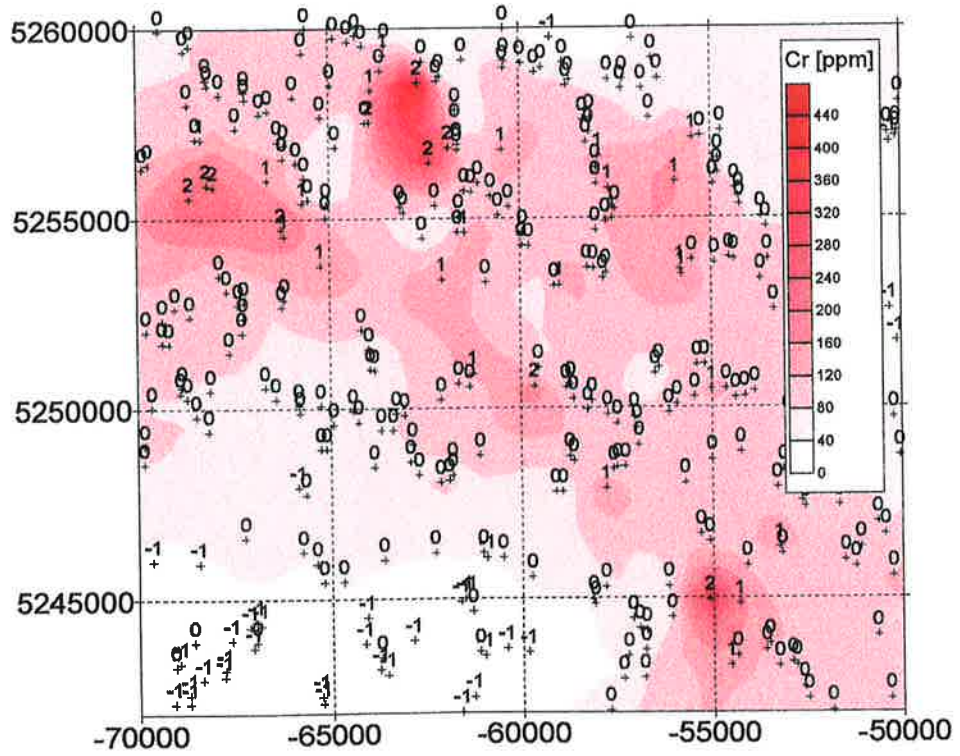


Abbildung 3-10: Anomaliekarte- Chrom

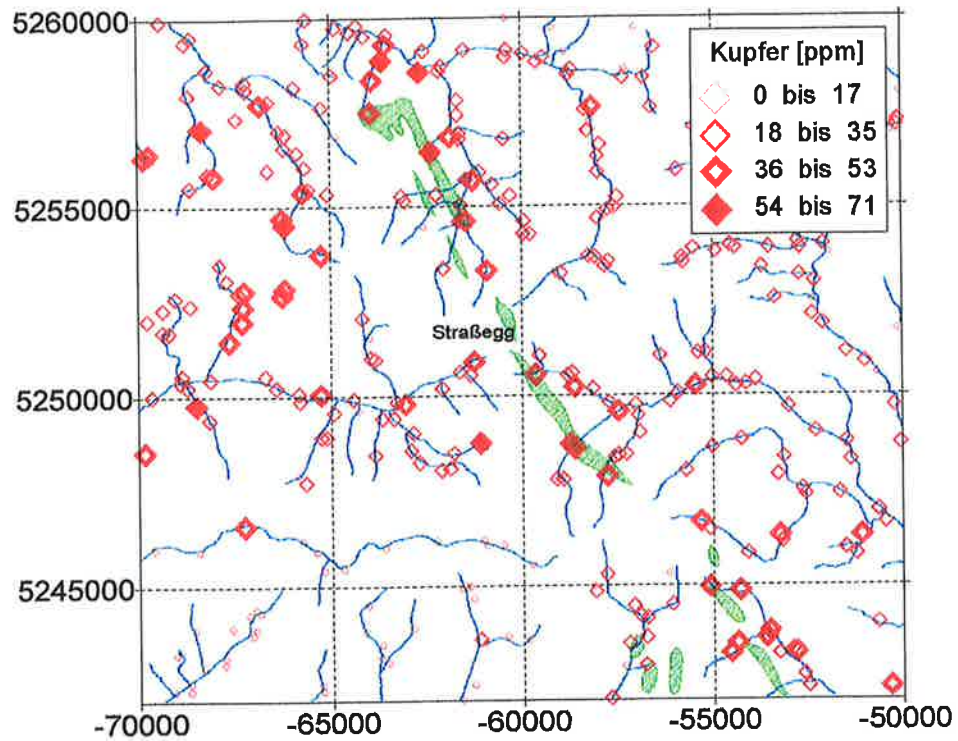


Abbildung 3-11: Stream Sediment Geochemie - Kupfer

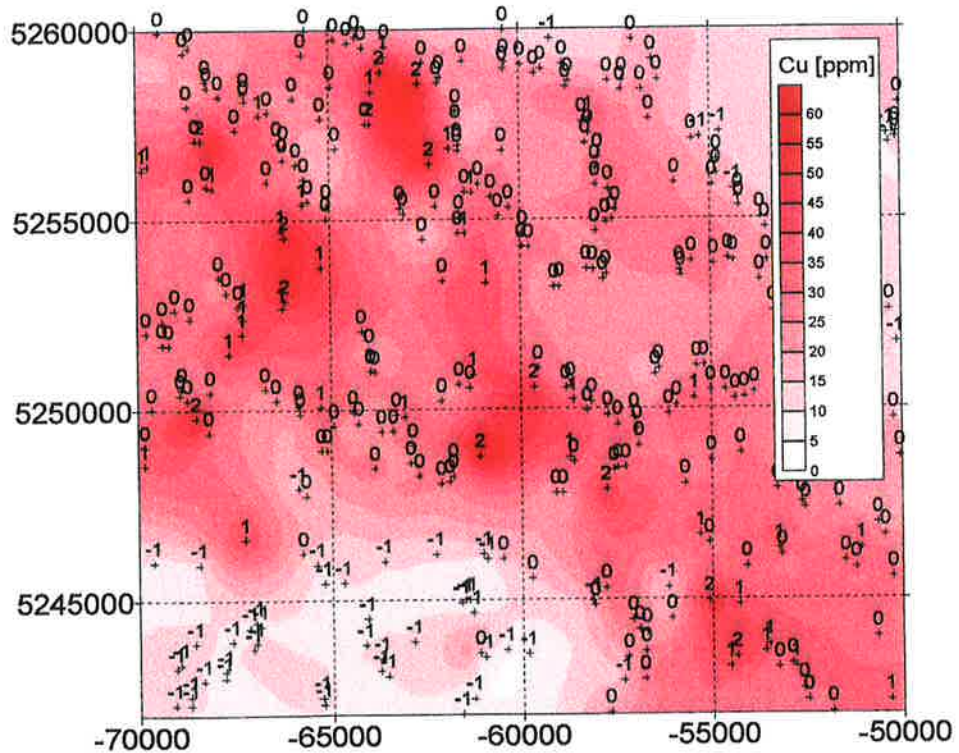


Abbildung 3-12: Anomaliekarte- Kupfer

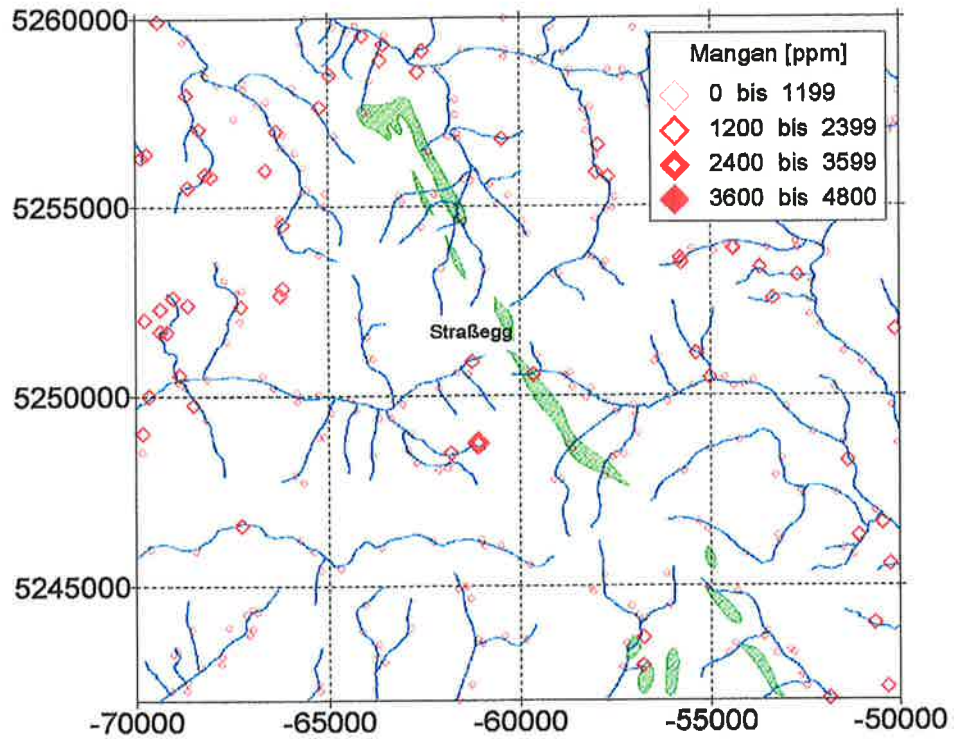


Abbildung 3-13: Stream Sediment Geochemie- Mangan

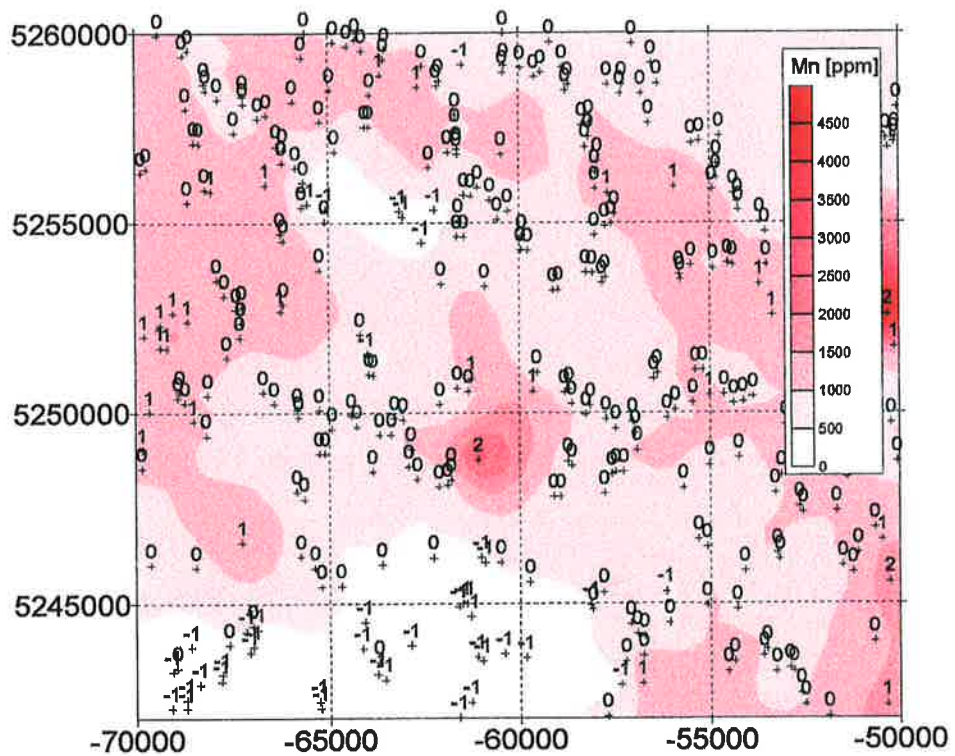


Abbildung 3-14: Anomaliekarte- Mangan

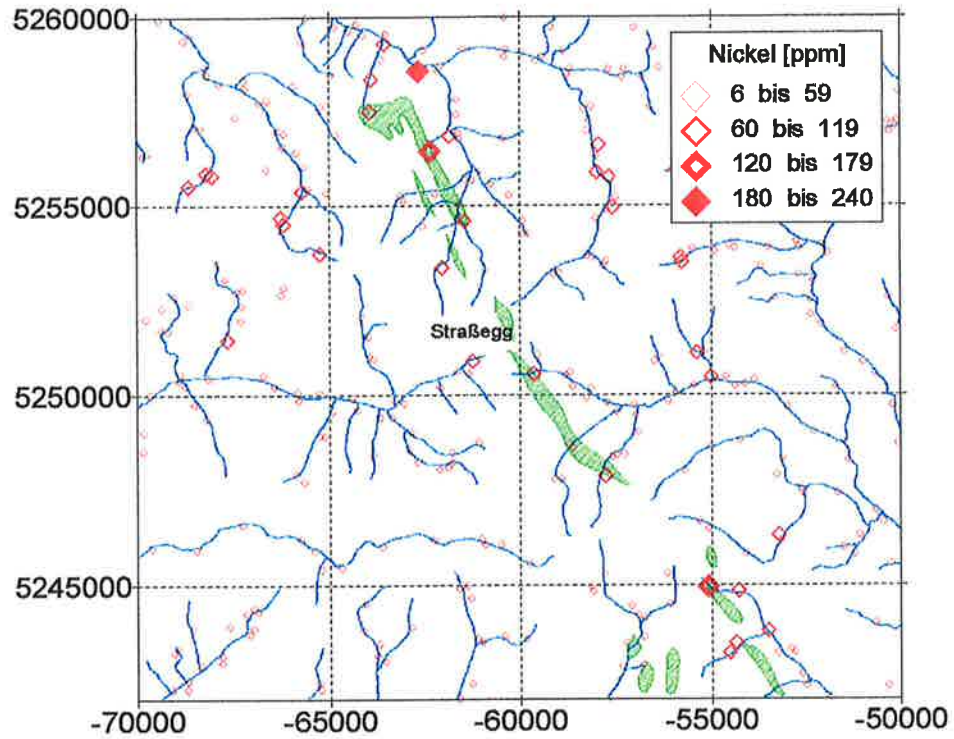


Abbildung 3-15: Stream Sediment Geochemie- Nickel

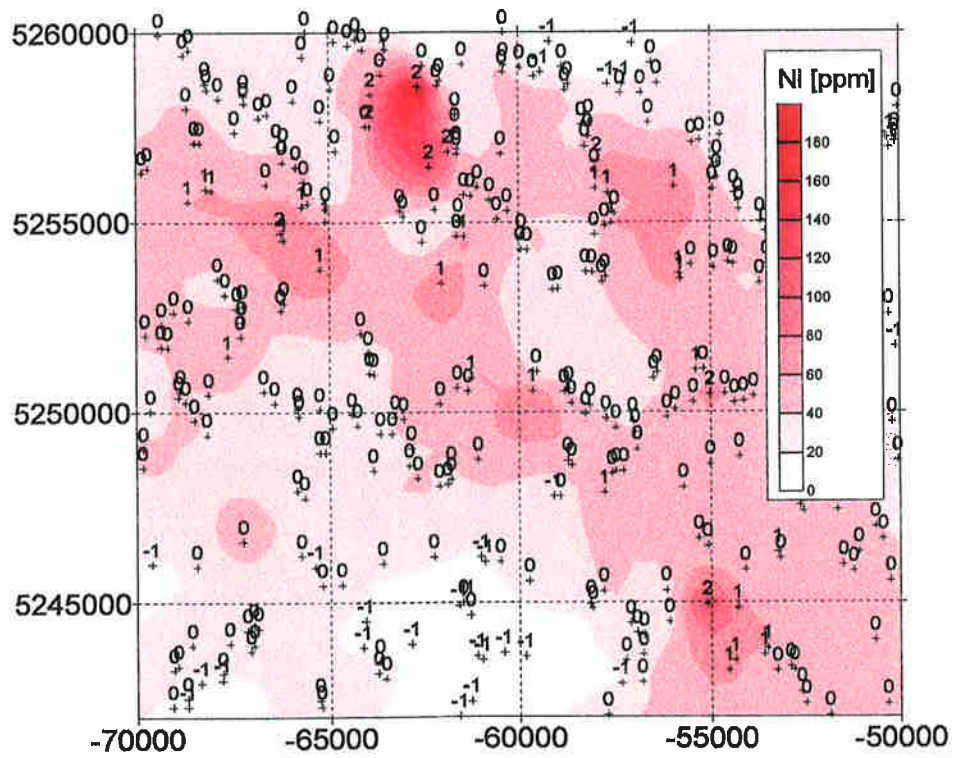


Abbildung 3-16: Anomaliekarte- Nickel

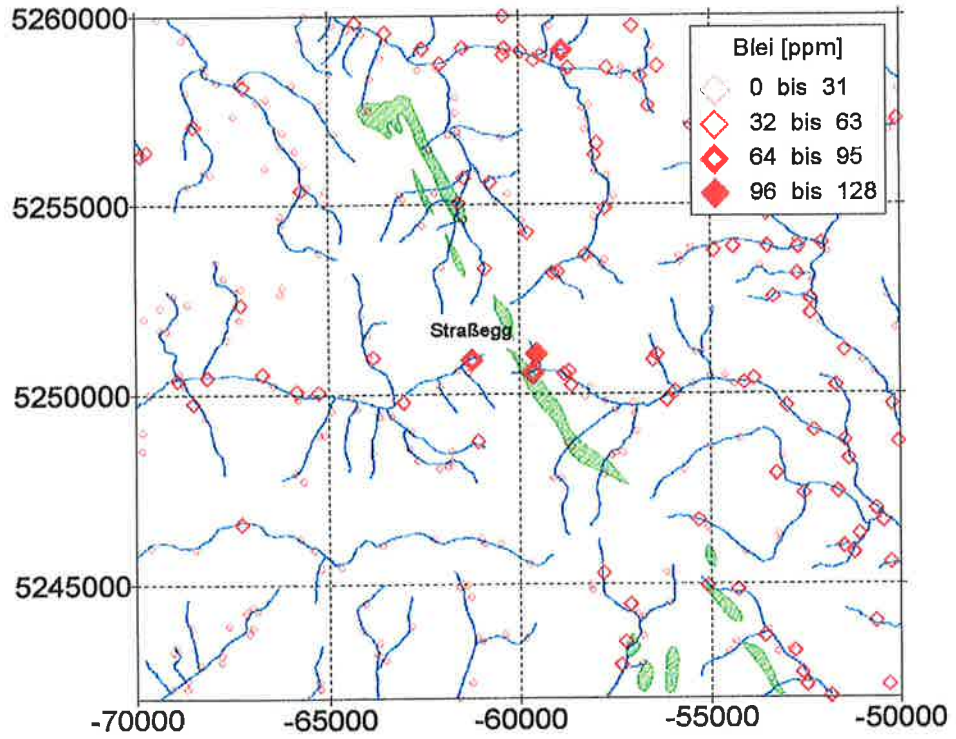


Abbildung 3-17: Stream Sediment Geochemie- Blei

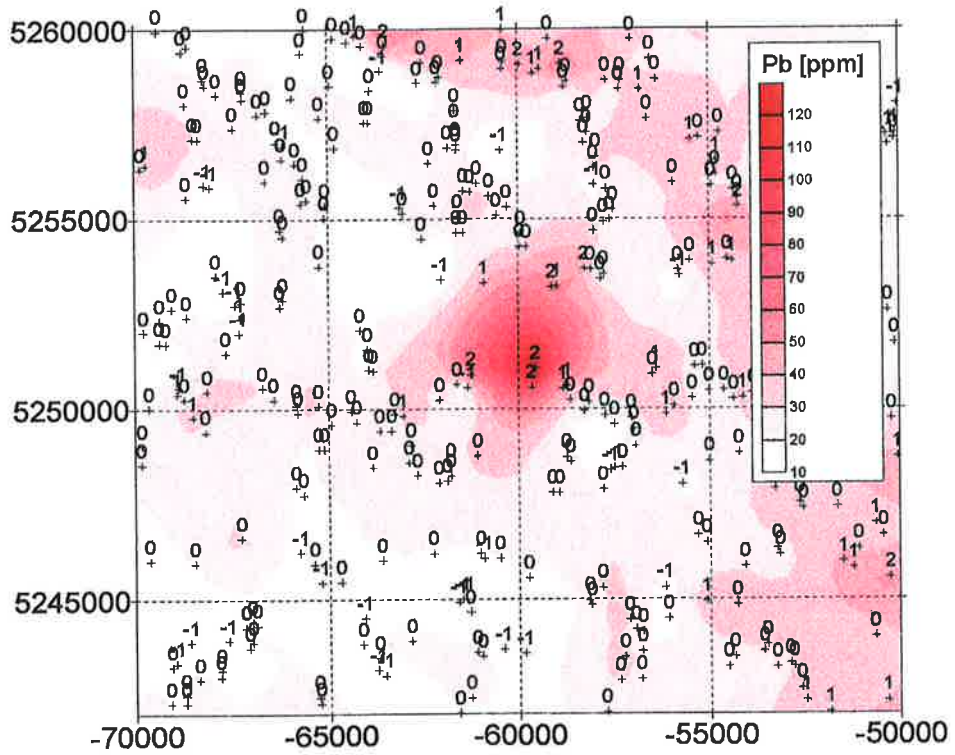


Abbildung 3-18: Anomaliekarte- Blei

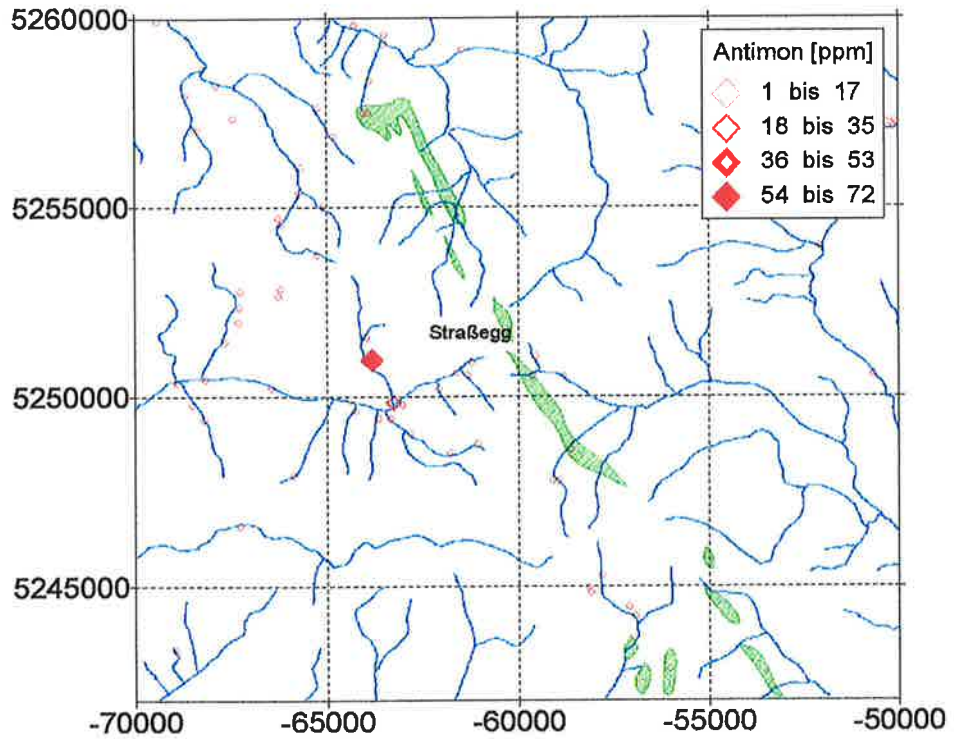


Abbildung 3-19: Stream Sediment Geochemie- Antimon

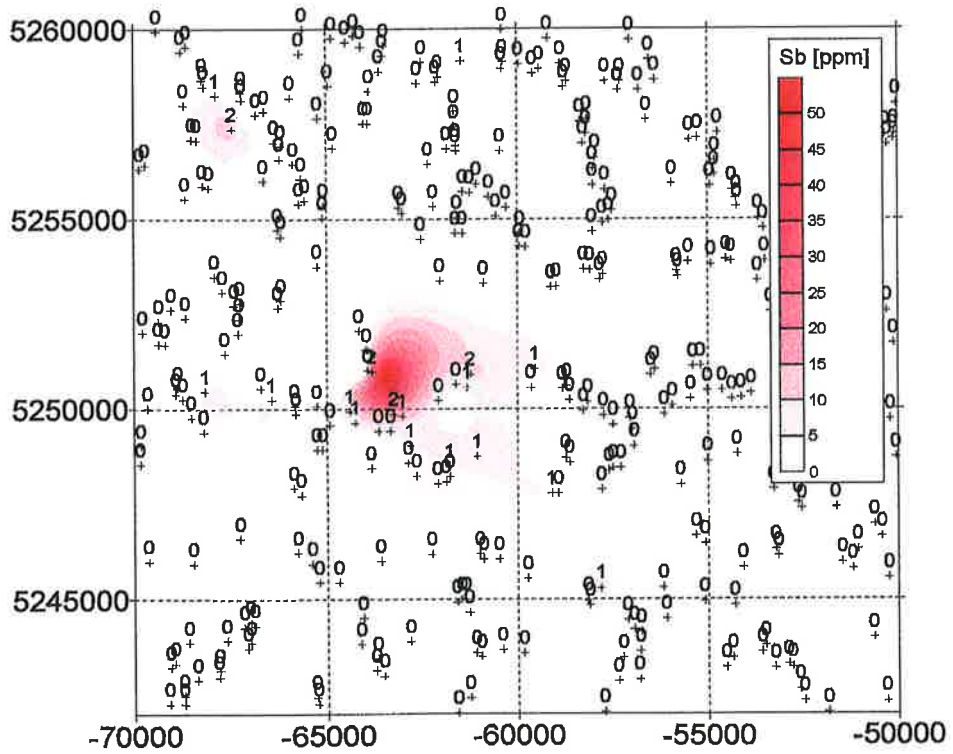


Abbildung 3-20: Anomaliekarte- Antimon

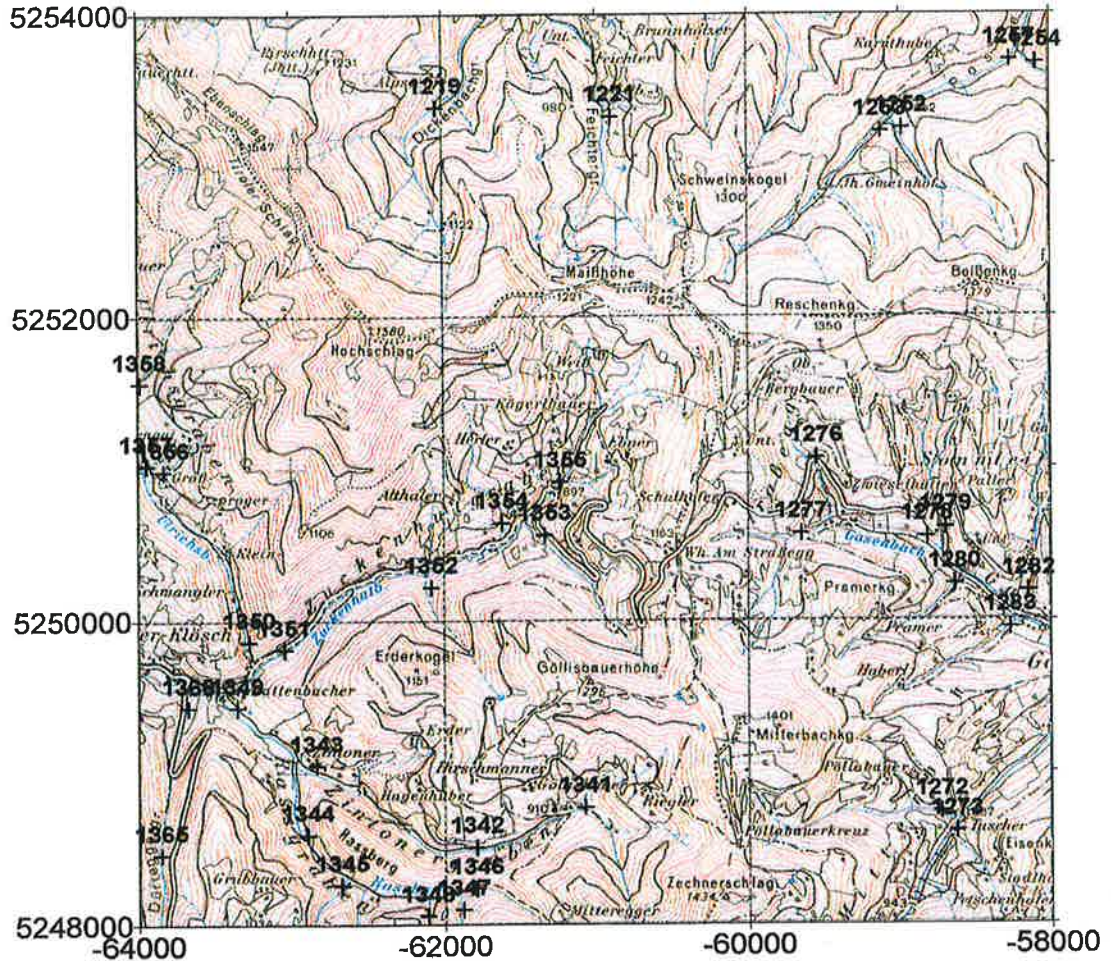


Abbildung 3-21: Probenahmepunkte Stream Sediment Geochemie im Bereich des Straßeggs (Maßstab 1:50.000)

Probe-Nr.	Ag	As	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Sb
1219			1			1	1	
1221	1			1				
1252			1				1	
1253	1						2	
1257							1	
1272				1				
1276	2	2					2	1
1277	2	2	2	2	1	1	2	
1278	1	1					1	
1279	2	1					1	
1280	1			1				
1341				2	1			
1350								2
1351	1	2					1	1
1353		1					1	1
1354		2						
1355	2	2	1	1	1	1	2	2
1356								2

Tabelle 3-7: Probenahmepunkte im Bereich des Straßeggs mit Elementkonzentrationen, die um die 1- oder 2-fache Standardabweichung über dem Mittelwert liegen.

### Interpretation:

Als Anomalien werden hier primär Punkte mit Konzentrationen  $c \geq \bar{x} + 2s$  zusammengefaßt, solche mit  $c \geq \bar{x} + s$  werden bei der Interpretation aber ebenfalls berücksichtigt (vgl. 3.3.1.). Auf mehreren Elementen und besonders deutlich basiert die Anomalie auf **den Probenahmepunkten 1276, 1277 und 1355**, aber auch die erhöhten Werte bei den Punkten 1253, 1278, 1279, 1351, 1353 und 1354 stehen in einem eindeutigen Zusammenhang mit dem Auftreten von Grünschiefern bzw. der Vererzung Straßegg.

**Arsen.** Die Arsenanomalie liegt im unmittelbaren Bereich Straßegg und wird durch 2 Punkte im E und 3 Punkte im W gebildet. Von allen im Rahmen der Stream Sedimentanalysen bestimmten Elementen liefert Arsen die deutlichste Indikation des Bereiches Straßegg und bildet aufgrund der starken primären Anreicherung (bis zu 30 Gew.-%, vgl. Tabelle 3-19) und guten Mobilität den größten Halo.

**Silber.** Der Schwerpunkt der Silberanomalie ( $c \geq \bar{x} + 2s$ ) liegt im Bereich Straßegg und wird im nach E entwässernden Gasenbach durch 3 Punkte und im W' gelegenen Zuckenhutgraben durch 1 Punkt gebildet. Ein weiterer Punkt im nördlich gelegenen Feichtegraben korreliert mit dem Auftreten von Grünschiefern.

**Blei.** Die Bleianomalie stimmt gut mit der Arsen- und Silberanomalie im Bereich des Straßeggs überein und wird durch mehrere Punkte W', E' und auch NE' indiziert. Die Silber- und Bleianomalie stimmen überein, weisen aber kleinere Halos als die überlagernde Arsenanomalie auf.

**Chrom.** Erhöhte Chromgehalte indizieren das Auftreten von Grünschiefern, im Bereich Straßegg mit einem Punkt  $c \geq \bar{x} + 2s$  im E und 1 Punkt mit  $c \geq \bar{x} + s$  im W.

**Kupfer.** Deutlich erhöhte Konzentrationen in Grünschieferarealen indizieren im Bereich Straßegg die gleichen Punkte wie Chrom. Cu weist zusätzlich ein Maximum bei einem Punkt im SW' gelegenen Zintonergraben auf.

**Mangan.** Mn indiziert den Bereich des Straßeggs nur untergeordnet durch je 1 Punkt E' und W' mit  $c \geq \bar{x} + s$  und SW mit einem Punkt  $c \geq \bar{x} + 2s$ , höhere Mn-Konzentrationen sind vermutlich auf das Auftreten von Schwarzschiefern zurückzuführen, genetisch ist auch ein primärer Mn-Halo um die Vererzung Straßegg möglich, der aber anhand der vorliegenden Daten nicht verifiziert werden kann.

**Nickel.** Ni indiziert im wesentlichen das Auftreten von Grünschiefern, die Anomalie Straßegg wird nur untergeordnet durch je 1 Punkt E' und W' mit  $c \geq \bar{x} + s$  indiziert.

**Antimon.** Das Maximum des (lückenhaften) Sb-Datensatzes steht nicht in Zusammenhang mit dem Straßegg, der unmittelbare Bereich Straßegg wird aber durch einen Punkt mit  $c \geq \bar{x} + 2s$  und zwei Punkte mit  $c \geq \bar{x} + s$  indiziert.

**Zusammenfassend** kann festgestellt werden, daß das **Arsenkies-Goldvorkommen Straßegg durch anomal hohe Konzentrationen der Elemente Arsen, Silber und Blei in den Bachsedimenten deutlich**, und untergeordnet auch durch Chrom, Kupfer, Mangan, Nickel und Antimon (lückenhafter Datensatz) **indiziert wird**. Eine **anthropogene Verstärkung der geogenen Anomalie** durch die mehrere Jahrhunderte währende Bergbautätigkeit (Halden im Einzugsbereich der Vorfluter) ist anzunehmen.

### 3.4.3 Korrelationsanalyse

Um die Korrelation der einzelnen Elementgehalte in den Bachsedimenten im unmittelbaren Bereich des Straßeggs näher zu untersuchen wurde für die 35 Proben aus dem Koordinatenausschnitt GK rechts: -64000 bis -58000 und GK hoch: 5248000 bis 5254000 die Korrelationsmatrix der Elemente Ag, As, Ba, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb und Zn berechnet und auszugsweise mit der Korrelationsmatrix von L. WEBER (1990, Seite 87) für 602 Streamsedimentproben des Grazer Paläozoikums verglichen.

	Ag	As	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
Ag	1,00											
As	0,80	1,00										
Ba	0,39	0,20	1,00									
Co	0,15	0,05	0,47	1,00								
Cr	0,18	0,23	0,16	0,77	1,00							
Cu	0,34	0,23	0,28	0,40	0,52	1,00						
Fe	0,27	0,19	0,50	0,84	0,72	0,69	1,00					
Mn	0,23	0,09	0,31	0,36	0,35	0,83	0,59	1,00				
Ni	0,12	0,21	-0,10	0,49	0,81	0,70	0,59	0,49	1,00			
Pb	0,89	0,75	0,41	0,32	0,28	0,26	0,33	0,18	0,08	1,00		
Sb	0,06	0,21	-0,13	-0,31	-0,22	0,02	-0,22	0,00	-0,07	0,05	1,00	
Zn	-0,17	-0,14	-0,08	0,31	0,37	0,18	0,36	0,07	0,47	-0,12	-0,17	1,00

Tabelle 3-8: Korrelationsmatrix - 35 Stream Sedimentdaten, Koordinatenausschnitt GK rechts: -64000 bis -58000 und GK hoch: 5248000 bis 5254000

	Ag	As	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
Ag	1,00											
As	0,14	1,00										
Ba	0,27	0,15	1,00									
Co	0,30	0,11	0,54	1,00								
Cr	0,26	0,17	0,59	0,87	1,00							
Cu	0,39	0,23	0,66	0,77	0,81	1,00						
Fe	0,33	0,17	0,63	0,96	0,89	0,83	1,00					
Mn	0,36	0,19	0,47	0,76	0,67	0,65	0,80	1,00				
Ni	0,33	0,20	0,58	0,83	0,87	0,83	0,84	0,61	1,00			
Pb	0,57	0,07	0,38	0,49	0,39	0,42	0,48	0,39	0,42	1,00		
Sb	0,16	0,57	0,07	-0,05	0,00	0,15	-0,10	0,04	0,07	0,14	1,00	
Zn	0,28	0,10	0,23	0,41	0,36	0,40	0,41	0,29	0,50	0,47	0,35	1,00

Tabelle 3-9: Korrelationsmatrix - 602 Stream Sedimentdaten Grazer Paläozoikum (Auszug aus L. WEBER 1990, Seite 87)

Im Bereich des Straßeggs korrelieren Ag, As und Pb sehr gut (Korrelationskoeffizienten  $r > 0,7$ ), während bei den Daten des gesamten Grazer Paläozoikums nur eine Korrelation zwischen Ag und Pb, nicht jedoch zwischen Ag-As und Pb-As festzustellen ist.

Während im gesamten Grazer Paläozoikum ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Zn, Pb und Ag besteht, verhält sich Zn im Bereich des Straßeggs zu Ag und Pb indifferent ( $r$ : -0,17 und -0,12).

### 3.4.4 R-Q-mode Hauptkomponentenanalyse

Um den Einfluß von Extremwerten auf die Lage der Hauptkomponentenachsen zu reduzieren, wurden die standardisierten Rohdaten (351 Proben) robustifiziert und eine simultane R-Q-mode Hauptkomponentenanalyse durchgeführt. In Tabelle 3-10 sind die R-mode loadings und in den Abbildungen 3-22 bis 3-28 die Q-mode loadings (Maßstab 1:200.000) für die Hauptfaktoren 1-7 dargestellt.

	1	2	3	4	5	6	7
Ag	-0,0208	0,0336	0,0467	-0,5363	0,0438	0,0575	0,2357
Al	-0,1311	0,3405	0,0356	0,0449	-0,146	-0,2933	-0,1049
As	-0,0203	0,0088	0,0815	-0,305	-0,1089	0,0772	0,5628
Ba	-0,1769	0,1353	-0,1552	-0,1972	-0,0518	0,2263	-0,2786
Be	-0,2276	0,1922	0,0313	-0,0805	0,0306	0,1571	-0,2068
Ca	0,1735	-0,3132	0,1888	-0,0577	0,0139	-0,0582	-0,1635
Ce	-0,0866	-0,0806	0,4853	0,0172	-0,2073	-0,011	-0,0055
Co	-0,2684	-0,0103	0,0865	0,201	0,1269	0,0404	0,1078
Cr	-0,2434	-0,0674	0,0641	0,0192	0,0778	-0,0776	0,1509
Cu	-0,2286	-0,0482	0,1086	-0,1983	-0,1252	-0,1091	0,1123
Fe	-0,2909	-0,0327	0,0367	0,0829	0,0266	0,0154	0,0097
Ga	-0,2614	0,1506	-0,0975	0,0656	0,0347	0,0748	0,0638
K	0,1002	0,3651	0,2444	0,034	0,1803	-0,0708	-0,0472
La	-0,157	-0,0087	0,3952	0,0185	-0,2833	-0,0022	-0,0076
Mg	-0,0237	-0,3197	0,0989	-0,0539	0,4488	-0,2952	-0,1288
Mn	-0,2496	-0,0843	-0,0844	-0,0904	0,0062	-0,0545	-0,0105
Mo	-0,0305	-0,1691	-0,0539	-0,4166	-0,0938	-0,183	-0,1097
Na	-0,2247	-0,0026	-0,3198	-0,0209	-0,0261	0,0765	-0,0811
Nb	0,0703	-0,0607	0,2823	0,0047	0,227	0,5319	-0,1083
Ni	-0,2375	-0,0911	0,1976	0,0024	0,0605	-0,1127	0,1739
P	-0,2305	-0,1003	0,2412	0,0987	-0,0216	0,0665	-0,0158
Pb	-0,0901	0,2453	-0,0012	-0,2958	0,2731	0,192	0,0931
Rb	0,1232	0,2677	0,302	-0,0661	0,1185	0,0571	-0,177
Sc	-0,2666	-0,079	-0,1153	0,0541	-0,057	-0,001	-0,0427
Sn	-0,1202	0,2377	-0,0101	-0,1841	0,1598	0,0177	-0,1702
Sr	-0,1821	-0,165	-0,0004	-0,0021	-0,2731	0,066	-0,1943
Ti	-0,2184	0,0671	0,0532	0,2904	0,2281	0,1168	0,1439
V	-0,2012	-0,1443	-0,0636	-0,0678	-0,0981	0,1644	-0,2677
Y	-0,0218	0,2973	0,1373	-0,0979	-0,1662	-0,3759	-0,2364
Zn	-0,1499	-0,1585	0,0325	-0,1371	0,4582	-0,2716	-0,1569
Zr	-0,0904	0,1956	-0,115	0,1863	0,0885	-0,2548	0,2391

Tabelle 3-10: R - mode loadings der Hauptkomponentenanalyse von 351 robustifizierten Stream Sedimentdaten

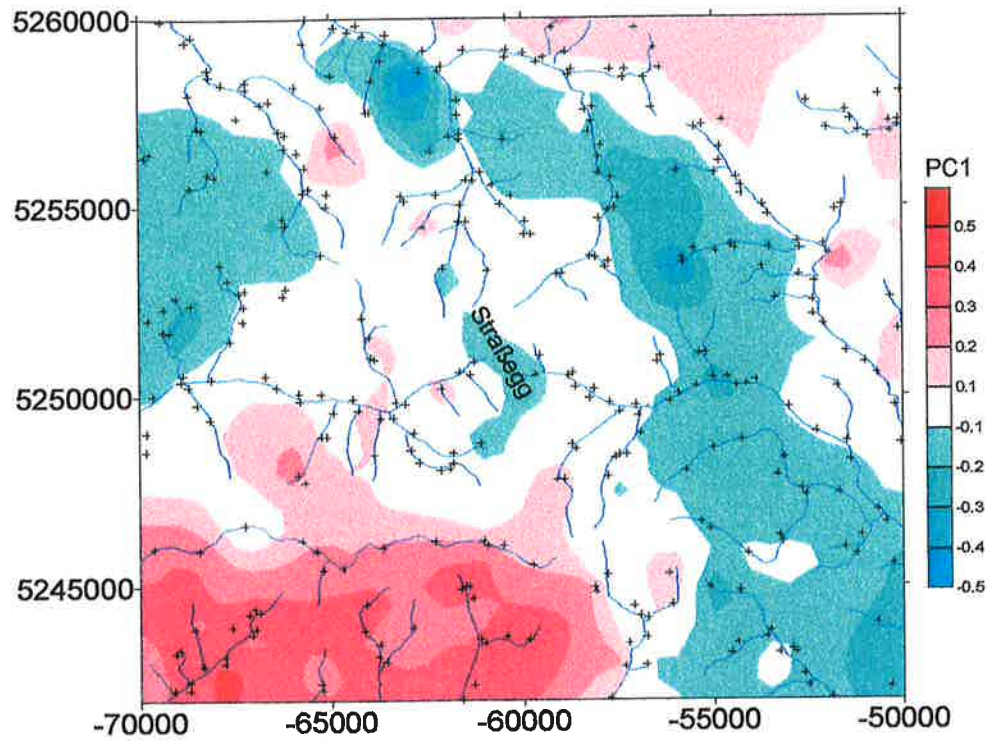


Abbildung 3-22: Isanomaldarstellung Hauptkomponente 1 (Q-mode loadings)

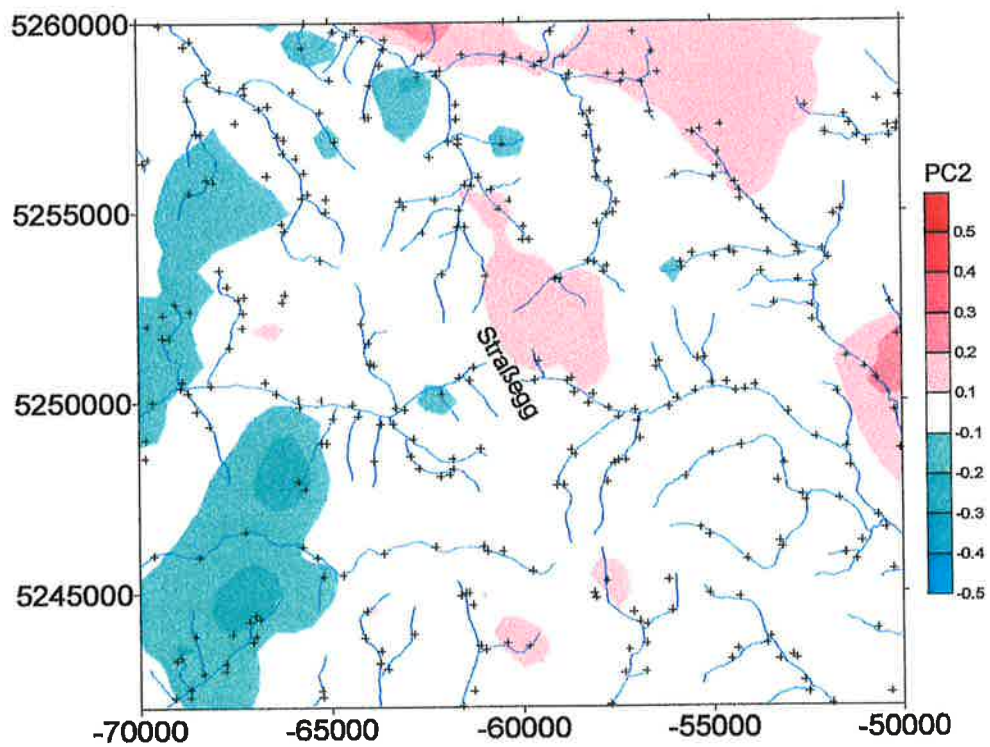


Abbildung 3-23: Isanomaldarstellung Hauptkomponente 2 (Q-mode-loadings)

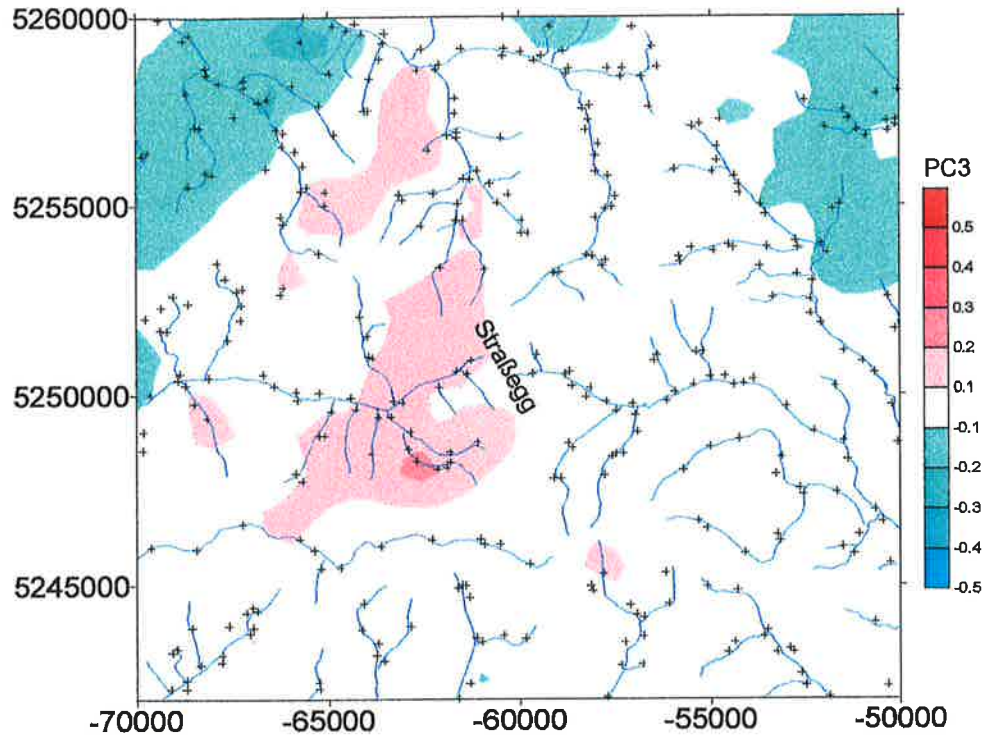


Abbildung 3-24: Isanomaldarstellung Hauptkomponente 3 (Q-mode-loadings)

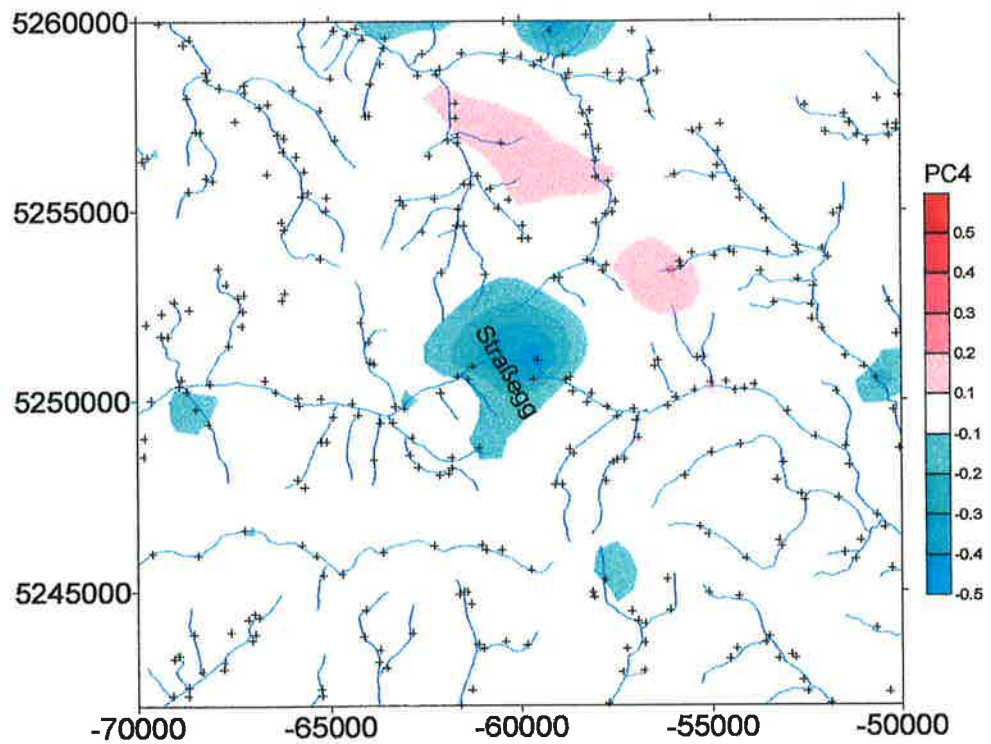


Abbildung 3-25: Isanomaldarstellung Hauptkomponente 4 (Q-mode-loadings)

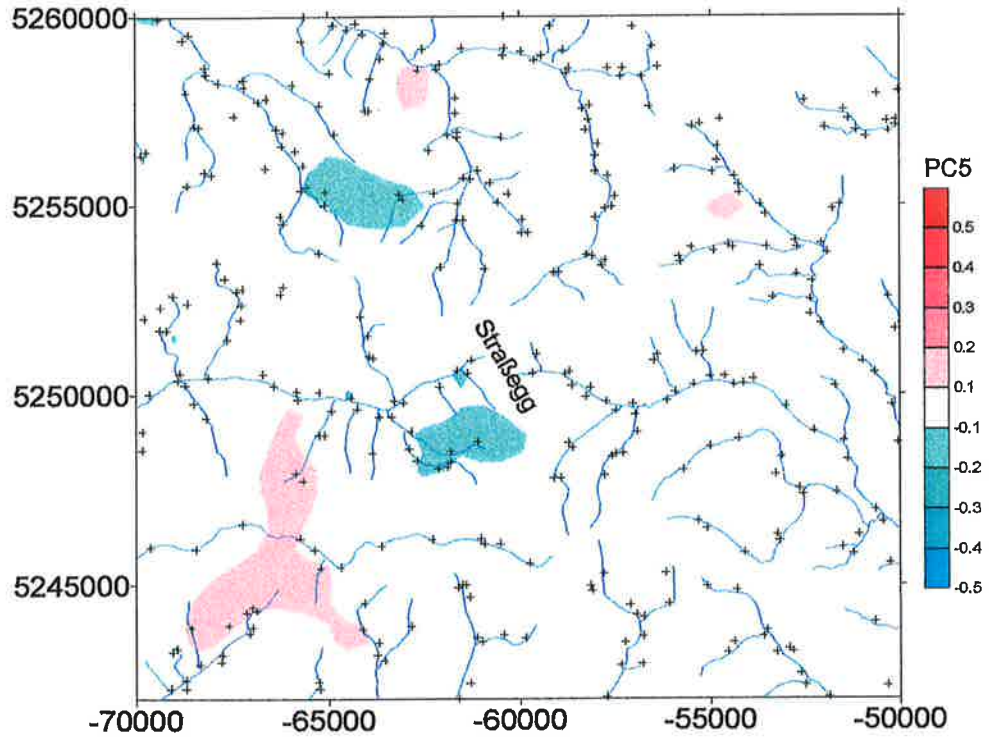


Abbildung 3-26: Isanormaldarstellung Hauptkomponente 5 (Q-mode-loadings)

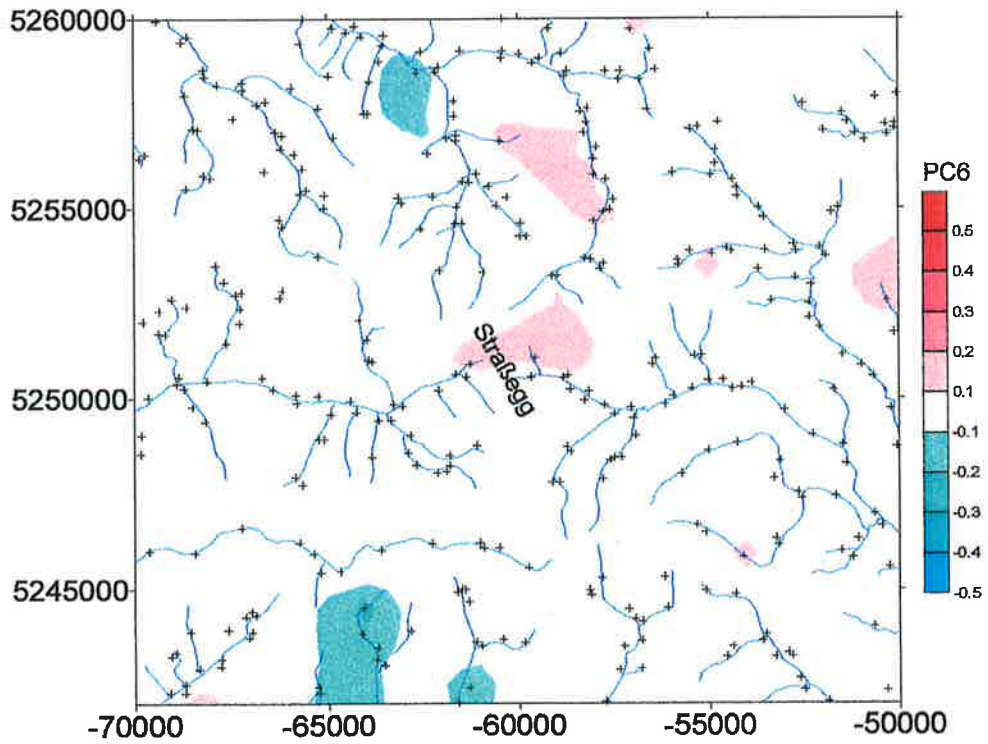


Abbildung 3-27: Isanormaldarstellung Hauptkomponente 6 (Q-mode-loadings)

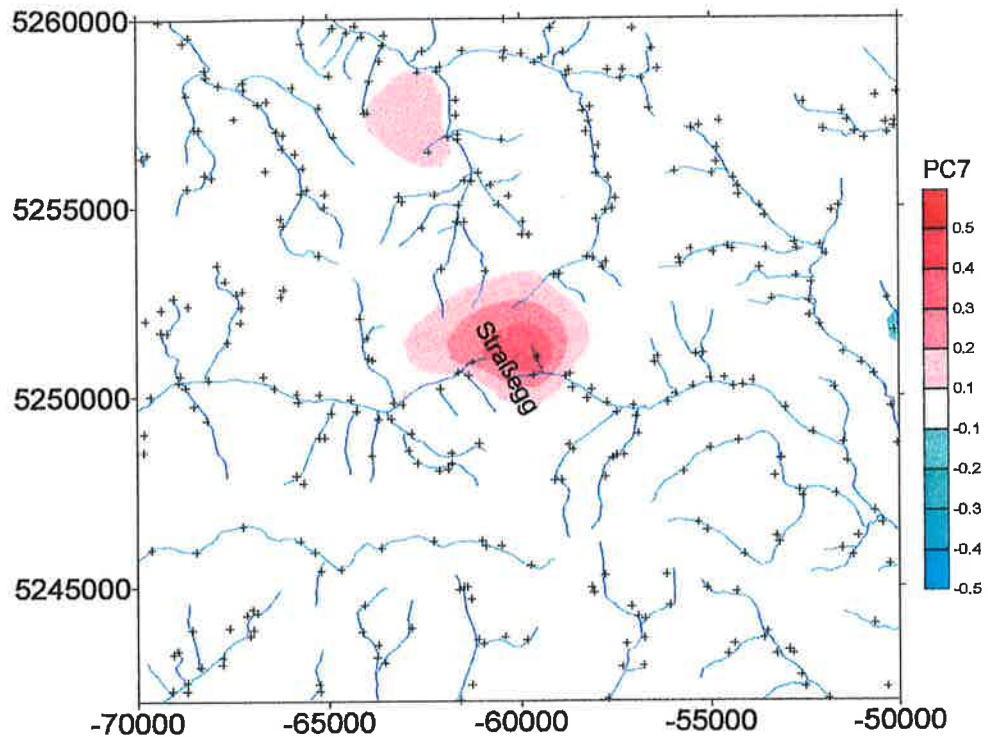


Abbildung 3-28: Isanomaldarstellung Hauptkomponente 7 (Q-mode-loadings)

**Hauptkomponente 1** mit positiven R-mode loadings der Elemente Ca, K und Rb sowie negativen bei Ba, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni und Zn reflektiert die Verteilung unterschiedlicher Gesteinsareale, die karbonatdominierten Areale im SW des Untersuchungsgebietes werden positiv, die Grünschiefer im Bereich des Straßeggs und des Feichtegrabens, sowie das Angerkristallin negativ indiziert.

**Hauptkomponente 2** mit positiven R-mode loadings der Elemente Al, Ba, Pb, Rb, Y, Zr und negativen bei Ca, Mg indiziert den kristallinen Rahmen im NE (Grobgneis) und die basalen glimmerreichen Serien im Bereich des Straßeggs positiv, die Karbonate im SW des Untersuchungsgebietes negativ.

**Hauptkomponente 3** mit positiven R-mode loadings der Elemente Ca, K, La, Ni, P, und Rb sowie negativen bei Ba und Na indiziert die karbonatischen Gesteine im Bereich des Einzugsgebietes des Zuckenhutgrabens und W' des Feichtegrabens positiv, die kristallinen Gesteine NE' und NW' des Grazer Paläozoikum negativ.

**Hauptkomponente 4** mit negativen R-mode loadings der Elemente Ag, As, Ba, Cu, Mo und Pb indiziert den Bereich des Straßeggs deutlich durch negative Q-mode-loadings .

**Hauptkomponente 5** mit positiven R-mode loadings der Elemente Mg, Pb, Rb, Ti, und Zn sowie negativen bei As und Cu, indiziert dolomitische Gesteine im SW des Untersuchungsgebietes positiv und Bereiche S' und NW' des Straßeggs leicht negativ.

**Hauptkomponente 6** mit positiven R-mode loadings der Elemente Ba, Nb und Pb, indiziert den Bereich des Straßeggs leicht positiv.

**Hauptkomponente 7** mit positiven R-mode loadings der Elemente Ag, As, Co, Cr, Cu und Ni, indiziert den Bereich des Straßeggs deutlich durch positive Q-mode-loadings.

### 3.5 Bodengeochemie

#### 3.5.1 Probenahme, Probenvorbereitung

Die Bodenbeprobung erfolgte mit einem Probenabstand von 50 m entlang von 4 Profilen (A, B, C, D), die transversal über die Grünschieferzone gelegt wurden. Die Bodenprobennahmeprofile sind in der geologischen Basiskarte (Beilage 1) eingezeichnet. Im unmittelbaren Bereich des Zuckenhutgrabens (zwischen den Profilen A und B) war eine repräsentative Bodenbeprobung aufgrund der Pingen, Halden und Hangrutschungen nicht möglich. Generell ist festzuhalten, daß durch die Hangneigung und anthropogene Einflüsse (ehem. bergmännische Tätigkeit, landwirtschaftliche Nutzung, Straßenbau) Transport- und Umlagerungsmechanismen gegeben waren, die bei der Interpretation der bodengeochemischen Daten berücksichtigt werden müssen. Die Probenentnahme wurde mit einer Edelstahlschlagsonde von der Oberfläche bis 80-100 cm Tiefe durchgeführt, das Material vom A-Horizont wurde verworfen, **die Bodenproben repräsentieren den B-Horizont und können generell als sandig-lehmig mit kantigem Grobanteil [Korngrößen im cm-Bereich] beschrieben werden.**

Die Proben wurden bei Raumtemperatur getrocknet, die Korngrößenfraktion <180 µm [mesh -80] wurde abgesiebt und mit Achatmøhlen analysenfein gemahlen.

#### 3.5.2 Analysemethoden

##### 3.5.2.1 Leaching und DCP-AES

500 mg des analysenfeinen Probenmaterials wurden bei 95 °C mit 5 ml 62%iger Salpetersäure eine Stunde lang geleacht, mit deionisiertem Wasser auf 10 ml aufgefüllt und abdekantiert. Die Analyseergebnisse werden als Mittelwerte (n=3) der geleachten Elementkonzentration bezogen auf 500 mg Einwaage angegeben. Die Analysen wurden mit der DCP-AES des Institutes für Geochemie der Universität Wien durchgeführt, die Analysenreihenfolge entsprach der Probenbezeichnung, jede Probe wurde 3 mal gemessen, um Memoryeffekte zu vermeiden wurde zwischen den einzelnen Proben mit deionisiertem Wasser gespült. Bestimmt wurden die Elemente **Blei, Zink, Kupfer, Arsen und Antimon** (Tabelle 3-11), für die Standardisierung wurden flüssige Standards der Fa. MERCK® eingesetzt. Zur Qualitätskontrolle wurden zwischen den Proben der einzelnen Profile (A, B, C, D) die Standards und eine Testprobe (mit 0.1 HIGH-Standardkonzentration) je 3 mal überprüft. Als externes Referenzmaterial wurde parallel zu den Proben ein Leach des Standardmaterials **Sco-1 Analysed Cody Shale** des USGS hergestellt und analysiert.

Element	Spektrallinie [nm]	Nachweisgrenze [ppm]	Standards [ppm]		
			Sco-1	LO	HI
As	193,7	20	15	30	1500
Sb	206,8	20	2,5	20	1000
Cu	324,7	1	2,8	5	250
Pb	405,8	2	28	10	500
Zn	202,5	2	105	5	250

Tabelle 3-11: Analysenparameter DCP-AES

### 3.5.2.2 Neutronenaktivierungsanalyse (INAA)

Für die INAA wurden 150 mg des getrockneten analysenfeinen Probenmaterials in Kunststoffröhrchen eingeschweißt und gemeinsam mit den Referenzstandards in 2 Batches im Forschungsreaktor der Universität bestrahlt. Die Messungen erfolgten auf 2 Mehrkanaldetektoren (MCA 1 mit 8k Spektrum und MCA 2 mit 4k Spektrum) am Institut für Geochemie der Universität Wien in je drei Durchgängen:

	Meßbeginn nach Bestrahlungsende	Integrationszeit
L1	4 Tage	30 min
L2	10 Tage	4 h
L3	35 Tage	12 h

Die Meßanordnung und das Meßverfahren wurden von C. KOEBERL (1993) detailliert beschrieben, in Tabelle 3-12 sind die bei der Auswertung verwendeten Indikator nuklide mit Gammaspektralenergien und Halbwertszeiten angegeben, in Tabelle 3-13 sind die Elementgehalte der verwendeten Standards S, G2 und Allende angeführt.

Element	Nuklid	$\gamma$ -Energie [keV]	$t_{1/2}$	Nachweisgrenze	Meßdurchgang
As	<sup>76</sup> As	559,1	26,4h	1 ppm	L1
Ag	<sup>110</sup> Ag	763,9	249,9 d	0,3 ppm	L3
Au	<sup>198</sup> Au	411,8	2,7 d	5 ppb	L1
Ba	<sup>131</sup> Ba	496,3	12,0 d	100 ppm	L1, L2
Co	<sup>60</sup> Co	1173,2 / 1332,5	5,3 y	0,2 ppm	L2, L3
Cr	<sup>51</sup> Cr	320,1	27,8 d	0,5 ppm	L2, L3
Fe	<sup>59</sup> Fe	1099,3 / 1291,5	45,6 d	50 ppm	L2, L3
K	<sup>42</sup> K	1524,7	12,4 h	0,01 %	L1
Na	<sup>24</sup> Na	1368,6	15,0 h	10 ppm	L1
Ni	<sup>58</sup> Co	810,8	71,0 d	50 ppm	L3
Sb	<sup>122</sup> Sb	564,0	57,2 h	0,1 ppm	L1
Se	<sup>75</sup> Se	279,53	120 d	1,5 ppm	L3
Th	<sup>233</sup> Pa	311,9	27,0 d	0,1 ppm	L2, L3
U	<sup>239</sup> Np	277,6	2,3 d	0,5 ppm	L1, L2
Zn	<sup>65</sup> Zn	1115,4	244,1 d	1 ppm	L2, L3

Tabelle 3-12: INAA: Indikator nuklid, Gammaspektrallinie, Halbwertszeit, Nachweisgrenze, ausgewerteter Meßdurchgang. Nachweisgrenzen aus C. KOEBERL (1996); die Nachweisgrenzen sind bei den einzelnen Proben unterschiedlich und abhängig von Gesamtaktivität, Beginn und Dauer der Integrationszeit, Background und Interferenzen.

Element	S	G2	Allende
As	7,04	0,25	
Ag	14,0		
Au			0,150
Ba	500,3		
Co		5	600
Cr	106,8	9	3630
Fe			236000
K	639,5	3,72	330
Na	1500		3400
Ni			14200
Sb			800
Se			10
Th		24,7	
U		2,07	
Zn	149		110
Referenz	C. KOEBERL, 1993	K. GOVINDARAJU, 1984	E. JAROSEWICH, R.S. CLARKE AND J.N. BARROWS, 1987

Tabelle 3-13: Standardkonzentrationen der Standards S, G2 und Allende [ppm]

### 3.5.3 Analysenergebnisse Bodengeochemie

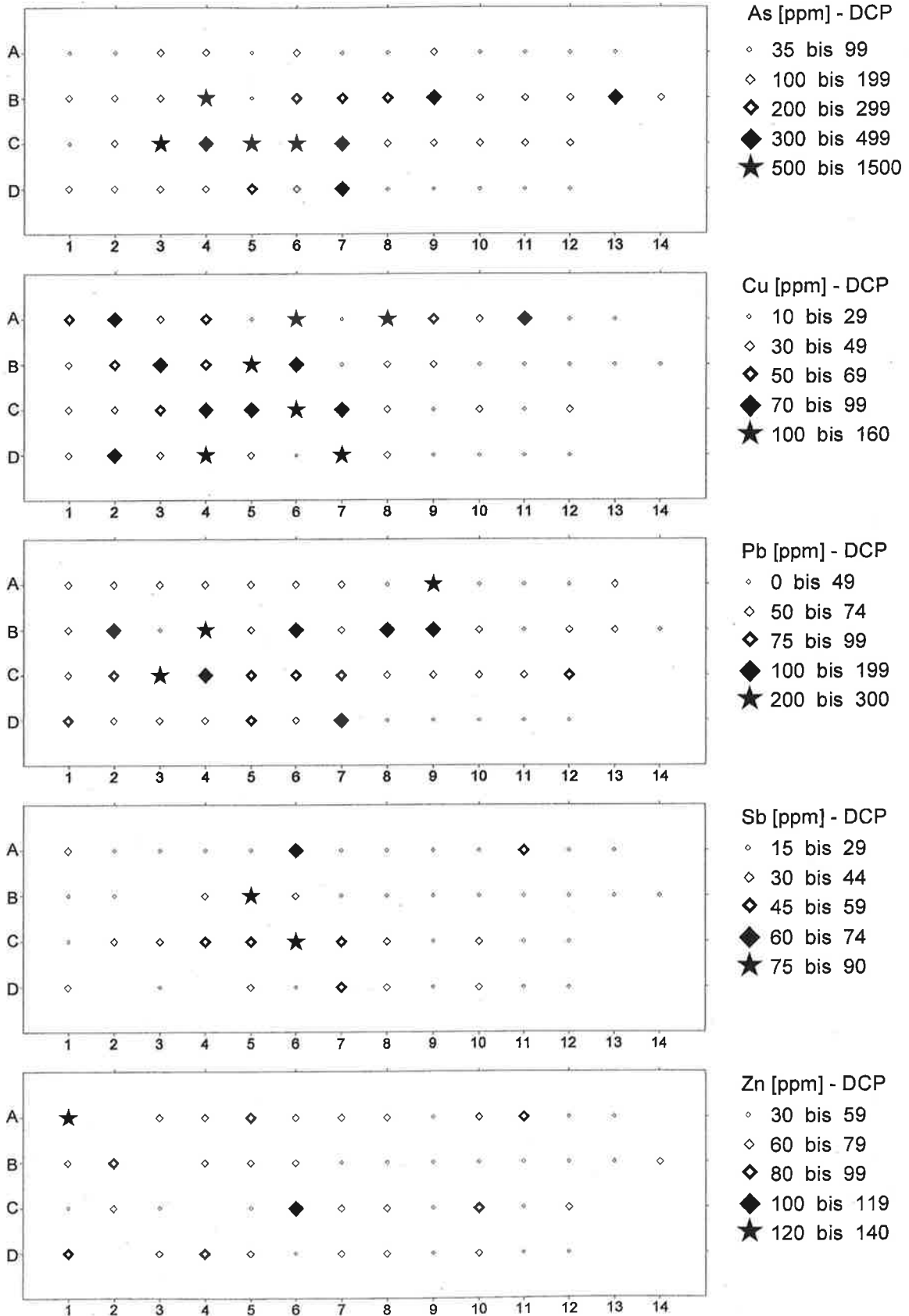
	DCP- AES					INAA																
	As	Sb	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Ag	Au	Ba	Na	K	Co	Ni	Cr	Zn	Zr	Fe	U	Th	Se	
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	
A1	52	38	58	56	135	26	6	<0,3	9,5	511	0,95	2,44	26	94	123	143	145	6,04	4,2	36	3,6	
A2	48	23	83	60	100	39	8	<0,3	14,1	817	0,57	3,71	35	154	107	147	213	6,37	6,0	17	3,4	
A3	161	20	32	65	75	202	12	<0,3	8,5	568	0,72	3,06	16	77	106	131	215	5,13	3,8	19	4,1	
A4	177	22	62	58	62	228	22	<0,3	34,7	529	0,86	2,15	19	64	108	82	141	5,01	5,8	23	3,5	
A5	63	25	23	61	89	42	3	<0,3	2,1	760	0,79	2,69	19	50	133	123	263	5,35	3,4	18	4,2	
A6	111	64	109	54	75	81	4	0,3	9,0	196	0,31	1,17	53	303	587	160	319	10,22	1,7	7	4,6	
A7	78	22	25	62	73	86	6	<0,3	5,1	520	1,11	2,60	13	<50	140	151	253	6,17	2,9	20	3,6	
A8	37	20	116	36	69	16	2	<0,3	4,2	667	0,42	3,71	24	105	114	159	168	6,13	2,7	28	3,9	
A9	155	25	63	298	57	220	83	0,5	58,1	713	1,04	4,42	19	93	108	88	301	6,21	3,8	23	4,8	
A10	49	<20	33	47	70	65	11	2,4	7,0	567	0,95	2,99	17	<50	127	135	240	6,01	4,4	18	4,8	
A11	88	52	70	49	92	56	5	<0,3	n.n.	319	1,57	1,10	36	262	497	147	251	5,86	1,5	8	4,4	
A12	64	21	23	41	47	85	4	<0,3	n.n.	596	1,85	2,02	22	165	255	110	279	6,53	2,7	10	3,8	
A13	83	<20	24	53	49	78	4	2,6	1,0	526	2,08	2,09	13	<50	146	81	394	5,10	3,0	11	3,8	
B1	101	21	36	53	67	195	20	<0,3	32,9	633	1,04	3,21	18	84	137	142	262	5,95	3,2	22	3,4	
B2	197	23	54	126	92	321	59	<0,3	21,6	579	0,87	3,05	17	82	118	168	163	6,27	3,5	21	3,6	
B3	155	29	81	47	59	213	6	<0,3	4,2	236	3,85	0,31	38	56	161	123	328	8,28	3,8	8	4,8	
B4	553	43	54	228	76	873	34	1,3	87,2	539	1,42	1,33	43	262	576	138	286	8,84	2,5	8	4,5	
B5	93	77	154	64	75	8	9	1,3	2,5	378	4,01	0,77	49	104	38	116	287	7,34	3,9	3	3,0	
B6	264	43	82	152	70	369	14	1,5	27,5	194	2,46	0,75	36	142	242	117	159	6,54	1,9	5	2,6	
B7	231	<20	20	62	38	364	8	<0,3	18,5	930	1,85	2,25	17	<50	205	103	299	5,58	2,6	11	3,8	
B8	215	21	40	108	59	300	12	0,5	20,6	625	2,03	1,95	23	114	238	111	271	6,18	2,3	11	3,4	
B9	295	26	41	124	52	527	19	<0,3	29,0	560	2,00	1,78	28	<50	301	123	211	6,81	1,8	10	3,8	
B10	138	25	25	54	58	164	6	<0,3	14,7	537	1,77	2,00	22	133	306	93	251	5,53	2,5	10	3,2	
B11	101	<20	18	38	41	170	10	<0,3	25,1	590	1,63	2,18	22	155	227	131	260	5,89	4,0	13	3,4	
B12	153	<20	23	51	51	181	11	<0,3	20,1	496	1,68	1,78	19	76	214	116	216	5,67	3,3	11	2,9	
B13	332	<20	25	53	57	374	22	<0,3	31,2	394	1,78	1,85	18	86	190	131	233	5,36	7,6	11	3,2	
B14	168	20	20	49	66	204	18	<0,3	8,8	718	1,82	2,29	16	91	165	199	210	5,79	3,7	12	3,5	
C1	85	25	40	54	57	112	14	<0,3	8,2	584	0,71	2,65	18	53	132	167	261	5,81	3,7	19	3,3	
C2	147	35	47	79	72	185	19	0,5	8,8	642	0,83	2,99	19	66	149	163	208	5,87	5,4	20	4,4	
C3	784	38	59	271	58	1149	70	1,3	91,7	532	1,23	1,16	36	260	599	159	229	8,13	2,2	9	3,8	
C4	449	58	86	148	80	769	36	<0,3	51,8	241	1,28	0,49	62	462	983	204	292	10,68	1,8	5	3,8	
C5	1447	49	70	94	55	2126	103	<0,3	86,8	321	0,98	0,80	60	464	1039	173	327	10,83	9,6	6	4,6	
C6	948	79	102	91	110	1017	40	<0,3	9,4	180	1,58	0,51	53	283	759	152	236	9,81	2,0	3	4,1	
C7	333	54	78	80	63	471	27	<0,3	26,9	291	1,08	0,49	54	485	1033	170	299	9,91	1,7	6	3,9	
C8	169	32	34	66	68	159	6	<0,3	20,2	706	2,18	1,99	13	89	125	89	296	4,11	3,4	13	1,2	
C9	135	27	24	58	51	144	8	<0,3	14,7	517	1,78	1,88	16	65	177	129	336	4,83	2,3	11	2,3	
C10	140	37	32	60	91	96	6	0,8	9,9	542	2,06	2,24	18	53	166	141	239	5,28	3,4	10	2,4	
C11	130	25	22	71	57	106	12	<0,3	6,6	533	1,64	2,31	16	75	175	129	50	4,97	4,0	9	2,6	
C12	104	24	35	86	70	76	6	<0,3	23,9	740	1,70	2,85	17	56	143	139	330	5,12	3,6	15	1,8	
D1	182	37	49	89	98	158	11	0,5	n.n.	479	1,19	2,29	19	<50	112	139	240	6,22	3,0	19	2,6	
D2	122	45	72	52	119	82	6	<0,3	4,4	354	0,97	2,22	26	100	127	178	229	6,58	4,2	24	3,2	
D3	170	28	35	53	67	176	8	<0,3	20,3	475	1,17	1,76	18	103	212	133	250	6,05	2,4	13	2,1	
D4	186	59	100	69	87	123	5	<0,3	13,0	297	1,97	1,09	31	95	135	162	217	7,82	1,8	7	3,1	
D5	242	34	41	81	63	265	15	0,5	88,4	472	1,17	2,29	24	115	273	141	297	6,94	2,7	11	3,0	
D6	127	26	27	64	51	101	5	<0,3	9,5	381	0,90	2,39	15	102	199	107	417	6,06	3,3	7	3,8	
D7	306	56	100	109	78	265	12	<0,3	28,5	397	1,71	0,93	47	165	487	158	229	6,31	3,1	10	2,6	
D8	81	39	34	44	78	15	1	<0,3	n.n.	732	2,10	3,03	18	74	126	100	286	5,06	3,7	15	3,7	
D9	55	25	17	43	50	14	1	<0,3	n.n.	788	1,82	3,42	16	<50	104	94	257	5,32	2,5	13	1,9	
D10	84	30	19	44	70	36	2	<0,3	2,9	665	1,98	2,50	16	<50	145	96	287	5,06	3,1	11	2,1	
D11	56	23	14	32	42	17	2	0,5	n.n.	586	1,73	2,13	16	90	173	113	275	4,87	3,5	10	2,4	
D12	64	27	17	37	51	25	3	<0,3	4,1	532	1,61	1,74	14	95	118	105	258	4,90	2,9	9	1,8	

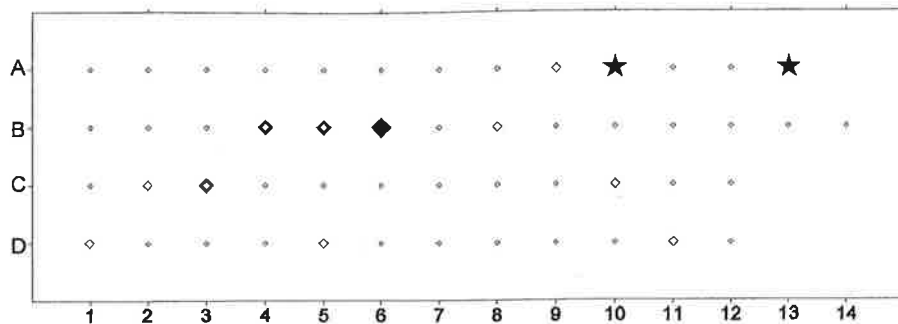
Tabelle 3-14: Analysenergebnisse Bodengeochemie

**Anmerkung zu den Analysenergebnissen.** Die Silberwerte liegen größtenteils unter der Nachweisgrenze (Einfluß auf Korrelationsanalyse), die mit DCP bestimmten Antimonwerte an der unteren Nachweisgrenze (bei der Interpretation werden nur INAA Werte berücksichtigt).

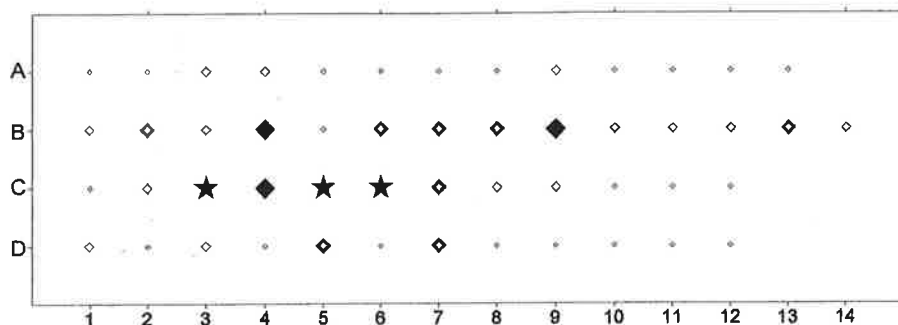
### 3.5.4 Analysenergebnisse Bodengeochemie - grafische Darstellung

Die tatsächliche Lage der transversalen Profile und der Probenahmepunkte (Beilage 1) wurde für eine übersichtliche grafische Darstellung der Untersuchungsergebnisse abstrahiert, in den folgenden Diagrammen werden alle Punkte/Profile parallel und äquidistant dargestellt.

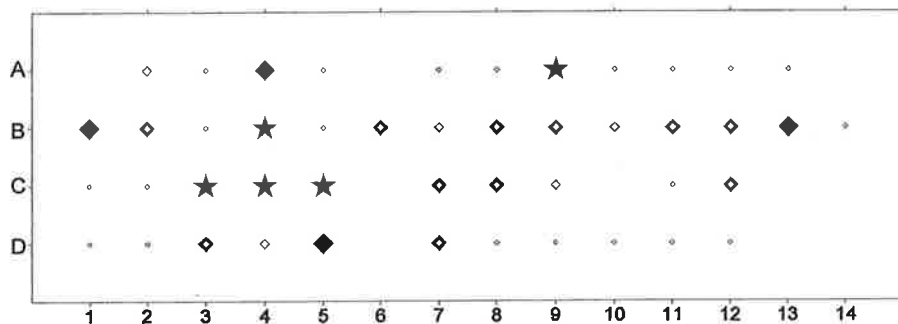




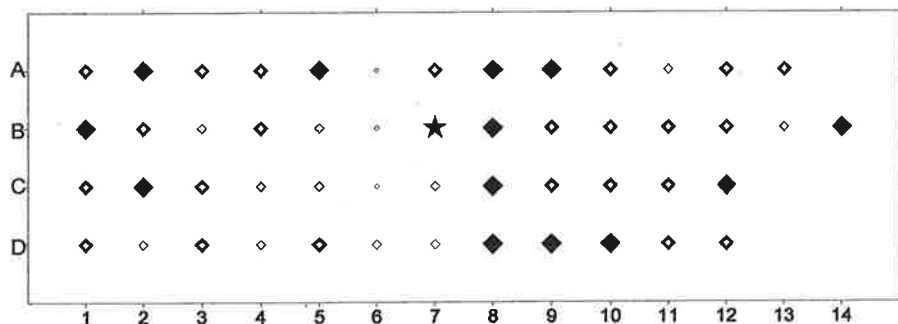
- ◊ 0.00 bis 0.49
- ◊ 0.50 bis 0.99
- ◊ 1.00 bis 1.49
- ◊ 1.50 bis 1.99
- ★ 2.00 bis 3.00



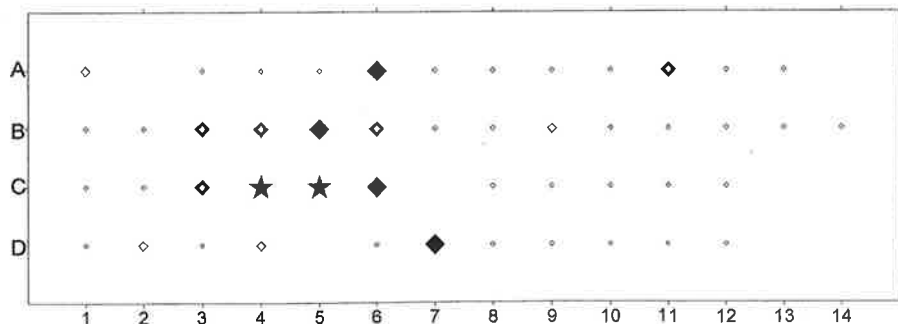
- ◊ 0 bis 124
- ◊ 125 bis 249
- ◊ 250 bis 499
- ◊ 500 bis 999
- ★ 1000 bis 2500



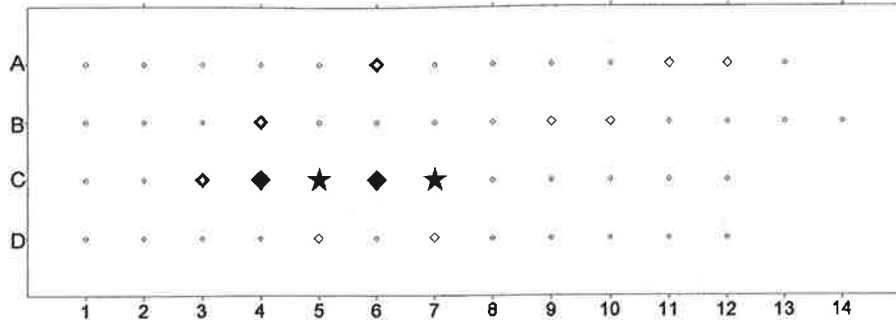
- ◊ 0 bis 9
- ◊ 10 bis 19
- ◊ 20 bis 29
- ◊ 30 bis 49
- ★ 50 bis 100



- ◊ 0 bis 199
- ◊ 200 bis 399
- ◊ 400 bis 599
- ◊ 600 bis 799
- ★ 800 bis 1000

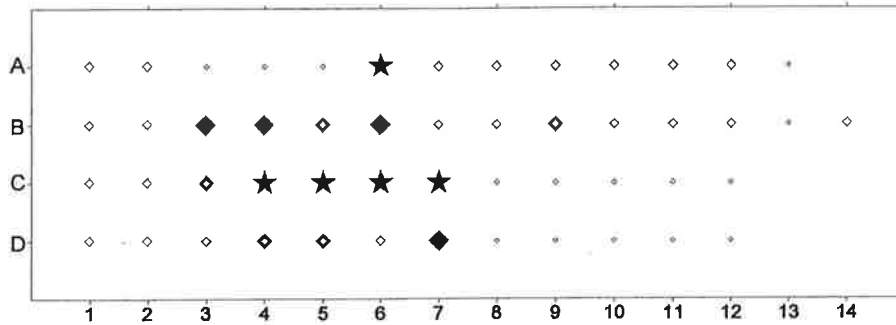


- ◊ 10 bis 24
- ◊ 25 bis 34
- ◊ 35 bis 44
- ◊ 45 bis 54
- ★ 55 bis 65



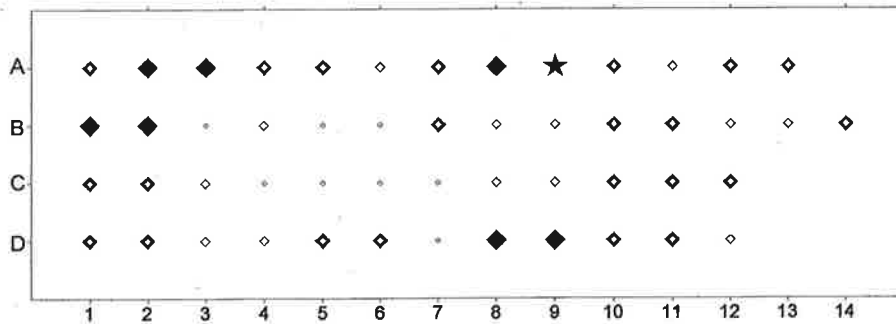
Cr [ppm] - INAA

- ◊ 0 bis 249
- ◊◊ 250 bis 499
- ◊◊◊ 500 bis 749
- ◊◊◊◊ 750 bis 999
- ★ 1000 bis 1250



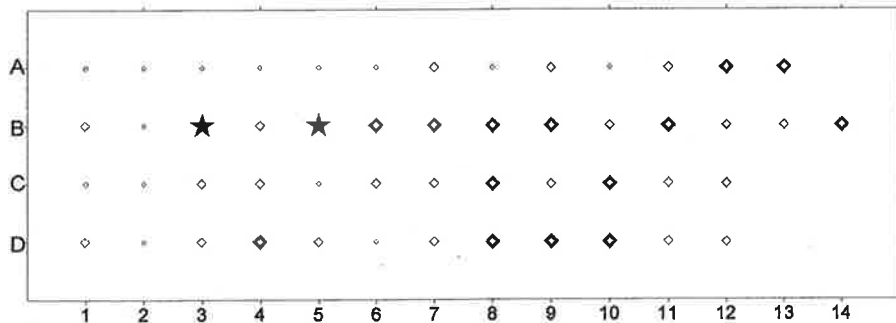
Fe [ppm] - INAA

- ◊ 40000 bis 54999
- ◊◊ 55000 bis 67999
- ◊◊◊ 68000 bis 81999
- ◊◊◊◊ 82000 bis 94999
- ★ 95000 bis 110000



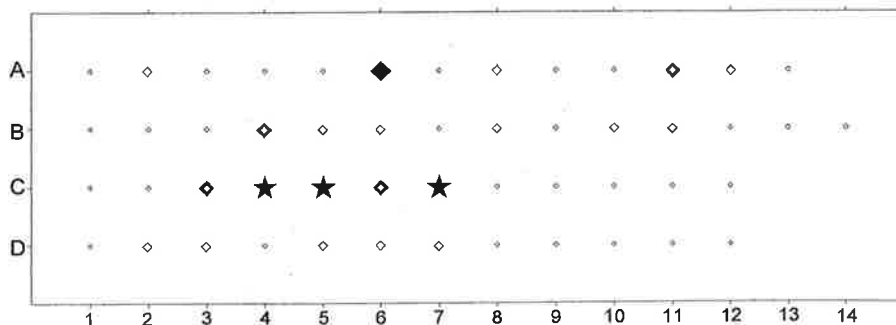
K [ppm] - INAA

- ◊ 3000 bis 9999
- ◊◊ 10000 bis 19999
- ◊◊◊ 20000 bis 29999
- ◊◊◊◊ 30000 bis 39999
- ★ 40000 bis 45000



Na [ppm] - INAA

- ◊ 3000 bis 9999
- ◊◊ 10000 bis 17999
- ◊◊◊ 18000 bis 25999
- ◊◊◊◊ 26000 bis 32999
- ★ 33000 bis 41000



Ni [ppm] - INAA

- ◊ 0 bis 99
- ◊◊ 100 bis 199
- ◊◊◊ 200 bis 299
- ◊◊◊◊ 300 bis 399
- ★ 400 bis 500

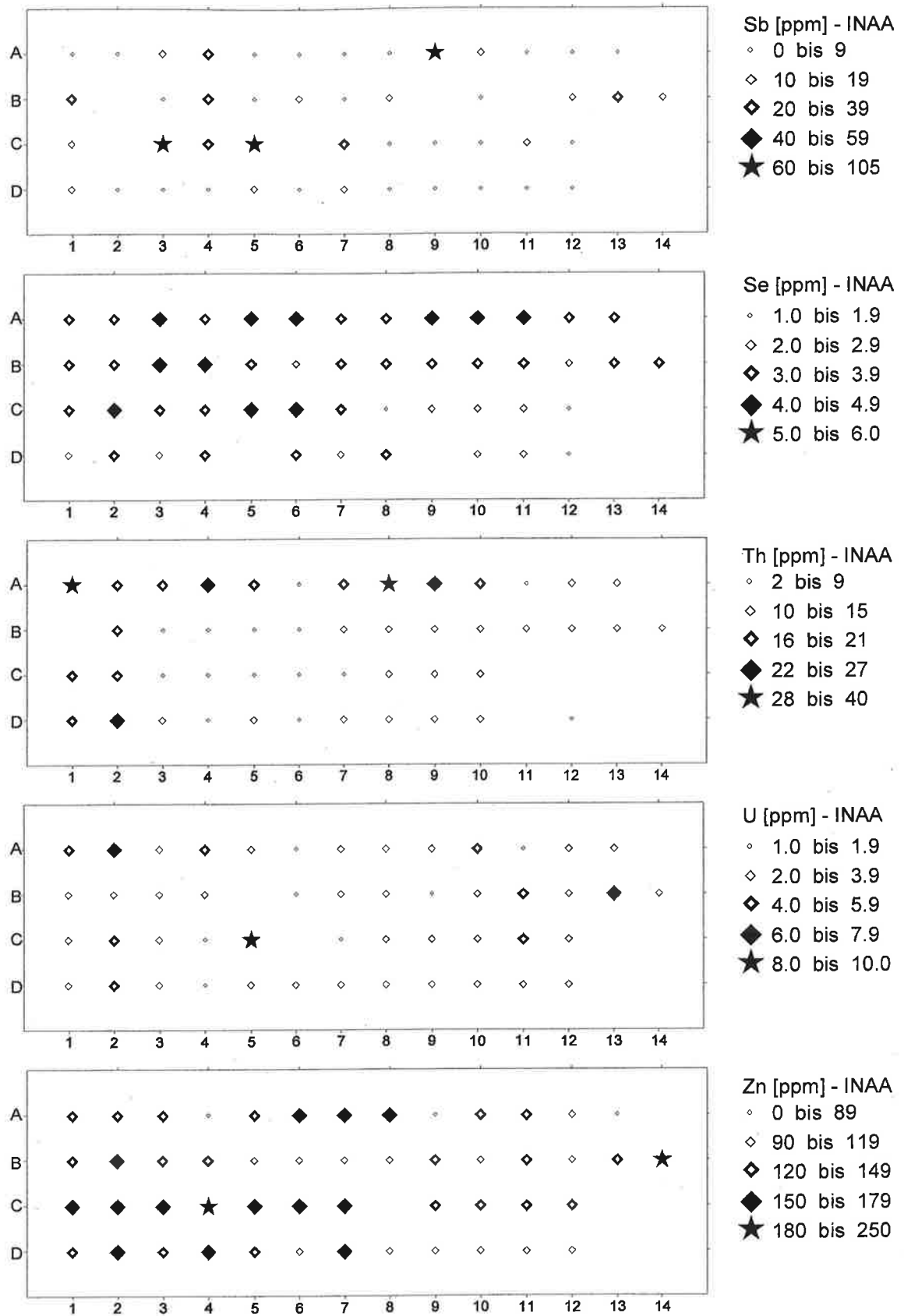


Abbildung 3-29: Grafische Darstellung der Analysenergebnisse von 51 Bodenproben

**Interpretation:**

Die Elemente und Probenahmepunkte, bei denen im Bereich der untersuchten Grünschieferzone erhöhte (Metall-) Konzentrationen festgestellt wurden, sind in Tabelle 3-15 zusammengefaßt. **"Erhöhte Konzentrationen"** bezieht sich in diesem Zusammenhang auf den Vergleich mit den jeweils ersten Profilpunkten (A1, B1, C1, D1) die in den hangenden Schwarzschiefern positioniert wurden und als background- Konzentrationen herangezogen werden, sowie auf den Vergleich mit Tabelle 3-2: Oberflächenmobilität und Verwendung relevanter Elemente in der Prospektion (aus A. M. Evans, 1995, Seite 141).

Element	Profil A	Profil B	Profil C	Profil D
Ag	diffus, 10, 13	4-6	2,3	-
As	-	gesamtes Profil, 2-9 stark	3-9 stark	(3-7)
Au	diffus, 4, 9	gesamtes Profil, 4-9 stark	3-9 stark	3-7
Co	diffus	3-6 (8,9)	3-7 stark	(2-7)
Cu	diffus	2-6	3-7	2-7
Cr			3-7	
Fe		3-6	3-7	4-7
Ni	diffus	(4-8)	3-7 stark	(2-7)
Pb	9	2-9	2-7	5-7
Sb	9	2-(4)	3-7	-
Zn	1-3, 6-11	1-4, 11-14	1-7	1-8

Tabelle 3-15: Probenahmepunkte mit erhöhten Metallgehalten

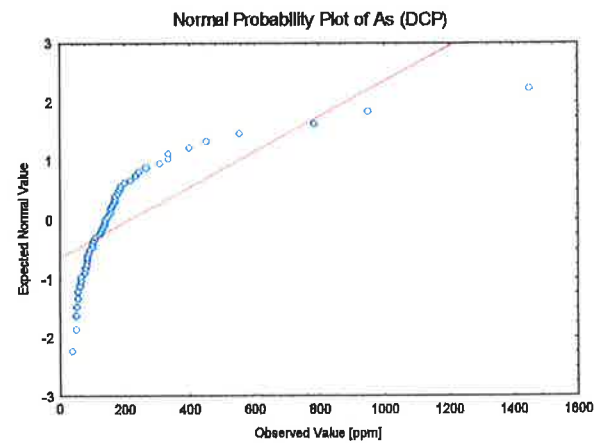
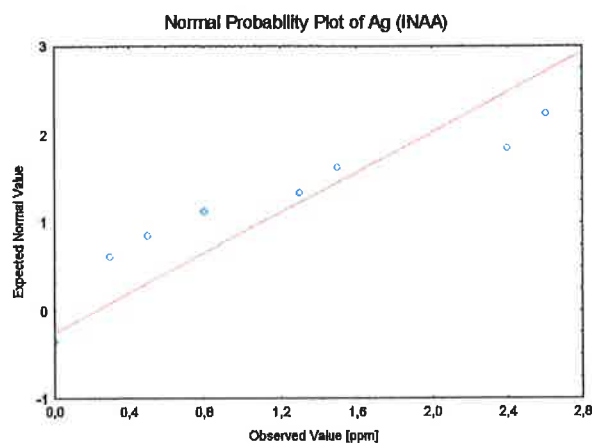
Das gemeinsame Vorkommen von **erhöhten As, Au, Pb und Sb- Werten dominiert in den Profilen B 2-9, C 3-7 und D 3-7**, die höchsten Gold- und Arsengehalte (Au bis 90 ppb und As bis 2000 ppm) wurden bei den Punkten C 3-6 festgestellt. Durch die Probenahmepunkte A4 und A9 konnte das Auftreten von Au/As auch am nördlichen Rand des Zuckenhutgrabens nachgewiesen werden, eine Aussage über mögliche nördlich fortsetzende Vererzungen ist nicht Gegenstand dieser Arbeit.

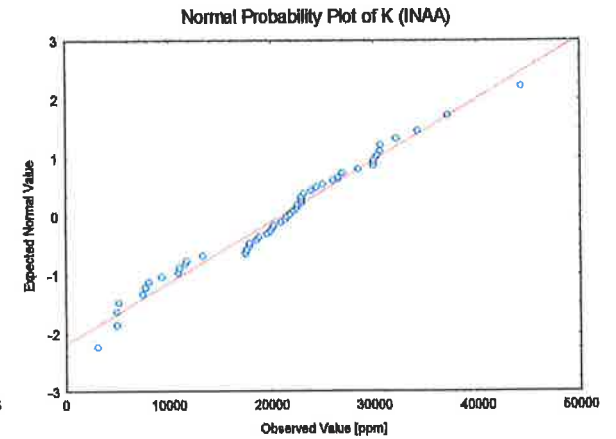
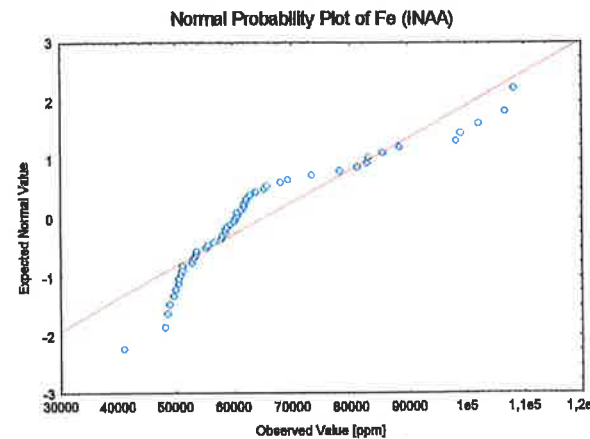
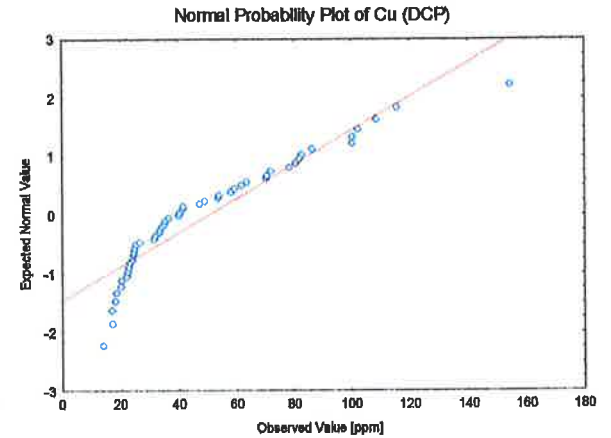
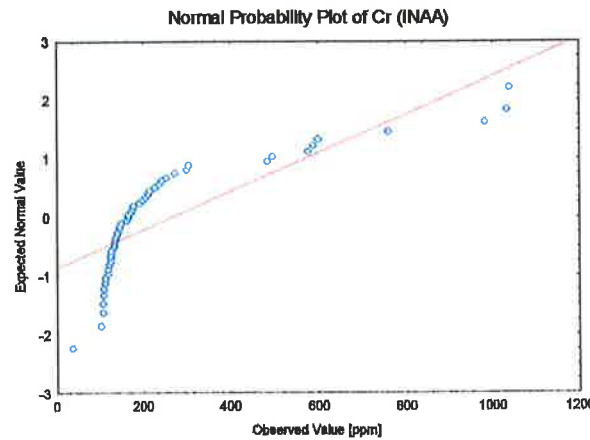
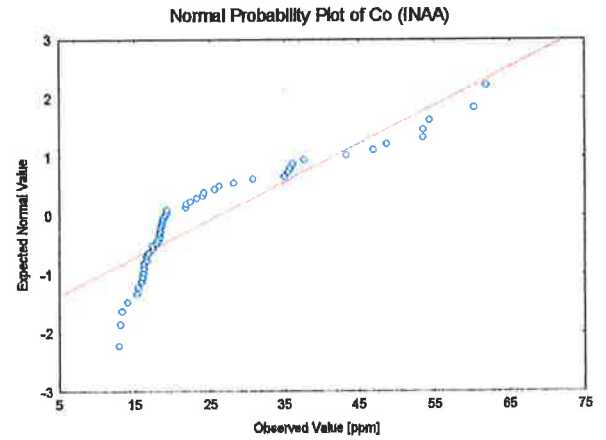
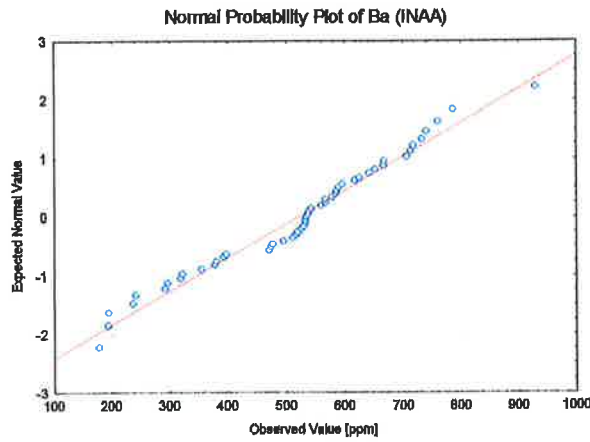
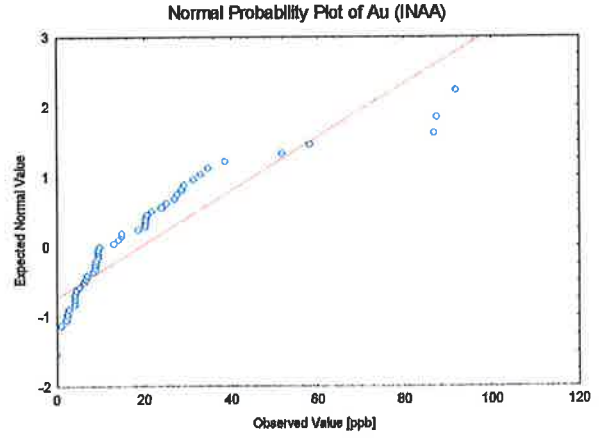
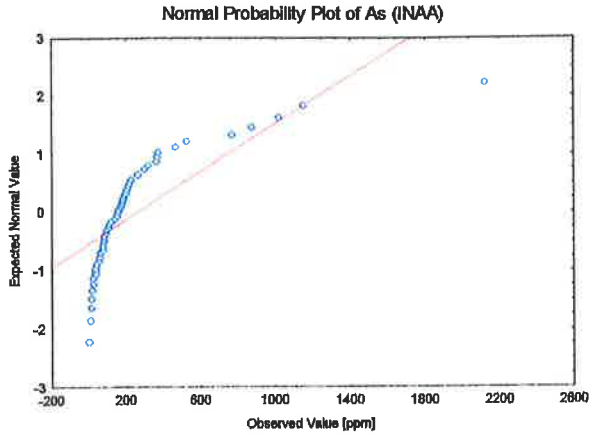
### 3.5.5 Statistische Auswertung

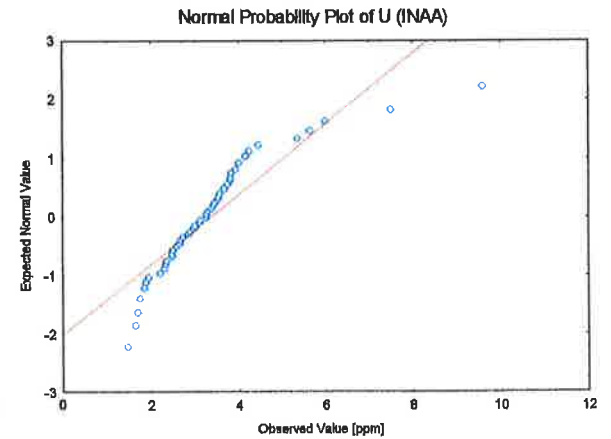
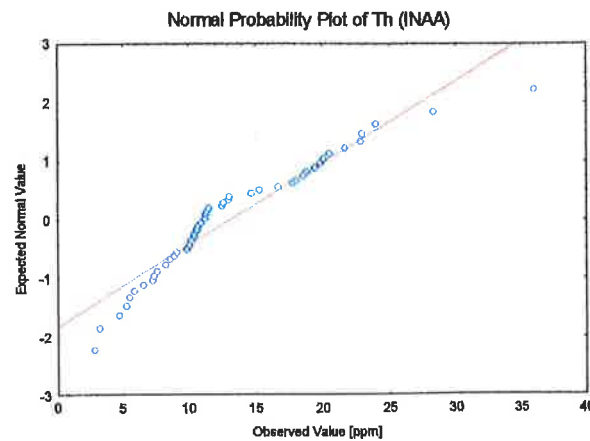
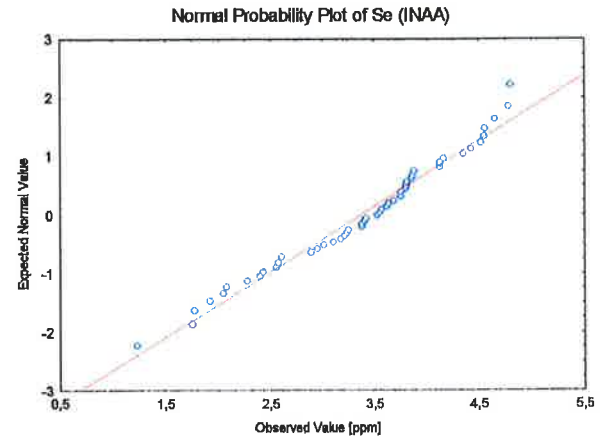
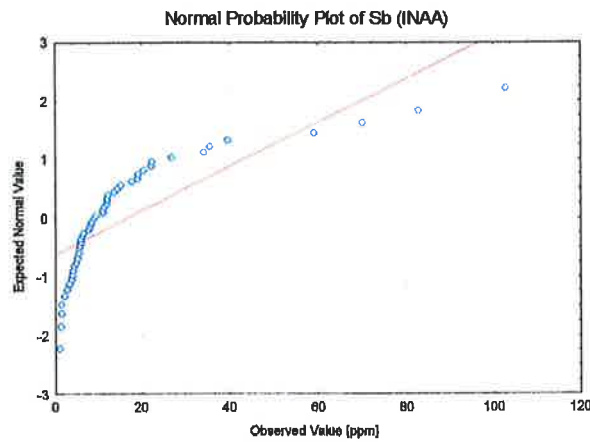
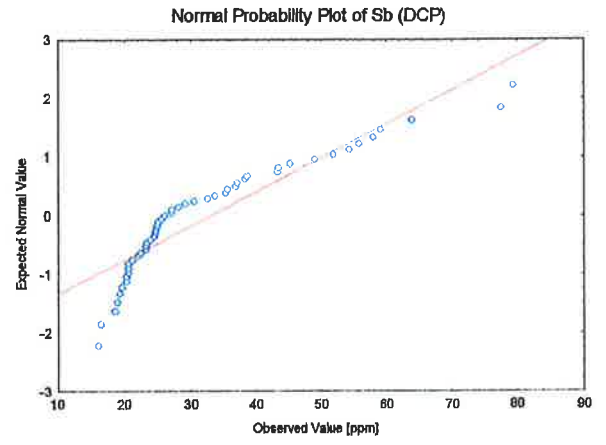
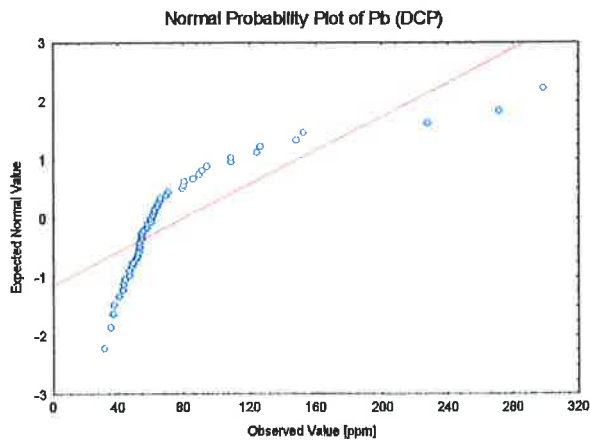
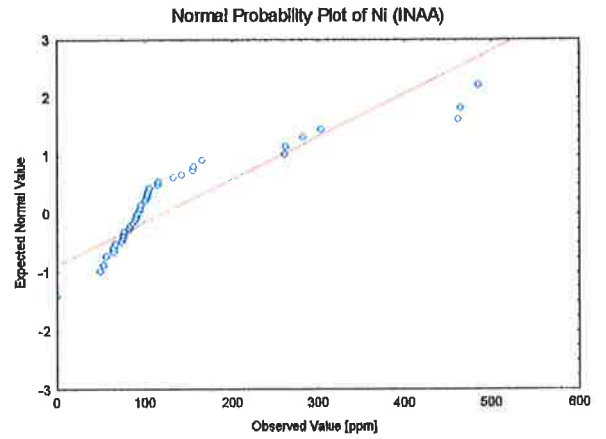
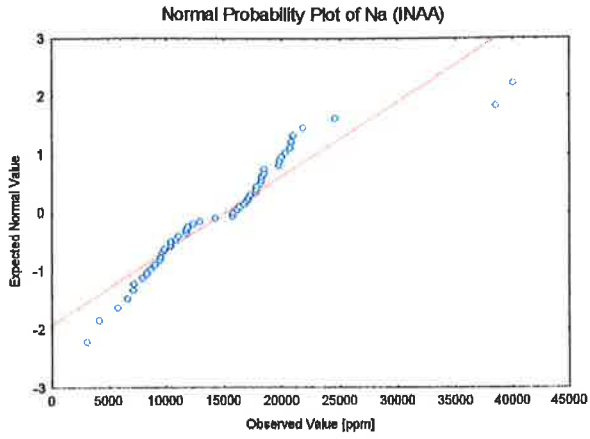
#### 3.5.5.1 Deskriptive Statistik und Normalverteilungsdiagramme

Element	Einheit	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.	Skewness	Kurtosis
Ag	ppm	0,28	0,00	2,60	0,60	2,53	6,35
As	ppm	257,86	8,07	2126,00	365,46	3,36	13,76
As <sub>D</sub>	ppm	211,93	37,10	1447,33	248,66	3,36	13,07
Au	ppb	19,12	0,00	91,66	22,00	2,01	4,07
Ba	ppm	519,45	179,50	929,56	167,37	-0,21	-0,15
Co	ppm	25,90	12,88	61,89	13,45	1,36	0,74
Cr	ppm	261,90	38,22	1039,25	242,83	2,15	3,95
Cu <sub>D</sub>	ppm	50,00	13,92	154,32	31,54	1,17	1,09
Fe	ppm	64841,08	41130,00	108295,00	16382,86	1,28	0,86
K	ppm	20736,59	3079,00	44190,00	9205,03	0,05	-0,16
Na	ppm	15061,59	3090,00	40050,00	7158,54	1,33	3,50
Ni	ppm	119,68	0,00	485,00	114,94	1,82	3,33
Pb <sub>D</sub>	ppm	78,84	31,59	298,19	54,85	2,66	7,44
Sb	ppm	16,38	1,04	102,70	20,87	2,64	7,26
Sb <sub>D</sub>	ppm	32,93	15,99	79,38	15,42	1,40	1,43
Se	ppm	3,36	1,23	4,80	0,86	-0,43	-0,37
Th	ppm	13,08	2,85	36,00	6,68	1,12	1,61
U	ppm	3,35	1,47	9,60	1,47	2,08	6,46
Zn	ppm	133,51	81,20	204,00	29,17	0,20	-0,34
Zn <sub>D</sub>	ppm	69,34	37,66	134,65	19,85	1,12	1,62

Tabelle 3-16: Deskriptive Statistik- Analyseergebnisse Bodengeochemie. Die mit DCP-AES bestimmten Elementkonzentrationen sind durch <sub>D</sub> indiziert (Bsp.: As<sub>D</sub>).







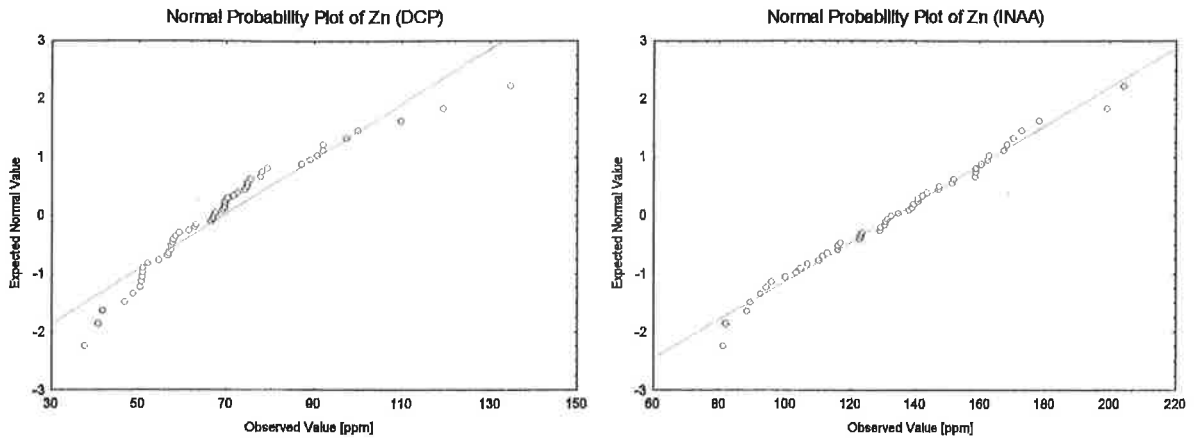


Abbildung 3-30 a-t: Normalverteilungsdiagramme- Analyseergebnisse Bodengeochemie

Hohe Werte bei Skewness und Kurtosis (vgl. Tabelle 3-16) sowie die deutliche Abweichung von der Normalverteilung (Abbildung 3-30) bei den Elementen **Arsen, Gold, Chrom, Nickel, Blei, Antimon, (Silber) und Uran** indizieren das Vorliegen von Extremwerten bzw. Ausreißern, die auf das Vorliegen von Anomalien hinweisen.

### 3.5.5.2 Korrelationsanalyse

	Ag	As	As <sub>D</sub>	Au	Ba	Co	Cr	Cu <sub>D</sub>	Fe	K	Na	Ni	Pb <sub>D</sub>	Sb	Sb <sub>D</sub>	Se	Th	U	Zn	Zn <sub>D</sub>	
Ag	1,00																				
As	0,04	1,00																			
As <sub>D</sub>	0,02	0,98	1,00																		
Au	0,14	0,78	0,71	1,00																	
Ba	-0,08	-0,31	-0,37	-0,11	1,00																
Co	0,02	0,60	0,62	0,43	-0,68	1,00															
Cr	-0,05	0,75	0,75	0,55	-0,53	0,82	1,00														
Cu <sub>D</sub>	0,08	0,21	0,25	0,14	-0,58	0,76	0,34	1,00													
Fe	0,07	0,66	0,66	0,49	-0,70	0,93	0,82	0,67	1,00												
K	-0,07	-0,46	-0,50	-0,23	0,76	-0,70	-0,64	-0,41	-0,65	1,00											
Na	0,18	-0,09	-0,05	-0,16	-0,11	0,06	-0,15	0,08	-0,04	-0,44	1,00										
Ni	-0,10	0,65	0,63	0,53	-0,56	0,84	0,92	0,46	0,80	-0,58	-0,19	1,00									
Pb <sub>D</sub>	0,29	0,48	0,44	0,76	-0,06	0,30	0,32	0,22	0,39	-0,07	-0,08	0,30	1,00								
Sb	0,07	0,80	0,76	0,79	-0,14	0,40	0,52	0,20	0,48	-0,10	-0,22	0,50	0,70	1,00							
Sb <sub>D</sub>	0,06	0,33	0,42	0,13	-0,67	0,80	0,57	0,76	0,71	-0,65	0,18	0,59	0,19	0,18	1,00						
Se	0,18	0,32	0,28	0,24	-0,19	0,37	0,34	0,28	0,44	-0,03	-0,28	0,33	0,27	0,39	0,12	1,00					
Th	-0,14	-0,35	-0,39	-0,17	0,45	-0,47	-0,50	-0,13	-0,44	0,72	-0,52	-0,43	-0,08	-0,07	-0,45	0,09	1,00				
U	-0,06	0,29	0,27	0,20	0,09	-0,04	-0,08	-0,07	-0,09	0,22	-0,14	-0,01	-0,13	0,35	-0,22	0,14	0,24	1,00			
Zn	-0,17	0,33	0,32	0,20	-0,37	0,48	0,46	0,39	0,55	-0,24	-0,35	0,50	0,09	0,27	0,38	0,26	0,02	0,03	1,00		
Zn <sub>D</sub>	-0,08	-0,06	0,00	-0,16	-0,27	0,25	0,02	0,44	0,19	-0,01	-0,22	0,10	0,01	-0,04	0,46	0,10	0,38	-0,01	0,43	1,00	

Tabelle 3-17: Korrelationsmatrix - 51 Bodenproben. Die mit DCP-AES bestimmten Elementkonzentrationen sind durch <sub>D</sub> indiziert (Bsp.: As<sub>D</sub>).

Die Korrelationsanalyse der Bodenanalysen zeigt, daß das Auftreten von **Gold** am stärksten mit hohen Gehalten von **Arsen, Antimon und Blei**, sowie untergeordnet auch **Chrom, Nickel, Kobalt und Eisen** assoziiert ist.

### 3.6 Gesteins- und Erzanalytik - Bewertung der MINEREX - Daten

Im Rahmen des Explorationsprojektes der MINEREX (1987) wurde von Schurfschlitz- und Derberzproben der Goldgehalt und von den Erzproben zusätzlich die Gehalte an Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb und Bi bestimmt, der Explorationsbericht wurde von Herrn Univ.-Doz. Dr. I. CERNY zu Verfügung gestellt und wird im Rahmen dieses Kapitels kompiliert, die Daten werden mittels Korrelationsanalyse statistisch bewertet und interpretiert.

#### Die analytischen Resultate von MINEREX (1987) werden wie folgt zusammengefaßt:

Derberzproben: (massive Sulfide: Bleiglanz, Arsenkies, Kupferkies, Pyrit, Antimonit)

Gold: 0.3 - max. 40 ppm

Silber: 1 - 20 ppm, max. 202 ppm

Zink: auffallend niedrig, < 10- max. 64 ppm

Schurfschlitzproben:

Goldgehalte im Bereich der Sulfidvererzung 0.5 - 4 ppm über Mächtigkeiten bis 10 m, 2- 6 ppm in Bereichen von 1 - 3 m Mächtigkeit. Erhöhte Goldgehalte treten nicht nur in den makroskopisch erkennbar vererzten Bereichen, sondern auch in den Grünschiefern auf.

Die Goldgehalte sind in allen Fällen von erhöhten Arsengehalten begleitet (bis 17% As), auffallend sind die in den Grünschiefern fast generell hohen Arsengehalte (einige 100 ppm), die **Arsenverteilung zeigt deutliche Höfe im m-Bereich um die Goldmineralisation**, hohe Arsengehalte treten aber auch in Bereichen ohne nennenswerte Goldführung auf.

#### Korrelationsanalyse - Multielementanalytik

In Tabelle 3-18 sind die Ergebnisse der Korrelationsanalyse von 41 Erzproben angegeben, um dem Wunsch nach ausschließlich wissenschaftlicher Verwendung des Datenmaterials zu entsprechen, werden die Daten im Rahmen dieser Arbeit ohne Probenbezeichnung wiedergegeben. Da nur für 21 Proben Sb-Daten vorliegen, wurden die Korrelationskoeffizienten für Sb nur bei diesen berechnet, bei allen Elementen wurde bei Konzentrationen kleiner der Nachweisgrenze  $c = 0$  gesetzt.

	Au	Cu	Sb	Zn	Ag	Bi	As	Pb
Au	1,00							
Cu	0,64	1,00						
Sb	0,13	0,46	1,00					
Zn	-0,36	-0,23	-0,52	1,00				
Ag	-0,06	-0,03	0,26	-0,08	1,00			
Bi	0,22	0,31	-0,04	-0,09	0,67	1,00		
As	0,29	0,20	-0,12	-0,31	-0,06	0,11	1,00	
Pb	0,29	0,29	0,43	-0,13	0,65	0,48	-0,04	1,00

Tabelle 3-18: Multielementanalytik von Erzproben - Korrelationsanalyse

Au	Cu	Sb	Zn	Ag	Bi	As	Pb
ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	%
0,2	16	15	24	<	<	2,33	<
0,28	8	64	25	<	<	29,09	0,036
2,8	7	27	30	<	<	0,564	0,015
3,5	6	149	<	17	11	3,975	0,739
2,4	5	78	11	<	<	8,922	0,066
0,32	280	27	64	<	<	0,028	2,215
0,66	43	1808	<	<	<	5,952	0,854
2,3	281	2401	<	80	10	4,659	12,571
1,5	78	219	<	11	10	8,53	0,552
0,88	92	157	<	<	<	6,426	0,098
7,4	150	853	<	31	13	5,672	0,65
1,3	96	1202	<	91	15	5,347	19,058
4,5	34	597	<	<	<	1,563	<
0,8	14	111	25	<	<	32,986	0,106
0,98	42	275	18	202	131	15,998	14,369
0,94	30	65	19	22	20	0,568	4,884
1,2	40	794	<	10	<	9,214	<
0,28	62	762	<	12	<	16,24	<
2,1	13	354	14	<	<	34,34	<
3,2	11	633	14	<	<	32,818	<
0,11	143		13	3,1	56	17,23	1,28
0,34	110		<	0,8	<	14,92	0,11
0,41	940		27	11,3	31	0,2	5,79
9,4	208		<	3,7	<	12,11	2,6
16,5	2000		<	17,2	28	16,01	16,52
0,62	753		39	8,6	33	0,71	8,52
0,62	777		24	1,5	<	0,52	0,61
13,5	13		<	1,4	55	19,64	0,13
10,2	28		20	0,3	<	12,38	0,05
9,6	15		<	0,3	<	19,23	0,09
2,1	84		33	0,2	<	1,9	0,15
12,2	1600		<	13,3	40	7,87	7,54
33,4	4100		<	20,4	25	22,29	12,93
39,7	2700		<	8,6	35	19,88	5,23
7,1	689		<	2,9	19	23,64	9,57
12,4	3200		<	8,5	35	15,14	2,06
4,2	557		<	1,7	34	14,04	0,54
10,4	5900		<	12,2	44	20,42	2,15
2,9	592		<	2,5	<	13,93	0,42
5,6	423		<	3	<	20,02	0,6
0,2	95	<	52	<	<	0,049	0,016

Tabelle 3-19: Ergebnisse der Multielementanalytik von Erzproben (MINEREX 1987)

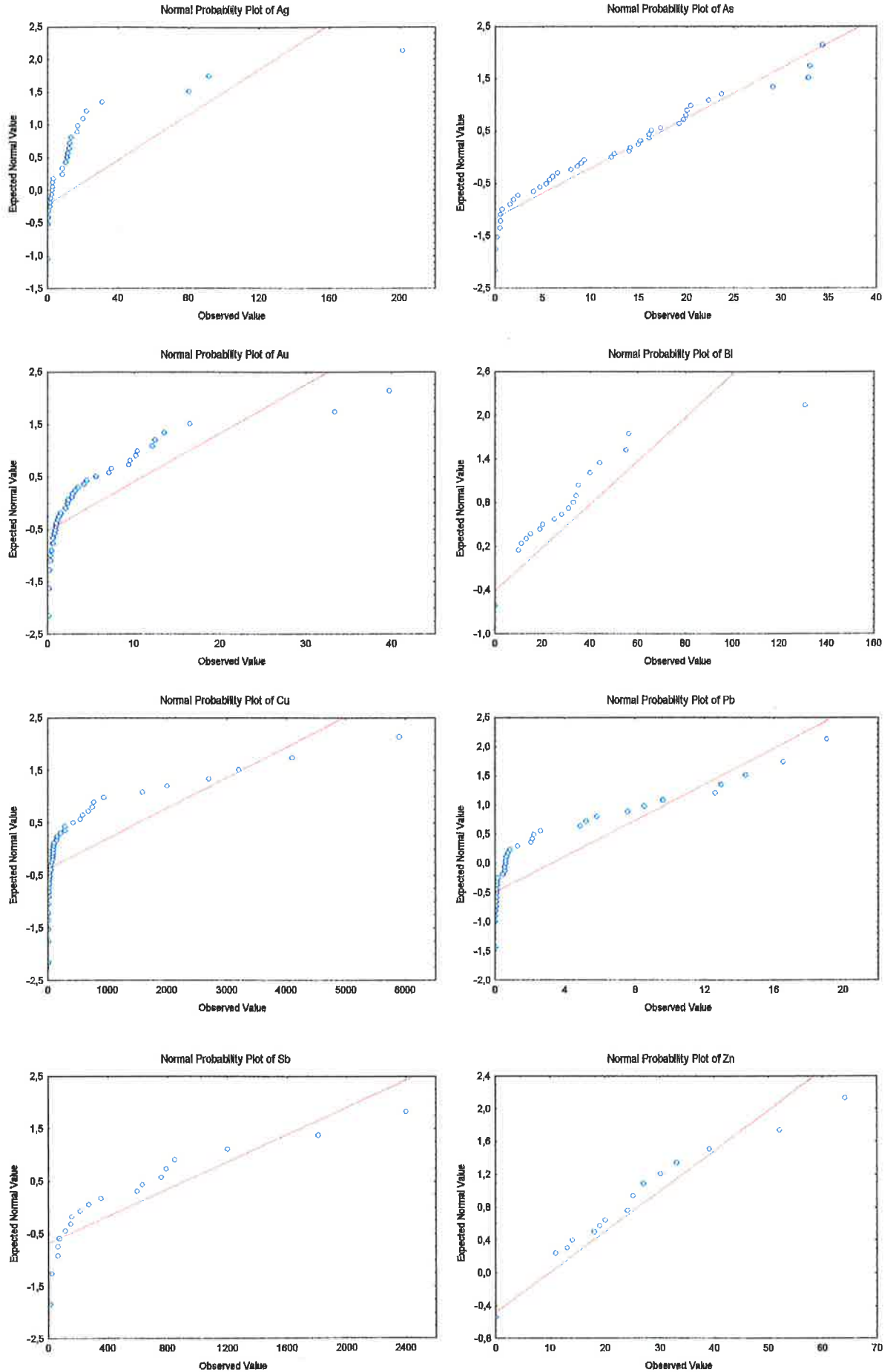


Abbildung 3-31 a-h: Erzanalysen MINEREX: Normalverteilungsdiagramme für Ag, As, Au, Bi, Cu, Pb, Sb und Zn

**Interpretation:**

Der hohe Arsengehalt in den Grünschiefern und der Arsen-Halo um die Goldmineralisation können eine durch primäre Dispersion entstandene geochemische Anomalie definieren, die als weiterer Hinweis auf die ursprüngliche synsedimentäre Lagerstättenbildung interpretiert werden kann.

Die Korrelationsanalyse zeigt, daß das Auftreten von **Gold am stärksten mit hohen Gehalten von Cu, As und Pb assoziiert** ist. Silber kommt vor allem gemeinsam mit Pb, Bi und Sb vor. Diese Resultate stimmen mit den bereits im Kapitel 2.3. erwähnten erzmikroskopischen Ergebnissen von F. KARG (1988) überein: *Gold kommt gemeinsam mit Boulangerit*  $[Pb_5Sb_4S_{11}]$ , *Bourmonit*  $[PbCuSbS_3]$ , *Fahlerz*  $[Cu_{12-x}(Ag,Fe,Zn)_x(Sb,As,Bi)_4S_{13}]$  und *Bleiglanz in Rissen von kataklastischem Arsenkies und Pyrit, aber auch zwickelfüllend vor.*

Die durchwegs negativen Korrelationskoeffizienten von Zink bestätigen, daß Zink in der Hauptparagenese vom Straßegg keine Bedeutung hat.

### 3.7 Hydrogeochemie [F. KARG, 1988]

**Wasseranalysen.** Um den Bezug des Arsenkiesvorkommens zu Umweltgeologie und Umwelthygiene zu untersuchen, entnahm F. KARG am 8.8.1985 und 7.9.1986 jeweils 10 Bachwasser- und 2 Brunnenwasserproben aus dem unmittelbaren Bereich des Straßeggs / Zuckenhutgrabens und analysierte den Arsengehalt mittels AAS. Er führt erhöhte Arsenkonzentrationen in den Wasserproben vor allem auf das Auftreten von Halden zurück, die die geogene Dispersion von Arsen zur Oberfläche hin verstärken und "Altlasten aus alter Bergbauzeit" darstellen. In Tabelle 3-20 sind die von F. KARG (1988) ermittelten Arsengehalte angegeben, in Abbildung 3-32 Probenahmepunkte mit den Analyseergebnissen der Probenahme vom 8. 8. 1985 grafisch dargestellt.

Probe Nr.	Beprobungsort	Arsengehalt [ppm]	
		8.8.1985	7.9.1986
1	Bach	0,072	0,063
2	Bach	0,022	0,021
3	Bach	0,022	0,010
4	Bach	0,240	0,240
5	Bach	0,090	0,180
6	Bach	0,440	0,390
7	Brunnen	0,000	0,000
8	Bach	0,010	0,034
9	Bach	0,013	0,028
10	Brunnen	0,122	0,010
11	Bach	0,100	0,080
12	Bach	0,052	0,050

Tabelle 3-20: Arsengehalte in Bach- und Brunnenwässern des Straßeggs (aus F. KARG 1988, Seite 159)

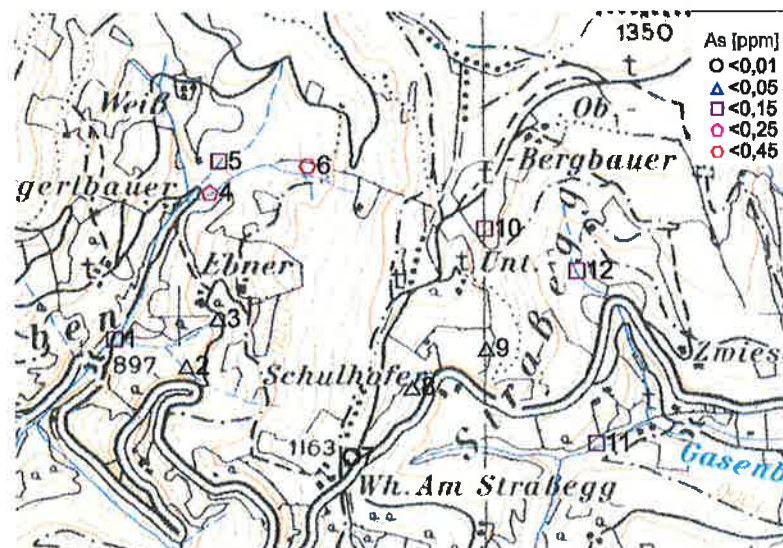


Abbildung 3-32: Arsengehalte in Bach- und Brunnenwässern des Straßeggs, Lage der Probenahmepunkte, Beprobung vom 8.8.1985 (nach F. KARG 1988, Seite 159, ohne Maßstab)

**Halden.** Ein Vergleich mit den Grenzwerten der ÖNORM S 2072 (1. Dezember 1990), Tabelle 3-21, durch die in Österreich anhand von Eluatanalysen die Klassifikation des Gefährdungspotentials von Abfällen erfolgt, zeigt, daß die Proben 4 und 6 im Einzugsbereich der Halden im Zuckenhutgraben Arsengehalte entsprechend Eluatklasse IIIa aufweisen- wodurch die von F. KARG verwendete Bezeichnung "Altlasten aus alter Bergbauzeit" gerechtfertigt erscheint.

	Ia	Ib	Ic	IIa	IIb	IIIa	IIIb
As [mg/l im Eluat]	0,05	0,1	0,05	0,1	0,1	1	5

Tabelle 3-21: ÖNORM S 2072, Arsengrenzwerte der einzelnen Eluatklassen

**Hydrochemisch indizierte Arsenanomalie.** Die Arsenanomalie wird hydrochemisch deutlich indiziert, erhöhte Arsengehalte sind stärker an das Auftreten von Halden (Zuckenhutgraben) als an das von Grünschiefern gebunden, sodaß die **hydrochemische Arsenanomalie als anthropogen verstärkt** (Oberflächenanreicherung von arsenhaltigem Haldenmaterial durch Bergbautätigkeit) **geogen** bezeichnet werden muß.

### 3.8 Zusammenfassung, Methodenvergleich und Diskussion

Im Rahmen dieses Kapitels wird eine vergleichende Darstellung der Resultate der chemischen und statistischen Analysen der Stream Sediment-, Boden-, Gesteins- und Wasseruntersuchungen vorgenommen.

Der **primäre Stoffbestand** der Vererzung Straßegg kann anhand der vorliegenden Gesteins- und Erzanalysen wie folgt angegeben werden: **Arsen, Blei, Kupfer, Gold, Antimon (und Silber)**.

**Sekundäre Anomalien.** Die **bodengeochemischen Untersuchungen** im Bereich der potentiell vererzten Grünschieferzone ergaben erhöhte Gehalte von **Arsen, Gold, Blei und Antimon**, sowie weniger deutlich auch von Chrom, Silber, Kobalt, Kupfer, Nickel und Eisen. **Wasseranalysen** aus Bächen und Brunnen ergaben erhöhte **Arsengehalte** im Bereich des Straßeggs, die auf Elution des Haldenmaterials zurückzuführen sind. Regional wird das Straßegg durch eine **Stream Sediment Anomalie** der Elemente **Arsen, Silber, Blei und Antimon** sowie weniger deutlich auch durch Chrom, Kupfer und Nickel (Hauptkomponenten 4 und 7) indiziert, Goldwerte liegen nicht vor. In Tabelle 3-22 sind zum Vergleich die mittleren Elementkonzentrationen von Ag, As, Au, Pb, Sb, Co, Ni, Cr und Cu der Gesteins/Erz-, Boden- und Bachsedimentanalysen angegeben (bei den Bachsedimenten wurden nur je 4 Probenahmepunkte W' und E' mit dem unmittelbaren Einzugsbereich Straßegg berücksichtigt), weiters wurden die Elementverteilungskoeffizienten für Gestein/Boden (VK1) und Gestein/ Bachsediment (VK2) berechnet.

Element	Einheit	Gestein /Erz	Boden	Bachsediment	Wasser	VK1	VK2
As	ppm	121300	258	287	0,1	470	423
Ag	ppm	14,6	0,28	0,33	-	52	44
Au	ppb	5600	19	-	-	295	-
Pb	ppm	32500	78,8	56,6	-	412	574
Sb	ppm	504	16,4	5,2	-	30	97
Co	ppm	-	26	19,6	-	-	-
Ni	ppm	-	119	49	-	-	-
Cr	ppm	-	262	109	-	-	-
Cu	ppm	640	50	32	-	13	20

Tabelle 3-22: Mittelwerte der Elementkonzentrationen der untersuchten Medien

Die Verteilungskoeffizienten zeigen, daß zwischen den Elementkonzentrationen im Boden und den Bachsedimenten keine großen Unterschiede bestehen (ausgenommen Sb), die Konzentration von **As, Au und Pb** ist in den sekundären Anomalien um Faktoren in der Größenordnung 300-500 geringer als in den Gesteins/Erzproben, die von **Ag, Cu und Sb** ca. um den Faktor 20-50.

**Pathfinder.** In Tabelle 3-23 ist die Relevanz der einzelnen Elemente als Pathfinder für die Vererzung Straßegg in der Boden-, Stream Sediment- und Wasseranalytik angegeben.

Untersuchtes Medium	Ag	As	Au	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	Relevanz
Boden	+	++	++	+	+	+	+	++	++	++ gut
Bachsedimente	++	++	n.b.	0	+	+	+	++	+	+ mäßig
Wasser	n.b.	++	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0 keine

Tabelle 3-23: Relevante Pathfinder für die Vererzung Straßegg

Eine deutliche **exogene Indikation** der **Vererzung Straßegg** erfolgt durch eine geochemische **Ar-sen-Blei-Antimon Anomalie**, weitere korrelierte, vererzungsindikative Parameter sind Silber, Kobalt, Chrom, Kupfer und Nickel. Eine anthropogene Verstärkung der sekundären Anomalien durch die ehemalige Bergbautätigkeit ist evident (Halden).

**Paragenesen.** Anhand der Korrelationsanalyse der **gesteinsgeochemischen Daten** können die Paragenesen **Au, Cu, As, Pb**, sowie **Ag, Pb, Sb** identifiziert werden (Co-, Cr- und Ni-Werte liegen nicht vor), die gut mit den erzmikroskopischen Resultaten übereinstimmen. Die Untersuchung der die Vererzung überlagernden Bodenschichten ergab eine gute Korrelation von **Au mit As, Sb und Pb**, sowie weniger deutlich mit Cr, Ni, Fe, und Co. Die Stream Sedimentdaten (keine Au- Werte) zeigen eine gute Korrelation der Elemente **As, Ag und Pb**, sowie weniger deutlich Cr, Cu, Ni, Sb und Ba.

## 4 AEROGEOPHYSIKALISCHE UNTERSUCHUNGEN

### 4.1 Einleitung

Die Aeromagnetische Karte der Republik Österreich (R. GUTDEUTSCH & W. SEIBERL, 1987 und H. HEINZ & W. SEIBERL, 1990) indiziert WNW' der Ortschaft Gasen (im Bereich Straßegg) eine großräumige positive Anomalie der magnetischen Totalintensität (Abbildung 4-1), die mit dem Auftreten der Schwarzschiefer- Grünschieferabfolge koinzidiert (L. WEBER 1990, Seite 104 und L. WEBER 1997, Seite 45).

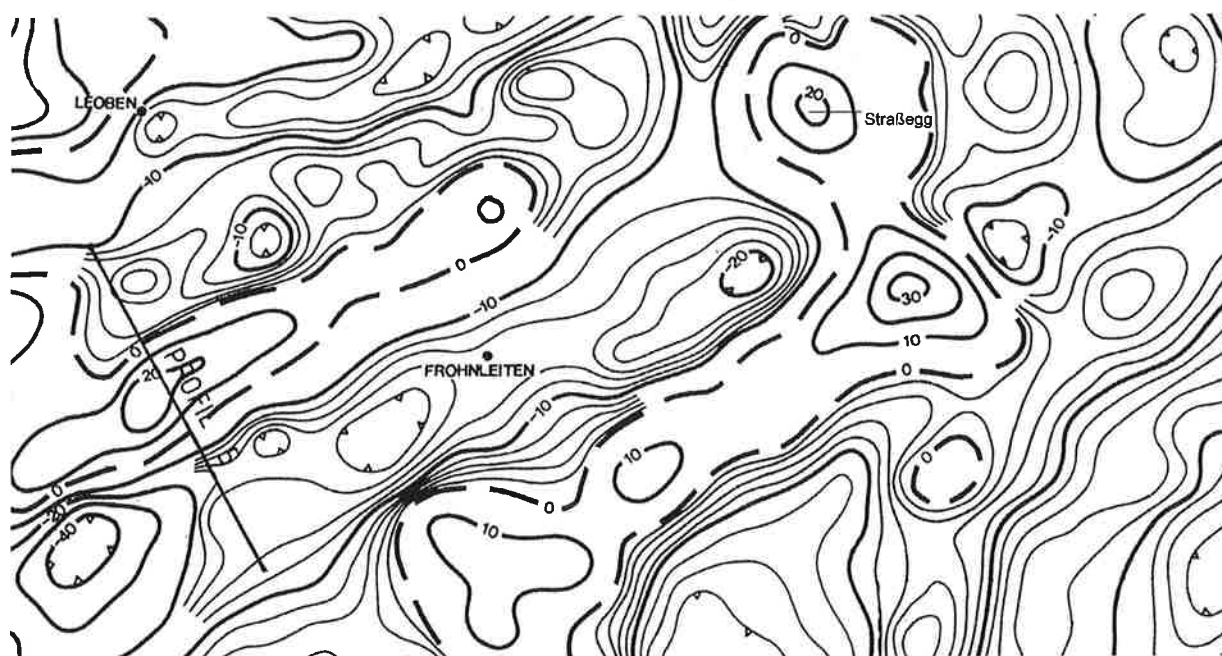


Abbildung 4-1: Ausschnitt der Aeromagnetischen Karte, Isanomalien der magnetischen Totalintensität in nT, 2500 m Horizont (ohne Maßstab) - aus L. WEBER, 1990 (Straßegg befindet sich im oberen Bildbereich rechts der Bildmitte)

Aufgrund der relativ geringen Auflösung (Profilabstand 2 km) kann die aeromagnetische Karte als Basis für die primäre Erkundung (*reconnaissance* - A. M. EVANS, 1995, p. 58) herangezogen werden, für die detaillierte Bearbeitung von lokalen Fragestellungen sind Messungen mit höherer Auflösung erforderlich.

Im Rahmen des Vollzuges des Lagerstättengesetzes erfolgte 1992 eine hochauflösende (Profilabstand 200 m) aerogeophysikalische Vermessung (Magnetik, Radiometrie und Aeroelektromagnetik) des Ostrand des Grazer Paläozoikums, die Daten und erste Ergebnisse wurden von W. SEIBERL (1993) zusammengefaßt. Die detaillierte Darstellung der Ergebnisse dieser Messungen und die Bewertung der lokalen magnetischen Anomalie im Bereich Straßegg ist integraler Bestandteil der vorliegenden Arbeit.

## 4.2 Instrumentation-Methodik

Die aerogeophysikalischen Messungen wurden mit einem Hubschrauber des Österreichischen Bundesheeres der Type AB 212 im Auftrag der Geologischen Bundesanstalt und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften durchgeführt, die Meßausrüstung umfaßte folgende Komponenten (nach W. SEIBERL, 1993):

1. Ein Protonen- Präzessions- Magnetometer vom Typ Geometrics G-801/3 (Sensor 20 m unter dem Hubschrauber / 60 m GND), das die Totalintensität des erdmagnetischen Feldes mit einer Anzeigenauigkeit von  $\frac{1}{2}$  nT ein mal pro Sekunde mißt.
2. Ein elektromagnetisches Mehrfachspulensystem vom Typ DIGHEM-II. Dieses System induziert mit zwei unterschiedliche Frequenzen (900 Hz koaxial, 3600 Hz koplanar) elektrische Ströme im Untergrund, deren sekundäres Feld (Magnetfeld) 10 mal pro Sekunde in einer Sonde 30 m unter dem Hubschrauber (50 m GND) gemessen wird.
3. Ein Gammastrahlenspektrometer der Type Geometrics GR-800D (im Hubschrauber, 80 m GND) mit zwei nach unten gerichteten NaI-Kristallen mit einem Gesamtvolumen von 33,6 l und einem nach oben gerichteten Kristall mit einem Volumen von 4,1 l, das mit einer Integrationszeit von 1 Sekunde die Intensität der  $\gamma$ -Strahlung in jeweils 256 Energiekanälen und zusätzlich folgende Energiesummenbereiche aufzeichnet:

Gesamtstrahlung	0,4-3,0	MeV	0,2-3,0	MeV
Uran	1,041-1,207	MeV	1,66-2,41	MeV
Kalium ( $^{40}\text{K}$ )	1,36-1,56	MeV		
Uran ( $^{214}\text{Bi}$ )	1,67-1,87	MeV		
Thorium ( $^{208}\text{Tl}$ )	2,42-2,83	MeV		

4. Die Messung der Flughöhe über Grund erfolgte mit einem Radarhöhenmesser der Type Sperry AA-220, die Flugweganzeige mit einer Dopplernavigationsanlage Singer-Kearfott System LDNS.



Abbildung 4-2: Aerogeophysik- Meßausrüstung (<http://www.geolba.ac.at>)

### 4.3 Meßgebiet

Für die detaillierte Bearbeitung der aerogeophysikalischen Messungen wurden die Daten aus dem Koordinatenausschnitt Gky -64000 bis -58000 und GKx 5248000 bis 5254000 verwendet. Die transversal mit einem Sollabstand von 200 m über die Grünschieferzone verlaufenden Fluglinien und Meßpunkte wurden in Abbildung 4-3 auf den entsprechenden Ausschnitt der Geologischen Karte der Republik Österreich 1:50.000, Blatt 134 Passail geplottet.

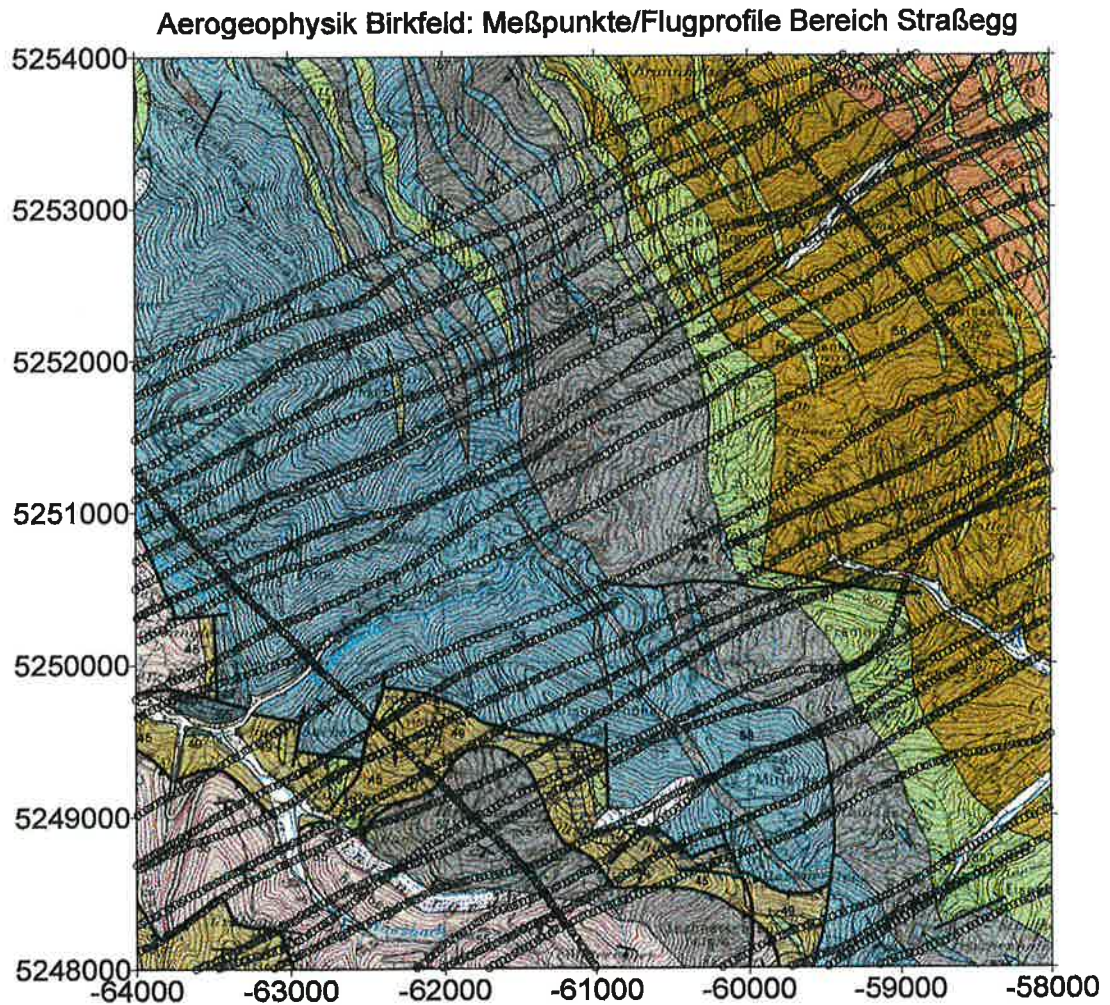


Abbildung 4-3: Fluglinien Aerogeophysik, Maßstab 1:50.000, Kartengrundlage: Geologische Karte der Republik Österreich, Blatt 134 Passail. Dargestellt sind hier nur jene Meßpunkte mit gültigen Magnetikmeßwerten.

## 4.4 Meßergebnisse

### 4.4.1 Isanomalien der magnetischen Totalintensität

**Kartierung der anomalen magnetischen Totalintensität ( $\Delta T$ ).** Dargestellt werden hier lokale Abweichungen vom globalen Erdmagnetfeld (welches durch das internationale geomagnetische Referenzfeld definiert ist), die um die zeitliche Variation und Restfehler korrigiert werden (W. SEIBERL, 1993):

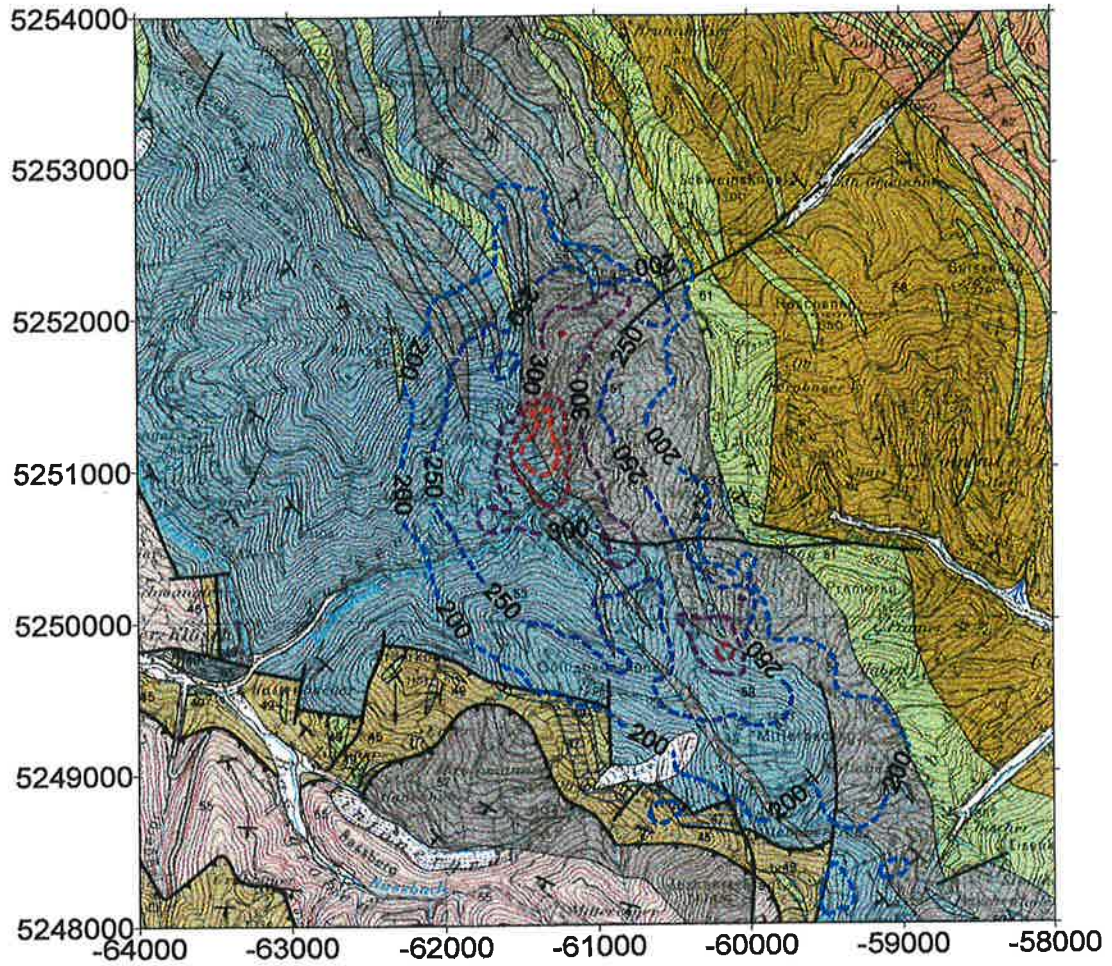
$$\Delta T(x,y,z) = T(x,y,z,t) - T(t) - T_{int} - \delta T$$

$\Delta T(x,y,z)$	anomaler Feldbetrag
$T(x,y,z,t)$	Meßwert an Flugprofil
$T(t)$	zeitliche Variation des Magnetfeldes
$T_{int}$	magnetisches Hauptfeld
$\delta T$	Restfehler (Magnetfeld des Hubschraubers)

**Einfluß der Topographie auf die Anomalien der magnetischen Totalintensität.** Bei der Bearbeitung magnetischer Anomalien die in geografisch schwierigem Gelände gemessen wurden, muß der Einfluß der Geländeform bedacht werden, da sich unterschiedliche Hangneigungen und Bergkämme erheblich im Anomalienmuster bemerkbar machen (W. SEIBERL, 1993). Die meisten Auswerteverfahren basieren auf der Annahme, daß die Messungen in einer horizontalen Ebene ( $2\pi$ -Geometrie) durchgeführt wurden, was aber gerade bei Hubschraubermessungen in Gebieten mit starken Reliefunterschieden nicht den Gegebenheiten entspricht. S. SEREN (1980) konnte anhand von Modellrechnungen zeigen, daß mit zunehmender Hangneigung der positive Anteil der  $\Delta T$ -Anomalien schwächer wird, während der negative Anteil stärker wird. Bei horizontalem Überfliegen weisen Bergkämme positive und Täler negative  $\Delta T$ -Anomalien auf. Für die im Rahmen dieser Arbeit analysierten Messungen wurde keine Topografiekorrektur durchgeführt, die angeführten topografischen Einflüsse müssen bei der Bewertung der in weiterer Folge vorgenommenen Modellierung des magnetischen Störkörpers berücksichtigt werden.

**Anomalien der magnetischen Totalintensität - Straßegg.** Um einen Bezug zu den geologischen Bedingungen herzustellen, erfolgt die Darstellung der aeromagnetischen Meßergebnisse in Form einer Isolinienkarte vor dem Hintergrund des entsprechenden Ausschnittes der Geologischen Karte Blatt 134 Passail (Abbildung 4-4). Die Isolinienkarte und der Surface-Plot wurden mit dem Surface Mapping System SURFER® Rel. 6.02 und den folgenden Parametern erstellt:

Grid Size	81 x 81
Gridding Method	Kriging
Variogramm	Linear
Search Method	Quadrant
Anisotropy	No



[nT]



Abbildung 4-4: Isanomalien der magnetischen Totalintensität [nT] - Bereich Straßegg, M1:50.000, Isolinienplot auf Kartengrundlage: Geologische Karte der Republik Österreich, Blatt 134 Passail, Surfaceplot: perspektivische Darstellung (Tilt 20°, Eye distance 20%, Blickrichtung nach N)

**Statistische Bewertung der Magnetikdaten.** In Abbildung 4-5 wurden die aeromagnetischen Daten als Normalverteilungsplot gemeinsam mit den statistischen Basisparametern dargestellt, die Skewness der Verteilung deutet eine vorhandene Anomalie an.

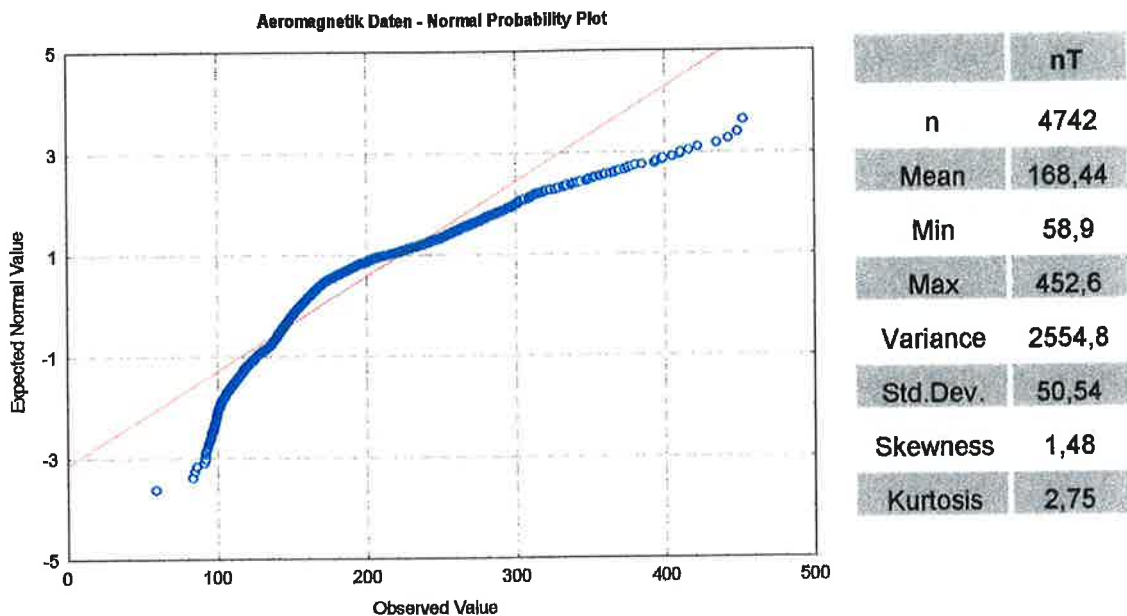


Abbildung 4-5: statistische Basisdaten Aeromagnetik

**Interpretation.** Dominierendes Element der Isanomalienkarte der magnetischen Totalintensität im Meßgebiet ist eine ungefähr parallel zur Ausbißfigur der Grünschieferzone, ca. 1 km weiter westlich verlaufende, **positive magnetische Anomalie** mit einem maximalen  $\Delta T$ -Wert von 452,6 nT. Diese Anomalie erstreckt sich in NNW-SSE Richtung über ca. 6 bis 7 km, die maximale Breite beträgt ca. 1,5 km. Bei Berücksichtigung der lokalen Lagerungsverhältnisse ist ein Zusammenhang dieser magnetischen Anomalie mit der Fortsetzung der nach W unter die überlagernden Schwarzschiefer (graue Kartensignatur 57) und Karbonate (blaue Kartensignatur 53) abtauchenden, **Grünschieferzone** (grüne Kartensignatur 61) naheliegend:

- die **Metavulkanite des PKK** führen **Magnetit** und **Magnetkies**, vom Verfasser an Straßenaufschlüssen im Bereich Schulhofer durchgeführte Kappparametermessungen ergaben Werte für die magnetische Suszeptibilität  $\kappa$  von meist  $2000-7000 \cdot 10^{-6} \text{cgs}$ , maximal  $25800 \cdot 10^{-6} \text{cgs}$ , von C. STADELHOFEN (1994, Seite 183, Tabelle 5.1) werden für basische Gesteine  $2600 \cdot 10^{-6} \text{cgs}$ , Magnetit  $500000 \cdot 10^{-6} \text{cgs}$  und für Pyrrhothin  $125000 \cdot 10^{-6} \text{cgs}$  angegeben).
- Aufgrund der intensiven Verschuppung ist zwar kein direkter Zusammenhang mit dem ca. 4-5 km SSE' gelegenen, Magnetitvorkommen Plankogel nachweisbar, genetische Parallelen sind jedoch plausibel. Vom Plankogel werden neben verzerten Dolomitschiefern auch **magnetitführende Metabasalte** beschrieben (L. WEBER 1990, S. 114, 115).

Unter Berücksichtigung der vorliegenden Untersuchungen besteht nach Ansicht des Verfassers ein kausaler Zusammenhang zwischen der magnetischen Anomalie und unter den Schwarzschiefern liegenden, **magnetitführenden Metavulkaniten**, die einen tieferliegenden, für die Genese der As-Au Vererzung Straßegg relevanten, **"heat-source"** anzeigen.

#### 4.4.2 Modellierung des magnetischen Störkörpers

**Modell.** R. ARNDT (1993) hat im Rahmen seiner Dissertation am Institut für Meteorologie und Geophysik ein Programm zur Modellierung der Potentialfelder homogener Vielflächner nach einem Algorithmus von X. WANG & R.O. HANSEN (1990) implementiert. Das Verfahren basiert auf der Inversion des Potentialfeldes einer singular zentrierten Anomalie und modelliert ohne Vorgabe von Startmodellen und physikalischen Parametern (Suszeptibilität) den Störkörper durch Tiefenpunkte, die auf einer den homogen magnetisierten Störkörper umgebenden, geschlossenen Hüllfläche liegen.

**Störkörpermodellierung - Straßegg.** Mit dem oben angeführten Programm wurde von R. ARNDT (1996) auch die Störkörpermodellierung der magnetischen Anomalie Straßegg vorgenommen, die resultierenden 43 Tiefenpunkte (Gauß Krüger Koordinaten und Tiefe in m unter flight level) sind in Tabelle 4-1 angegeben, in Abbildung 4-7 wurde die Tiefenverteilung der modellierten Punkte (mit nach m über Adria transferierten z-Koordinaten) dargestellt. Bei der Interpretation des Modells muß berücksichtigt werden, daß die Daten nicht topografiekorrigiert wurden (Reliefunterschiede von mehreren hundert Metern im Bereich Straßegg) und daß das Modell auf der Annahme eines homogenen Störkörpers basiert, der real nicht vorliegt.

Gky	GKx	m u. FL	Gky	GKx	m u. FL
-61425	5250500	-666	-61125	5252000	-665
-61009	5250600	-666	-61041	5250400	-564
-61289	5250900	-618	-61298	5250900	-558
-61131	5251300	-868	-61203	5250900	-700
-60841	5250900	-759	-61176	5250500	-569
-60925	5251600	-642	-60894	5251300	-492
-60931	5251100	-597	-61077	5250300	-526
-61232	5250900	-605	-60922	5250300	-587
-60903	5250900	-594	-61329	5250800	-573
-60634	5250800	-906	-60906	5251100	-816
-61307	5250600	-590	-61560	5250400	-592
-61557	5250400	-565	-60853	5251200	-786
-61608	5250400	-836	-60427	5251000	-844
-60642	5251200	-526	-61102	5250700	-714
-60927	5250500	-565	-61061	5251000	-737
-61067	5251200	-492	-60633	5250400	-716
-60735	5251800	-647	-60796	5250400	-775
-60993	5251000	-751	-61026	5251000	-806
-59422	5251000	-1269	-61182	5251700	-638
-60856	5251200	-509	-60748	5250800	-658
-60929	5250600	-664	-60789	5250000	-783
-61497	5251600	-803			

Tabelle 4-1: Modellierte Tiefenpunkte auf der Hüllkurve des magnetischen Störkörpers

**Störkörper - grafische Darstellung.** Die relative Tiefe (m unter FL) der Tiefenpunkte wurde in absolute Werte transferiert (m ü. A.), die Tiefenpunkte wurden auf die Geologische Karte der Republik Österreich, Blatt 134 Passail (GK<sub>x</sub>, GK<sub>y</sub>) und in ein E-W Profil (GK<sub>y</sub>, Höhe in m ü. A.) geplottet (Abbildung 4-6).

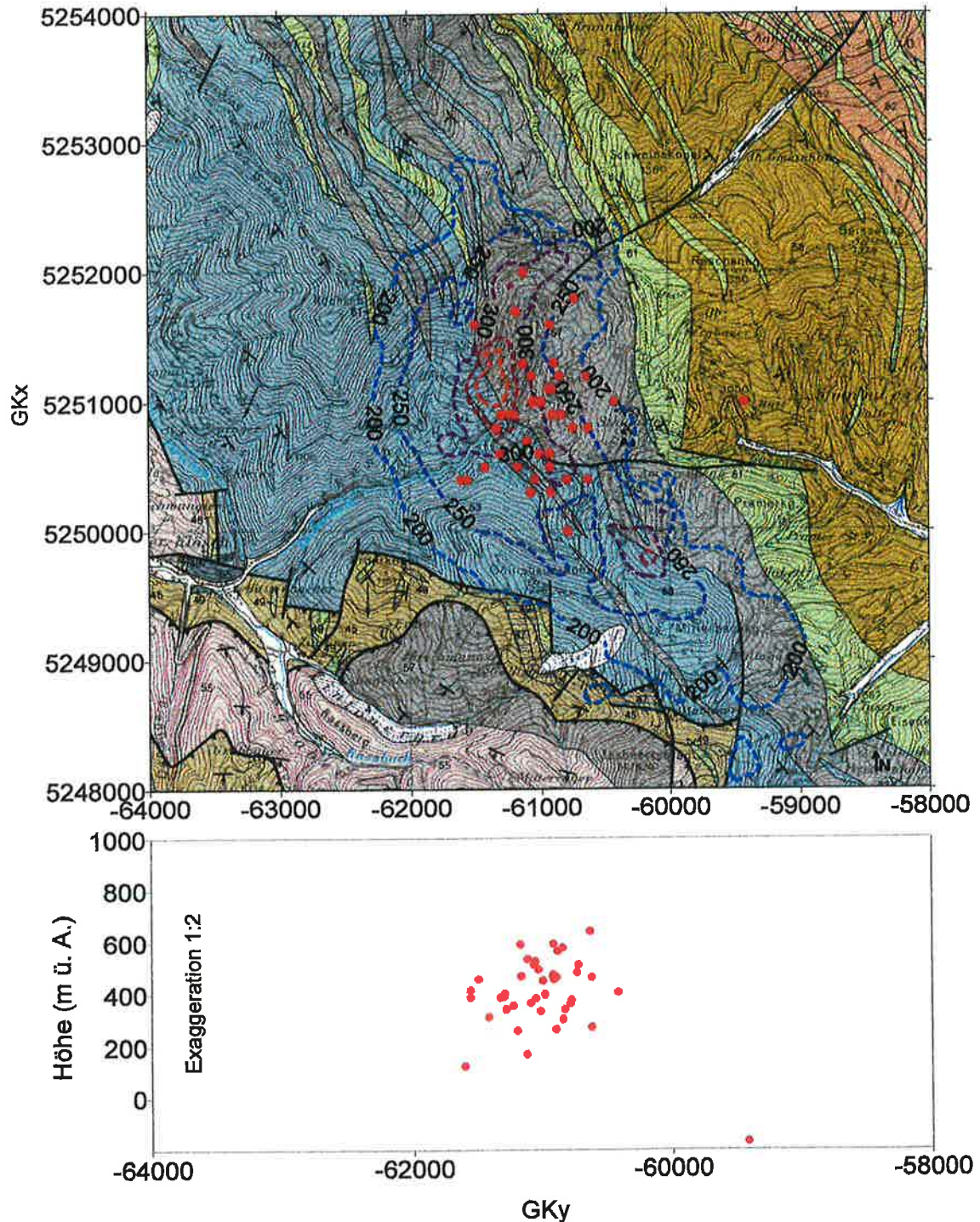


Abbildung 4-6: Nach X. WANG & R.O. HANSEN (1990) von R. ARNDT (1996) modellierte Tiefenpunkte des magnetischen Störkörpers westlich Straßegg. Kartengrundlage: Geologische Karte der Republik Österreich, Blatt 134 Passail

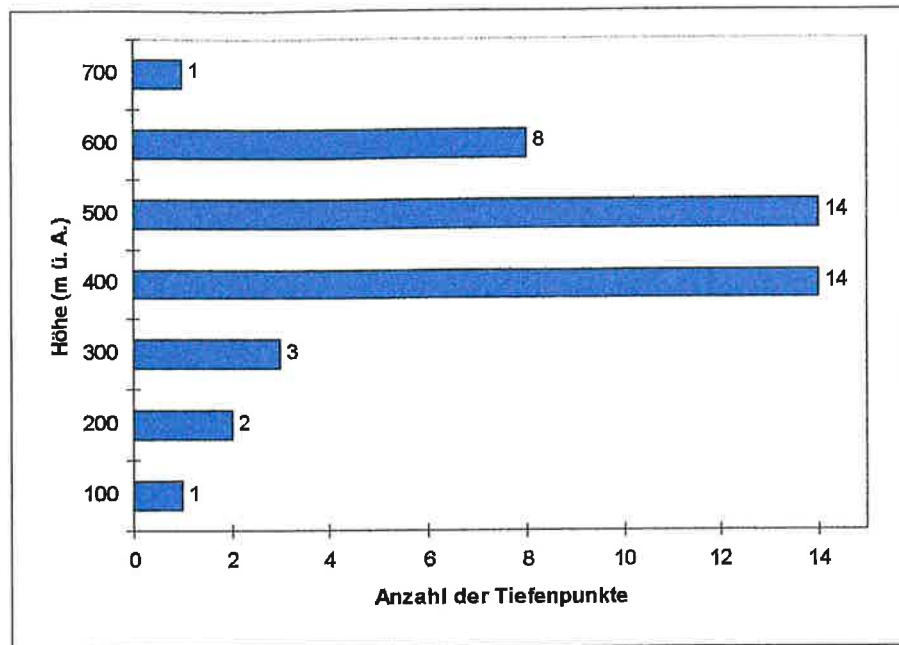
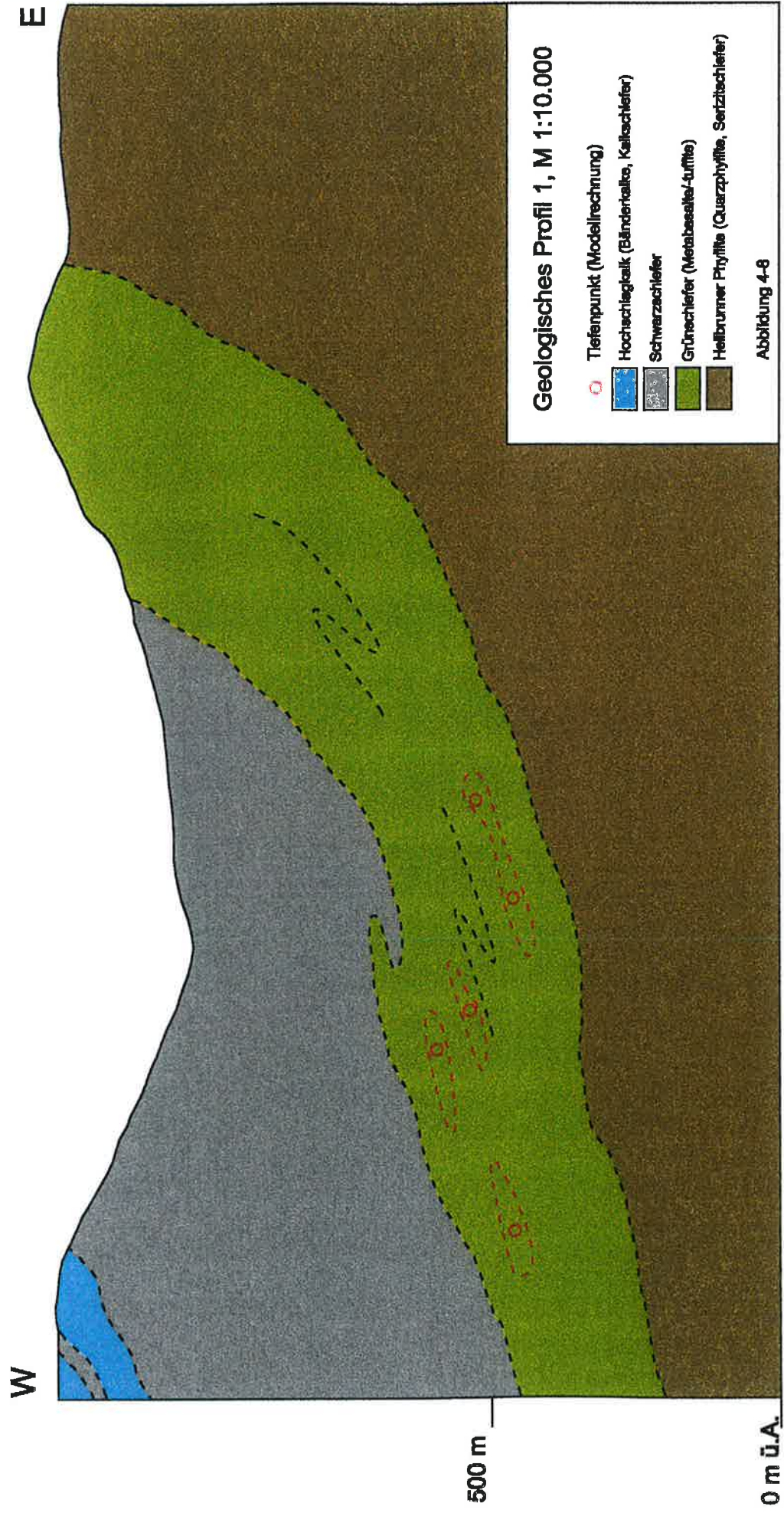


Abbildung 4-7: Verteilung der Tiefenpunkte

**Synoptische Darstellung Störkörpermodell- Geologie.** Eine synoptische Darstellung des durch die errechneten Tiefenpunkte definierten magnetischen Störkörpers und den potentiell verzerrten Grünschiefern erfolgt in den E-W Profilen 1-3 (Maßstab 1:10.000), Abbildungen 4-8 bis 4-10, deren Lage in der Geologischen Basiskarte, Beilage 1, verzeichnet ist. Die Tiefenpunkte mit einer lateralen Entfernung von  $\pm 200$  m von der jeweiligen Profilschnittebene wurden in diese projiziert dargestellt.

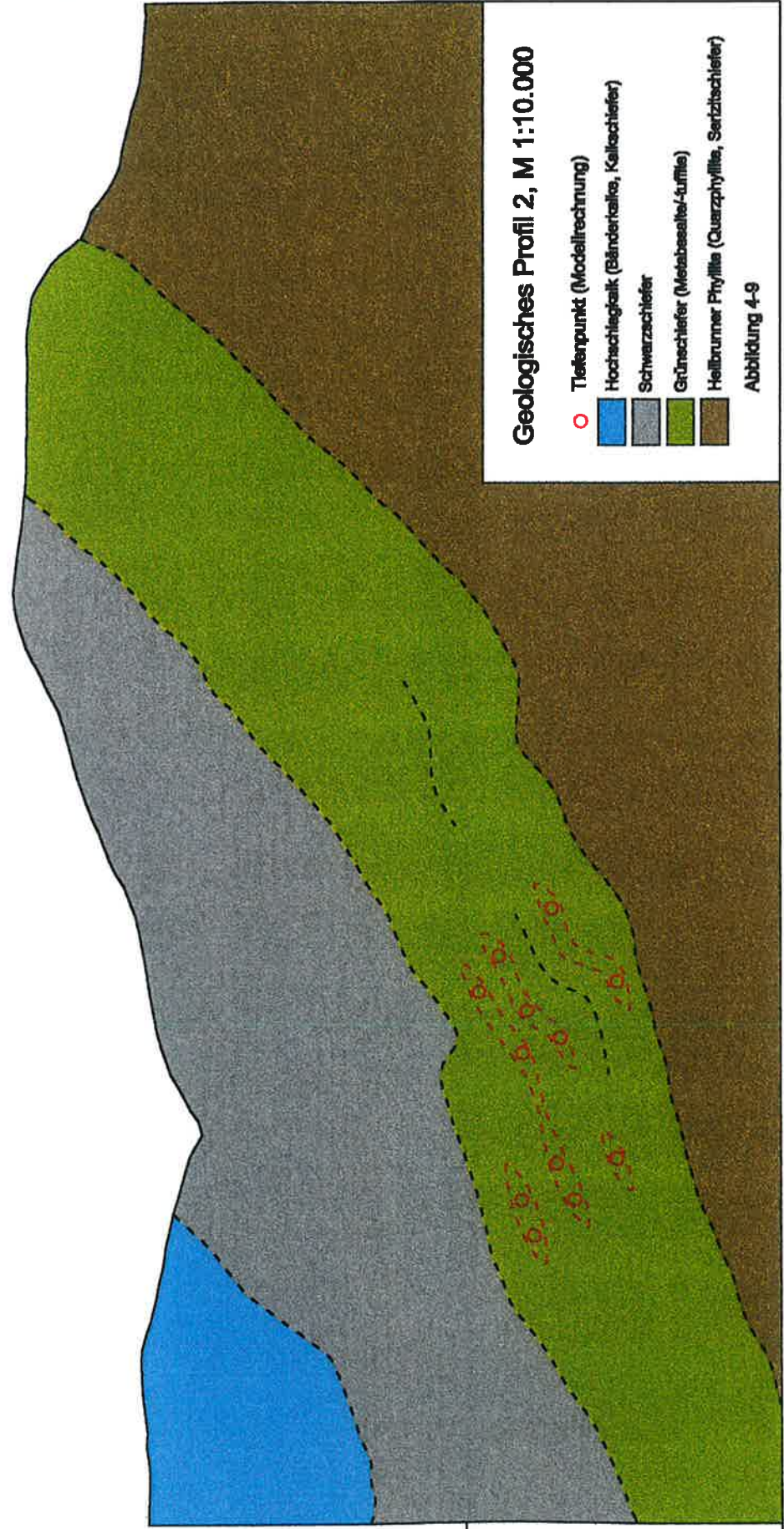
**Geophysikalische Interpretation.** Die Modellierung des Störkörpers der magnetischen Anomalie W' Straßegg nach dem Algorithmus von X. WANG & R.O. HANSEN (1990) ergab 43 Tiefenpunkte mit einer durchschnittlichen Tiefe von 680 m unter FL (entspricht 620 m unter GOK), die obere Störkörpergrenze liegt ca. 500 m unter GOK. Die Hüllkurve dieser Tiefenpunkte beschreibt eine petrophysikalische Unstetigkeitsfläche an der sich die magnetische Suszeptibilität ändert.

**Geologische Interpretation.** Bei Berücksichtigung der für die Modellierung notwendigen Simplifikation (Annahme eines homogenen Störkörpers) und der lokalen geologischen und topografischen Gegebenheiten wird das Ergebnis der mathematischen Lösung der Störkörpermodellierung in Richtung der folgenden geologischen Interpretation relativiert: In der synoptischen Darstellung des Störkörpers (Tiefenpunkte) und den Lagerungsverhältnissen der Grünschiefer ist die räumliche Koinzidenz deutlich zu erkennen, der magnetische Störkörper ist vermutlich auf das Auftreten von **magnetitführenden Metavulkaniten innerhalb der Grünschiefer** im Liegenden der Schwarzschiefer zurückzuführen. Interpretiert unter dem Aspekt der lokalen geologischen Gegebenheiten, wird der modellierte magnetische Störkörper nicht als Indiz auf einen einzelnen geologischen Störkörper gewertet, sondern auf das Auftreten von mehreren linsenförmigen, magnetitreichen Metavulkaniten zurückgeführt (In den Profilen 1-3 wurden diese linsenförmigen Metavulkanite schematisch angedeutet, Anzahl, Lage und Form sind eine Interpretation des Autors).



W

E



### Geologisches Profil 2, M 1:10.000

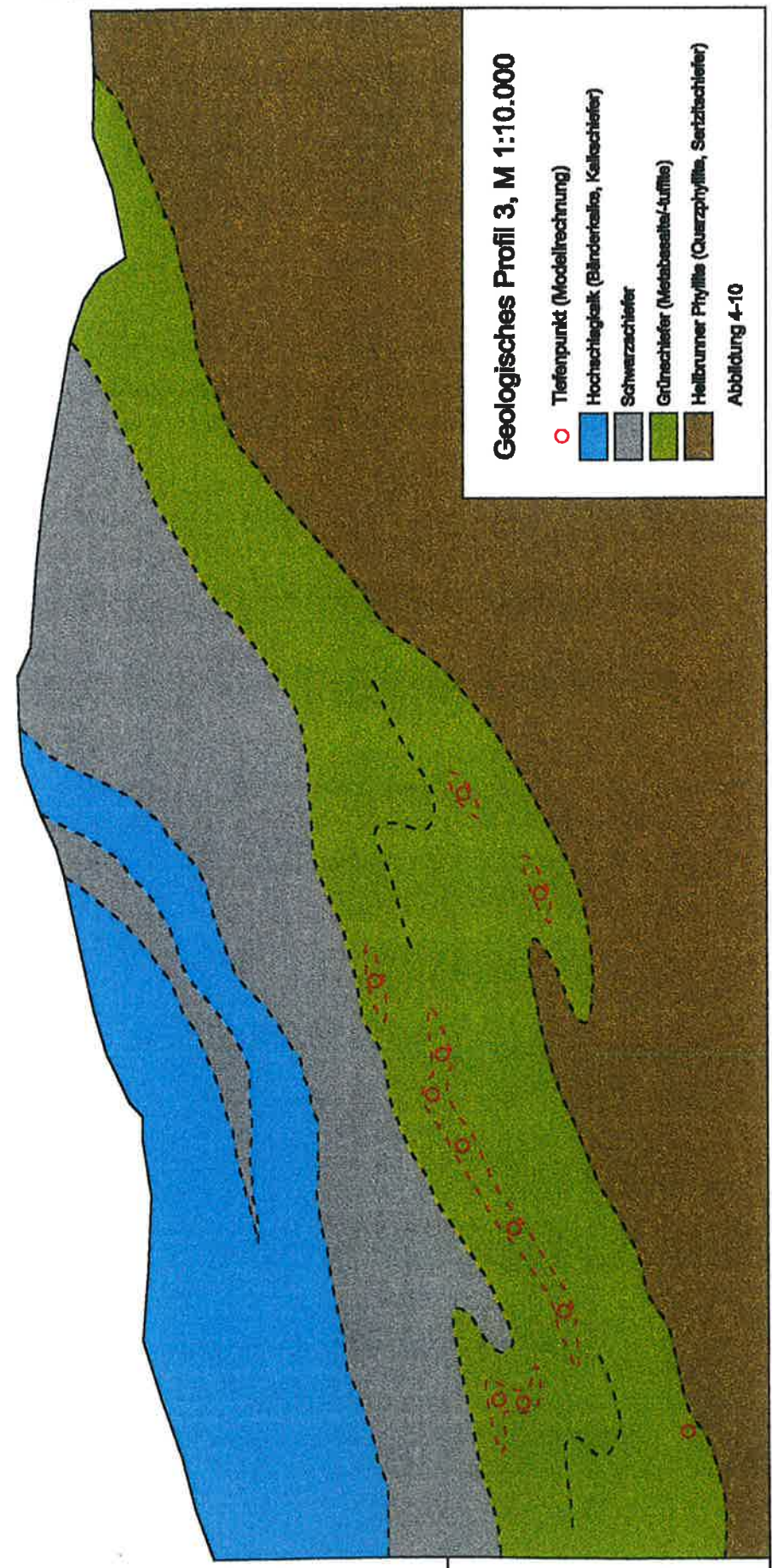
- Tiefenpunkt (Modellrechnerung)
  - Hochschliefschale (Bändertafeln, Kalkschiefer)
  - Schwarzschiefer
  - Grünschiefer (Metabasalte/-tuffite)
  - Heilbrunner Phyllite (Quarzphyllite, Serizitschiefer)
- Abbildung 4-9

500 m

0 m ü.A.

W

E



**Geologisches Profil 3, M 1:10.000**

- Tiefenpunkt (Modellrechnung)
- Hochschichtgaleik (Bänderkalk, Kalkschiefer)
- Schwarzschiefer
- Grüneschiefer (Metabasalt-tuffite)
- Hellbrunner Phyllite (Quarzphyllite, Serztschiefer)

Abbildung 4-10

500 m

0 m ü.A.

#### 4.4.3 Elektromagnetische Widerstandskartierung (AEM)

**Eindringtiefe des Primärfeldes  $H_p$ .** In Gesteinen nimmt die Amplitude elektromagnetischer Wellen exponentiell ab, die Dämpfung ist um so stärker, je geringer die spezifischen Widerstände und je höher die Frequenzen sind. Nach D.G. STRANGWAY (1983) kann die Abnahme der Amplitude wie folgt beschrieben werden:

$$h = 503,3 \cdot \sqrt{\frac{\rho}{f}}$$

wobei  $h$  die Tiefe, bei der die Amplitude um  $2/3$  abgenommen hat,  $\rho$  den Widerstand und  $f$  die Frequenz bezeichnet. Für die Interpretation der im Gebiet Straßegg eingesetzten Meßfrequenzen bedeutet das, daß mit 900 Hz der scheinbare Widerstand mit der doppelten Eindringtiefe wie mit 3600 Hz kartiert wurde.

**Deskriptive Statistik.** In Tabelle 4-2 sind die statistischen Basisdaten der AEM-Meßwerte angegeben, in Abbildung 4-11 die zugehörigen Normalverteilungsdiagramme dargestellt.

	Valid N	Mean	Min	Max	Std.Dev.	Skewness	Kurtosis
R 900	4910	299,3	5,0	869,9	204,59	0,220	-0,909
R 3600	4842	1279,1	6,1	4140,0	914,54	0,451	-0,015

Tabelle 4-2: statistischen Basisdaten - AEM.

Der 3600 Hz Datensatz beinhaltet weniger gültige Meßwerte (valid N) als der 900 Hz Datensatz, die entsprechenden Fehlstellen resultieren in einer scheinbar "löchrigen" Widerstandsverteilung in der 900 Hz Isolinienkarte. Hinweise auf vorliegende Anomalien können aus den statistischen Basisparametern nicht abgeleitet werden.

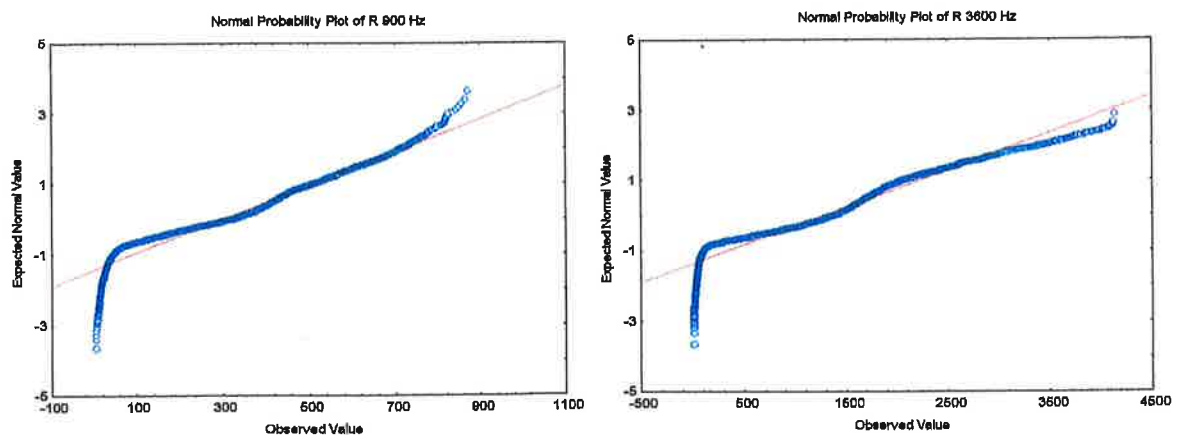


Abbildung 4-11: Normalverteilungsdiagramme des Widerstandes für 900 und 3600 Hz.

Anhand der Normalverteilungsdiagramme ist sowohl bei den 900 Hz-, wie auch bei den 3600 Hz Daten, das gehäufte Auftreten niedriger Widerstandswerte im Meßgebiet festzustellen.

**Darstellung der Ergebnisse.** Die Meßergebnisse der Kartierung des scheinbaren elektrischen Widerstandes  $\rho_a$  [ $\Omega \cdot m$ ] mit den Frequenzen 900 und 3600 Hz sind in Abbildung 4-12 und Abbildung 4-13 als Isolinienplots dargestellt. Die Isolinienkarten wurden mit dem Surface Mapping System SURFER® Rel. 6.02 und den folgenden Parametern erstellt:

Grid Size	81 x 81
Gridding Method	Kriging
Variogramm	Linear
Search Method	Quadrant
Anisotropy	No

Da eine Differenzierung bzw. geologische Zuordnung von höher-ohmigen Bereichen nicht möglich war wurde die grafische Darstellung auf die 100 und 200  $\Omega m$  Linien des 900 Hz Datensatzes und auf die 100 und 500  $\Omega m$  Linien des 3600 Hz Datensatzes beschränkt.

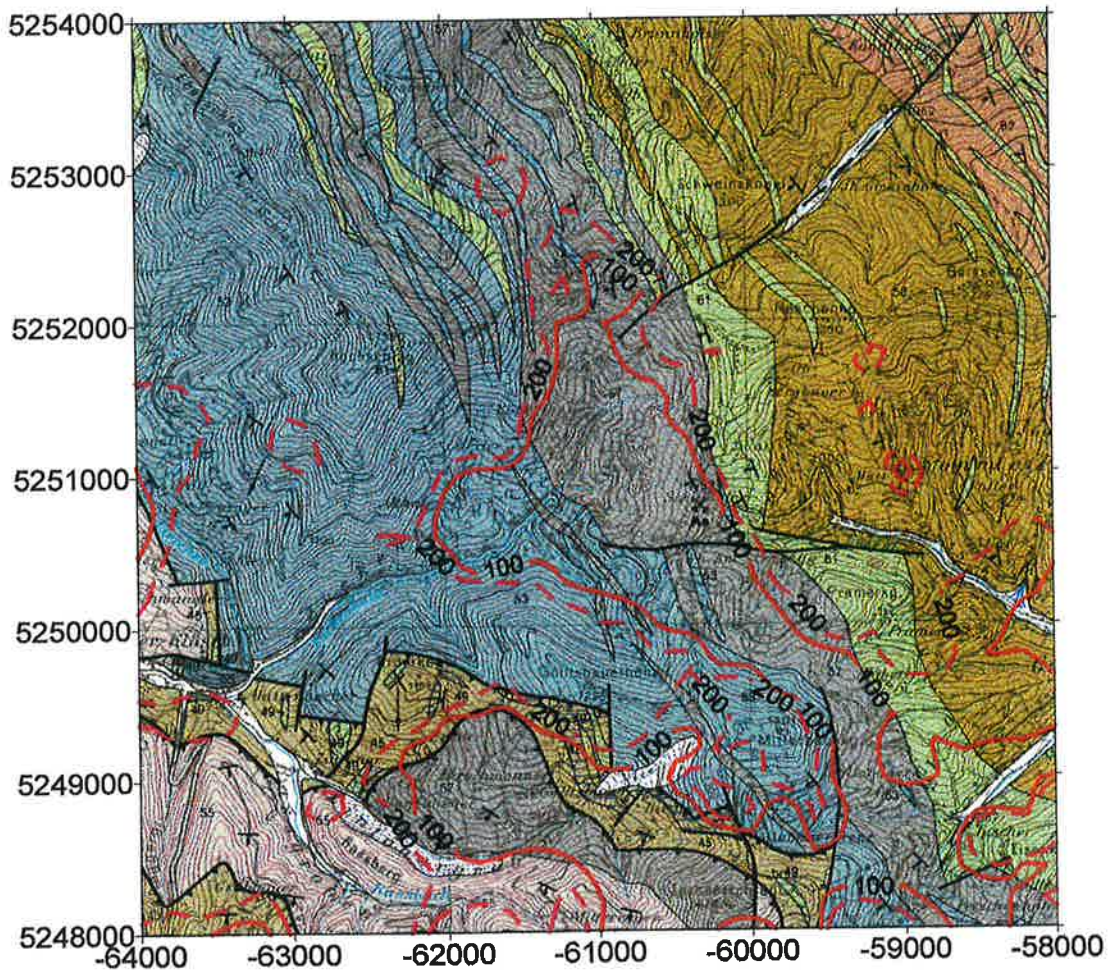


Abbildung 4-12: AEM 900 Hz, Isolinienkarte des scheinbaren elektrischen Widerstandes  $\rho_a$  [ $\Omega \cdot m$ ]. Kartengrundlage: Geologische Karte der Republik Österreich, Blatt 134 Passail

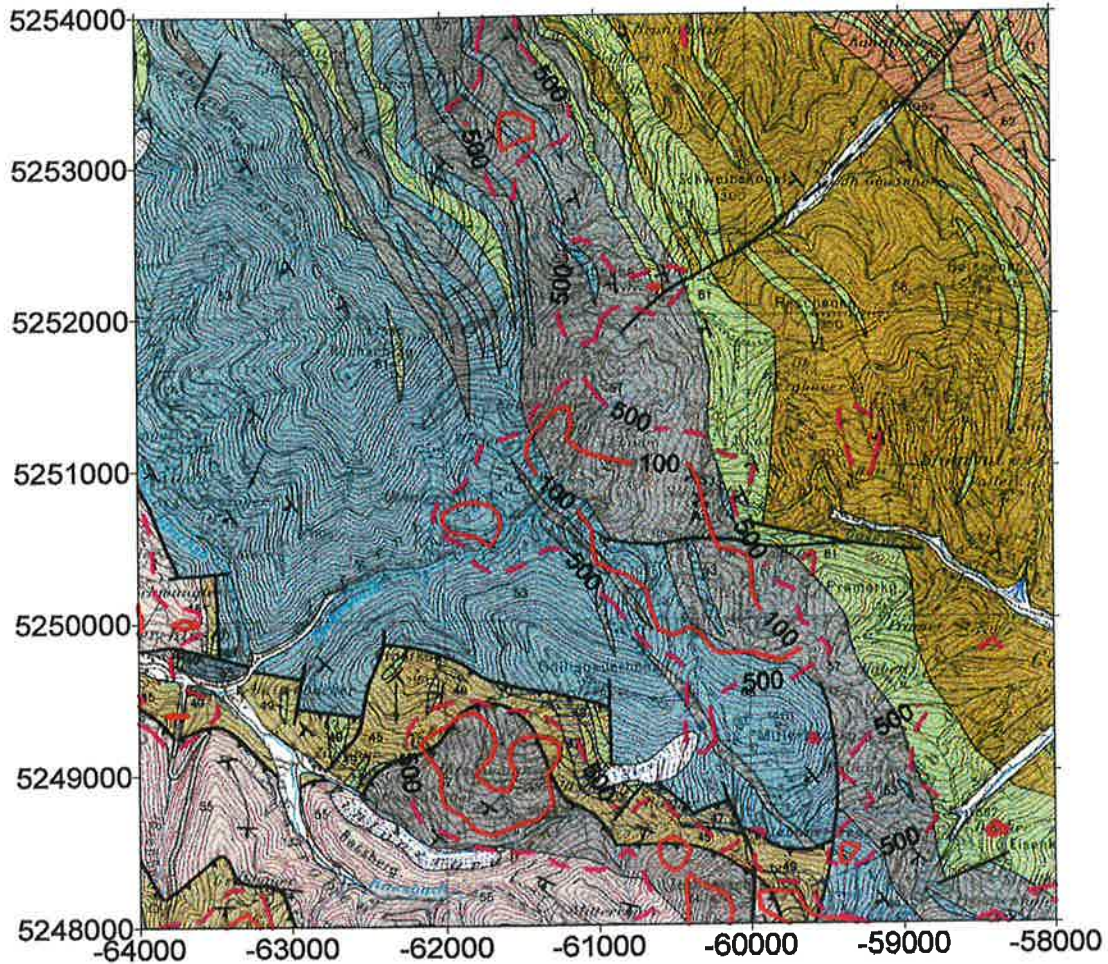


Abbildung 4-13: AEM 3600 Hz, Isoliniendarstellung des scheinbaren elektrischen Widerstandes  $\rho_a$  [ $\Omega \cdot m$ ]. Kartengrundlage: Geologische Karte der Republik Österreich, Blatt 134 Passail.

**Interpretation.** Die Kartierung des scheinbaren elektrischen Widerstandes  $\rho_a$  reflektiert primär die Verteilung der Schwarzschiefer im Untersuchungsgebiet, die sich durch eine gute elektrische Leitfähigkeit auszeichnen ( $R$  900 Hz  $\rho_a < 150 \Omega \cdot m$ ,  $R$  3600 Hz  $\rho_a < 500 \Omega \cdot m$ ). Karbonate, Grün- und Glimmerschiefer zeichnen sich durch höhere scheinbare Widerstände aus, eine Differenzierung zwischen diesen ist anhand der spezifischen scheinbaren Widerstände der vorliegenden AEM Daten nicht möglich.

#### 4.4.4 Gammastrahlenspektrometrie

**Datenkorrektur.** Bei den dargestellten Meßwerten wurden folgende Korrekturen vorgenommen:

- Reduktion des Backgrounds: Subtraktion der kosmischen Strahlung.
- Reduktion des Comptoneffekts: Korrektur des Energieverlustes durch Streuung der  $\gamma$ -Strahlung beim Durchgang durch Materie. Folgende Compton-Streuungskoeffizienten werden von W. SEIBERL (1993) für die eingesetzte Meßkonfiguration angegeben:  
Th in den U-Kanal: 0,27  
Th in den K-Kanal: 0,18  
U in den K-Kanal: 0,82  
U in den Th-Kanal: 0,06
- Höhenkorrektur: Die Abnahme der Intensität der vom Boden emittierten  $\gamma$ -Strahlung läßt sich in begrenzten Höhenintervallen näherungsweise durch die Formel  $I(h) = I_0 \cdot e^{-\mu h}$  beschreiben, wobei I die Intensität, h die Höhe und  $\mu$  die Absorptionskonstante bezeichnen.

**Topographische Einflüsse,** wie die Verstärkung der Gammastrahlung an Hangflächen und in Tälern, sowie die Abschwächung an Bergkämmen wurden nicht korrigiert, und müssen bei der Interpretation berücksichtigt werden. Generell ist festzuhalten, daß die  $\gamma$ -Spektrometrie nur die obersten Bodenbereiche erfaßt (dm-Bereich), "tiefer-reichende" Interpretationen sind daher nicht zulässig.

**Äquivalentkonzentrationen.** Um eine reproduzierbare, geräteunabhängige Meßgröße der aeroradiometrischen Meßergebnisse darzustellen, wurde eine Umrechnung der (geräteabhängigen) Zählraten der drei natürlich vorkommenden, strahlenden Elemente in Äquivalentkonzentrationen mittels der folgenden Faktoren vorgenommen (aus W. SEIBERL, 1993):

Kalium	46	cps	1 %	eK
Uran	4,9	cps	1 ppm	eU
Thorium	3,3	cps	1 ppm	eTh

**Deskriptive Statistik.** In Tabelle 4-3 sind die statistischen Basisparameter der aeroradiometrischen Daten angegeben, in Abbildung 4-14 die zugehörigen Normalverteilungsdiagramme dargestellt.

	Einheit	Valid N	Mean	Min	Max	Variance	Std.Dev.	Skewness	Kurtosis
K	% eK	4728	2,4	0,9	4,8	0,39	0,62	0,40	0,01
U	ppm eU	4723	2,2	1,0	5,9	0,66	0,81	0,50	0,42
Th	ppm eTh	4728	8,4	1,9	20,1	6,93	2,63	0,66	0,61

Tabelle 4-3: Statistische Basisparameter Aeroradiometrie

Anhand der statistischen Kennzahlen (Skewness und Kurtosis) und der Normalverteilungsdiagramme sind im aeroradiometrischen Datensatz keine Hinweise auf Anomalien erkennbar.

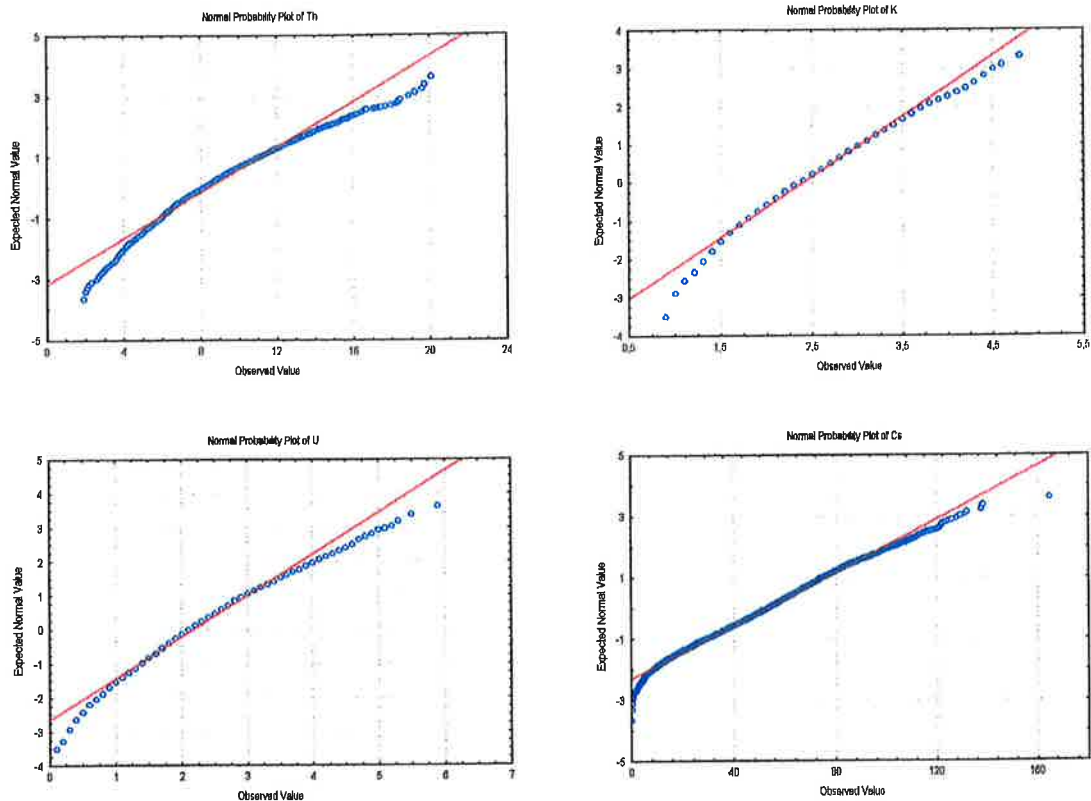


Abbildung 4-14: Normalverteilungsdiagramme der Elemente K, Th, U, Cs - Aeroradiometrie

**Darstellung der Ergebnisse.** Für eine übersichtliche Darstellung wurde bei den aeroradiometrischen Daten auf eine Überlagerung mit der geologischen Karte verzichtet, die Daten wurden in Farbrasterkarten im Maßstab 1: 50.000 dargestellt. Die Farbrasterkarten wurden mit dem Surface Mapping System SURFER® Rel. 6.02 und den folgenden Parametern erstellt:

Grid Size	51 x 51
Gridding Method	Kriging
Variogramm	Linear
Search Method	Quadrant
Anisotropy	No

Die Reduktion der Grid Size auf 51 x 51 war nötig um niedrig-frequente Anteile aus den einzelnen Meßprofilen und den Einfluß der Meßlinien (Streifenmuster) herauszufiltern.

**Thorium ( $^{208}\text{Tl}$ ).** Die Äquivalentkonzentrationen für Thorium reichen im untersuchten Gebiet von 1,9 bis 20,1 ppm eTh. Erhöhte Werte im oberen Zuckenhutgraben (mittlerer Koordinatenquadrant) sind vermutlich auf (abgetragenes) Haldenmaterial zurückzuführen, Thorium tritt (wie auch Uran) u. a. in der Begleitung von bleihaltigen Sulfidmineralen auf. Topographische Einflüsse können nicht quantifiziert werden.

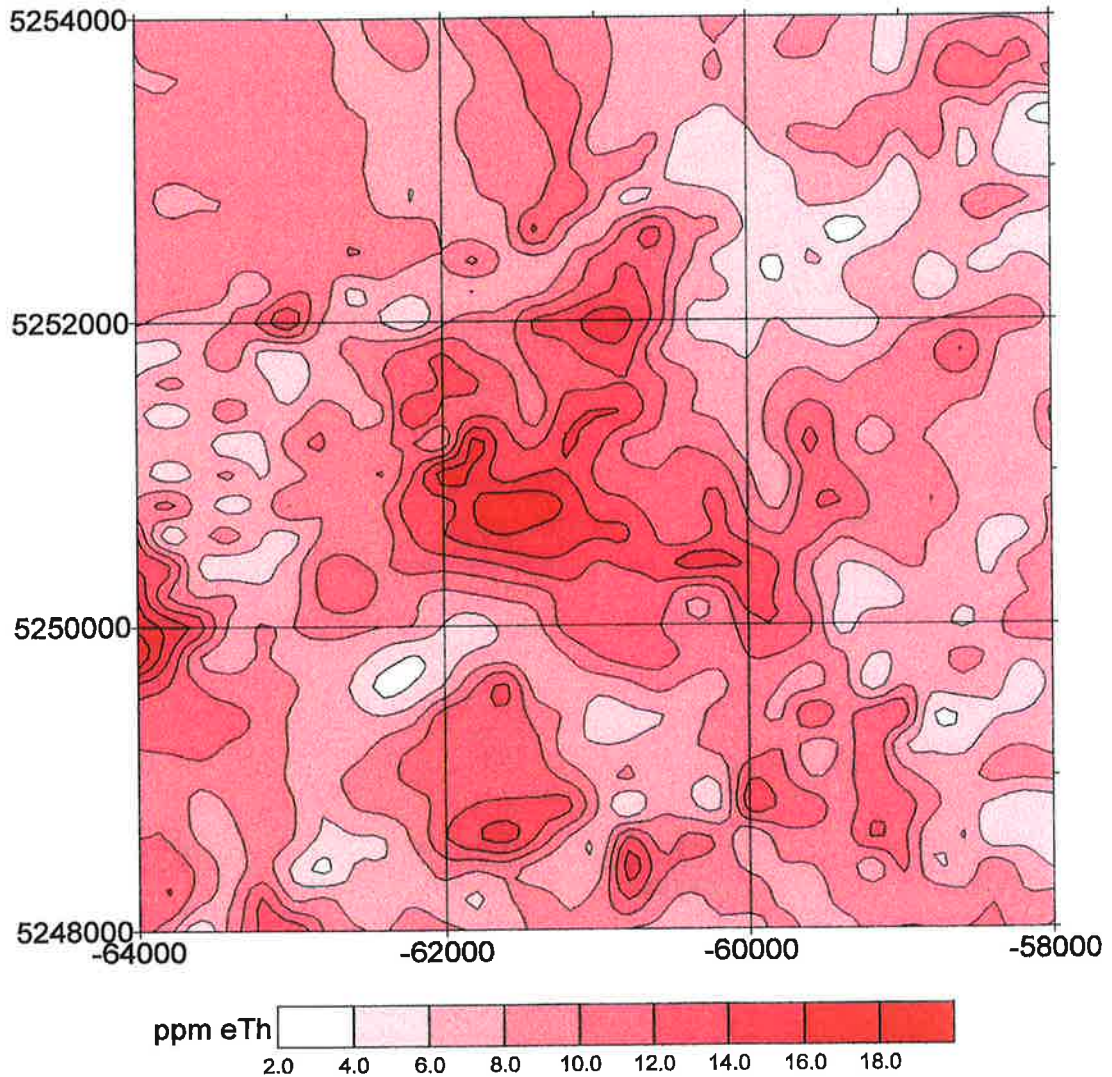


Abbildung 4-15: Aeroradiometrie Thorium ( $^{208}\text{Tl}$ ); M 1:50.000

**Uran ( $^{214}\text{Bi}$ ).** Die Äquivalentkonzentrationen für Uran reichen im Meßgebiet von 1,0 bis 5,9 ppm eU. Für die Verteilung des Uran gilt im wesentlichen das gleiche wie für Thorium, die Annahme eines möglichen Zusammenhanges mit dem Auftreten von Haldenmaterial wird durch die bodengeochemischen Untersuchungen unterstützt, die eine Korrelation von Uran mit Arsen und Gold ergaben. Topographische Einflüsse können nicht quantifiziert werden.

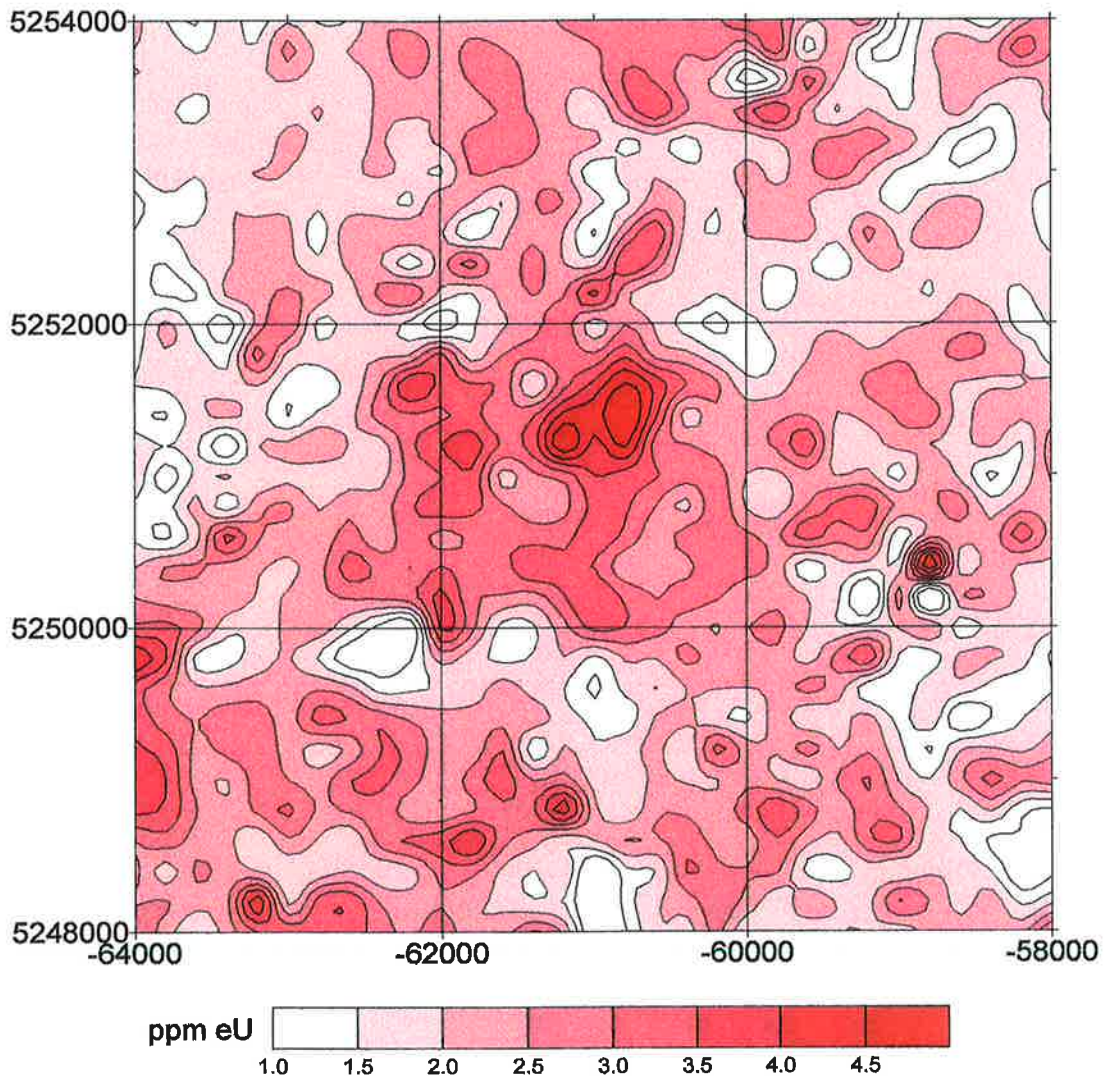


Abbildung 4-16: Aeroradiometrie Uran ( $^{214}\text{Bi}$ ); M 1:50.000

**Kalium ( $^{40}\text{K}$ ).** Die Äquivalentkonzentrationen für Kalium reichen im untersuchten Gebiet von 0,9 bis 4,8 % eK, ein charakteristisches Verteilungsmuster oder ein Zusammenhang mit der Verzerrung Straßegg liegen nicht vor. Leicht erhöhte Werte im oberen Zuckenhutgraben (mittlerer Koordinatenquadrant) sind vermutlich auf zu geringe Höhenkorrektur zurückzuführen.

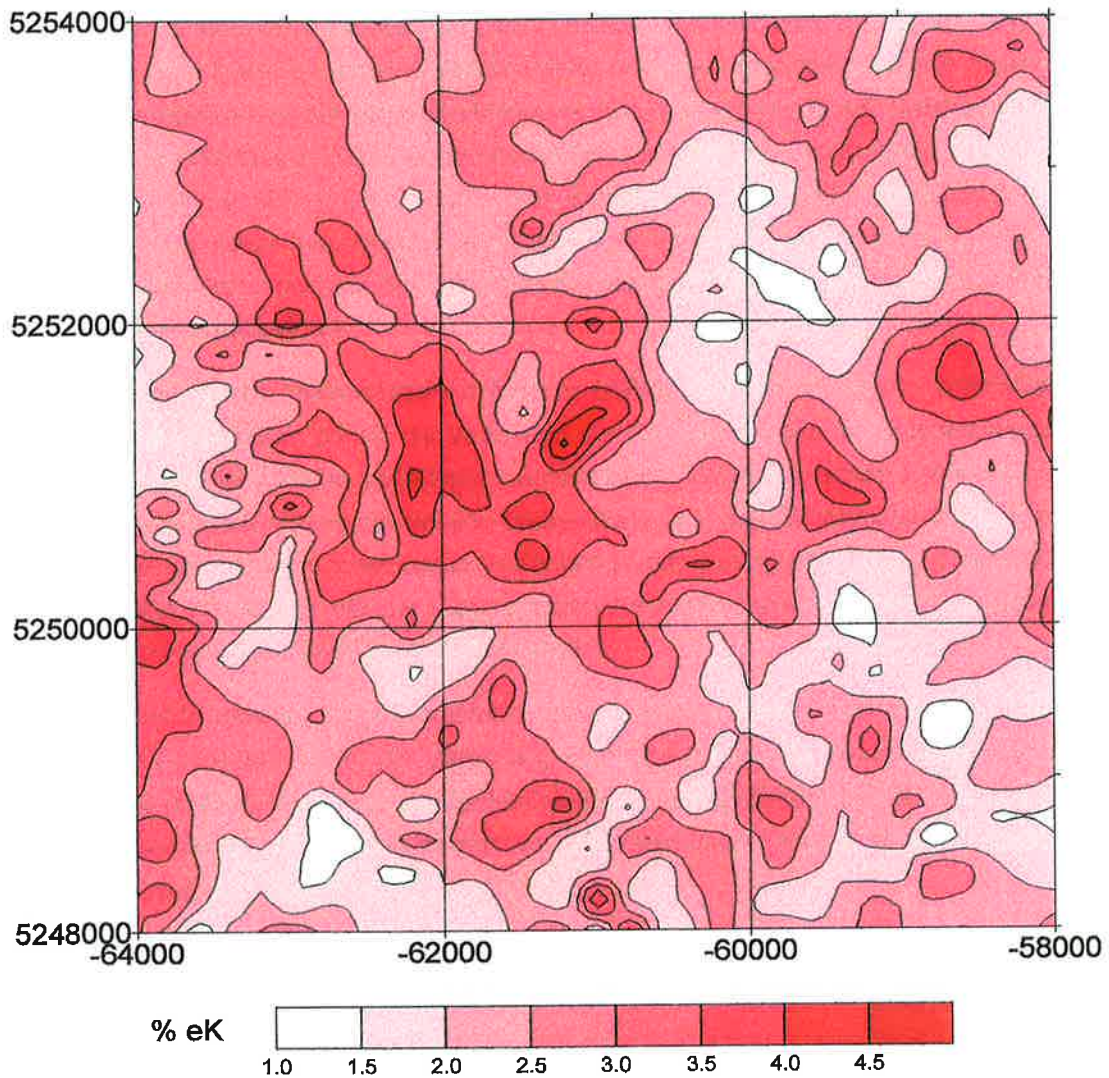


Abbildung 4-17: Aeroradiometrie Kalium( $^{40}\text{K}$ ); M 1:50.000

#### 4.4.5 Zusammenfassung - Aerogeophysik

**Magnetik.** Im Rahmen der aerogeophysikalischen Vermessung des Meßgebietes Birkfeld (W. SEIBERL, 1993) konnte eine positive Anomalie der magnetischen Totalintensität im Bereich Straßegg (L. WEBER, 1990) verifiziert und genauer lokalisiert werden. Die positive magnetische Anomalie mit einem maximalen  $\Delta T$ -Wert von 452,6 nT liegt ca. 1 km westlich der Ausblüßfigur der potentiell vererzten Grünschieferzone und erstreckt sich parallel zu dieser über ca. 6-7 km NNW-SSE, mit einer Breite von ca. 1,5 km. Eine von R. ARNDT (1996) nach dem Algorithmus von X. WANG & R.O. HANSEN (1990) durchgeführten Störkörpermodellierung ergab einen durch 43 Tiefenpunkte repräsentierten magnetischen Störkörper mit einer durchschnittlichen Tiefe von 620 m unter GOK, die obere Störkörpergrenze liegt ca. 500 m unter GOK. Unter dem Aspekt der lokalen geologischen Bedingungen interpretiert, wird dieser magnetische Störkörper vom Verfasser auf das Auftreten von magnetitreichen (Meta-) Vulkaniten innerhalb der unter die Schwarzschiefer und Kalkschiefer abtauchenden Grünschieferzone zurückgeführt.

**Elektromagnetische Widerstandskartierung (AEM).** Die Kartierung des scheinbaren elektrischen Widerstandes reflektiert primär die Verteilung der Schwarzschiefer im Untersuchungsgebiet, die sich durch eine gute elektrische Leitfähigkeit auszeichnen. Karbonate sowie Grün- und Glimmerschiefer zeichnen sich durch höhere scheinbare Widerstände aus, eine Differenzierung zwischen diesen kann anhand der spezifischen scheinbaren Widerstände der vorliegenden AEM- Daten nicht durchgeführt werden. Eine Korrelation mit der magnetischen Anomalie (bzw. Erfassung des Störkörpers) ist aufgrund der zu geringen Eindringtiefe nicht möglich.

**Gammasspektrometrie.** Aeroradiometrisch konnte kein direkter Zusammenhang der Kalium-, Thorium- oder Uranverteilung mit der Vererzung Straßegg festgestellt werden, möglicherweise indizieren geringfügig erhöhte Uranwerte im Zuckenhutgraben das Auftreten der Halden, als Indiz dafür kann die im Rahmen der bodengeochemischen Untersuchungen festgestellte, positive Korrelation von Uran mit Arsen und Gold gewertet werden.

## 5 SYNOPSIS

Im Rahmen dieses Kapitels erfolgt die synoptische Darstellung jener geochemischen und geophysikalischen Anomalien die in einem kausalen Zusammenhang mit dem Auftreten der Arsenkies-Goldvererzung im Bereich Straßegg stehen und gemeinsam die komplexe "*Straßegger Anomalie*" bilden.

**Synoptische Darstellung.** In Beilage 2 wurden im Maßstab 1:25.000 die Verbreitung der (potentiell vererzten) Grünschiefer, schematisch die Position historischer Bergbauspuren (nach MINEREX, 1987), die Bodenprobenahmepprofile, die Stream- Sedimentprobenahmepunkte mit anomalen Elementkonzentrationen aus dem Geochemischen Atlas (F. THALMANN, O. SCHERMANN, E. SCHROLL & G. HAUSBERGER (1989)), Probenahmepunkte bei denen F. KARG (1987) Arsen in Brunnen- und Bachwässern nachweisen konnte und die Isanomalie der magnetischen Totalintensität gemeinsam dargestellt. Bei den Stream Sediment Probenahmepunkten wurden jene Elemente angegeben, deren Konzentration um 2 (1) Standardabweichung(en) über dem Mittelwert liegen, bei den Wasserprobenahmestellen die Arsenkonzentration in mg/l.

**Interpretation.** Die komplexe "Straßegger Anomalie" setzt sich aus einer geophysikalischen Anomalie der magnetischen Totalintensität und sekundären geochemischen Anomalien zusammen. Die westlich des Ausbißbereiches der vererzten Grünschiefer (und der ehemaligen Bergbaue) liegende magnetische Anomalie ist vermutlich auf das Auftreten von magnetitreichen Metavulkaniten in ca. 500-600 m Tiefe in der Grünschieferzone zurückzuführen. Bei den sekundären geochemischen Anomalien konnte durch die im Ausbißbereich der Grünschiefer durchgeführten Bodenanalysen lokal erhöhte Arsen-, Blei-, Antimon- und Goldgehalte nachgewiesen werden. Die Multielement- Stream Sediment Anomalie (Ag, As, Pb, Sb, Cu) indiziert die Vererzung Straßegg abhängig vom Gewässernetz durch weiträumige Halos. Die lokale hydrochemische Arsenanomalie ist großteils auf die Elution von Haldenmaterial zurückzuführen.

## 6 KONZEPTION WEITERFÜHRENDER EXPLORATIONSMASSNAHMEN

Eine Bewertung des potentiellen Wertstoffinhaltes der Metavulkanite erfordert eine Erkundung des Untergrundes durch Bohrungen. Um das ökonomische Risiko zu minimieren wird vorgeschlagen, in einem ersten Schritt mittels 3-4 orientierenden Kernbohrungen die genaue räumliche Lage und Mächtigkeit der Grünschiefer sowie den Goldgehalt festzustellen. Diese Bohrungen sind (nach den von der Oberflächenkartierung her bekannten Lagerungsverhältnissen) senkrecht auf das Einfallen der die Grünschiefer mit einem Azimuth von  $070^\circ$  und einem vertikalen Winkel von  $50^\circ$ - $60^\circ$  auszurichten und bis zu einer Tiefe von ca. 300 m abzuteufen. Lagemäßig geeignete Bohrpunkte, die historische Bergbauspuren und auch Zufahrtsmöglichkeiten berücksichtigen, liegen im Bereich Schulhofer, W' des Gehöftes Unterer Bergbauer und auf der Forststraße ca. 500 m NE' vom Gehöft Ebner. Abhängig von den Ergebnissen der orientierenden Bohrungen sollte im nächsten Schritt eine Bohrung in den magnetischen Störkörper ( $> 500$  m) abgeteuft werden, um die mit diesem assoziierten Mineralisationen evaluieren zu können. Ein geeigneter Bohrplatz für diese Vertikalbohrung liegt im Bereich des Zuckenhutgrabens an der Zufahrtsstraße zum Gehöft Kögerlbauer.

## 7 LITERATUR

- ARNDT, R.: Drei- dimensionale Interpretation und Visualisierung von Potentialfeldern- Fallstudien aus dem Ostalpenraum. - Unveröffentl. Diss., 1-148, Formal- und Naturwiss. Fak. Univ. Wien, Wien 1993.
- ARNDT, R.: Modellierung des magnetischen Störkörpers westlich von Straßegg nach dem Algorithmus von WANG, X. & HANSEN, R.O. (1990). Unveröffentl. Modellrechnung, Inst. f. Meteorologie u. Geophysik, Univ. Wien, Wien 1996.
- CZERMAK, F., SCHADLER, J.: Vorkommen des Elementes Arsen in den Ostalpen. Tschermaks Min.- Petrogr. Mitt., **44**, 1-67, Leipzig 1933.
- DAVIS, J.C.: Statistics and Data Analysis in Geology. 646 S., New York (John Wiley & Sons) 1986.
- EBNER, F. & WEBER, L.: Die geologisch- tektonischen Verhältnisse zwischen Tannebenstock und Rötschgraben (Grazer Paläozoikum). - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, **108**, 95-113, Graz 1978
- EVANS, A.M. (ed.) : Introduction to Mineral Exploration. p. 396, Oxford (Blackwell Scientific Publ.) 1995.
- FINLOW- BATES, T.: The chemical and physical controls on the genesis of submarine exhalative orebodies and their implications for formulating exploration concepts: A review.- Geol. Jb. **D40**, 131 - 168, Hannover 1980.
- FLÜGEL, H.W., HÖTZL, H., NEUBAUER, F.: Geologische Karte der Republik Österreich 1: 50.000, Blatt 134 Passail. -Wien (Geol. B.-A.) 1990.
- FLÜGEL, H.W. & NEUBAUER, F.: Steiermark.- Erläuterungen zur Geologischen Karte der Steiermark 1: 200.000. - Geologie der Österreichischen Bundesländer in kurzgefaßten Einzeldarstellungen, 127 S., 1 geol. Karte, 28 Abb., 5 Tab., Wien (Geol. B.-A.) 1984.
- FOSTER, R. P.: Gold Metallogeny and Exploration. Glasgow (Blackie and Son Ltd.) 1991.
- FRIEDRICH, O. M.: Beiträge zur Kenntnis steirischer Erzvorkommen. - Mitt. Naturwiss. Ver. Steiermark, **73**, 10-18, Graz (1933) 1936.
- FRIEDRICH, O. M.: Erzminerale der Steiermark. - Leykam AG, 58 S., Graz 1959.
- GLADNEY E.S., JONES E.A., NICKELL, E.J.: 1988 Compilation of Elemental Concentration. Data for USGS- AGV-1, GSP-1 and G2. Geostandards Newsletter, Vol. **16**, No. 2, p. 111, 1992.
- GOLDEN SOFTWARE, INC.: GRAPHER Rel. 1.25 2D Graphing System. [Computer program manual]. Golden, CO, 1994.
- GOLDEN SOFTWARE, INC.: SURFER Rel. 6.02 Surface Mapping System. [Computer program manual]. Golden, CO, 1996.
- GOVINDARJU, K.: 1984 compilation of working values and sample description for 170 international reference samples of mainly silicate rocks and minerals. Geostand. Newsl., **8**. Spec. Issue, 1984.
- GSELLMANN, H.: Zur Geologie am Nordostrand des Grazer Paläozoikums (im Bereich Hochschlag- Plankogel- Heilbrunn). - Unveröffentl. Diss., Naturwiss. Fak. Univ. Graz, Graz 1987.

- GUTDEUTSCH, R. & SEIBERL, W.: Die Aeromagnetische Vermessung Österreichs.- Unveröffentl. Endber., 34 S., 1 Karte. Inst. Meteorologie und Geophysik, Univ. Wien, Wien 1987.
- HANSEN, R.O., WANG, X.: Simplified Frequency -domain Expression for Potential Fields of Arbitrary Three-dimensional Bodies. -Geophysics, **53**, 365-374, Tulsa 1988.
- HEINZ, H. & SEIBERL, W.: Bewertung und Problematik aerogeophysikalischer Anomalien im österreichischen Bundesgebiet (Stand: Mitte 1990). Abh. Geol. B.-A., **44**, 244 S., Wien 1990.
- HOFFMANN, S.J.: Soil Sampling In: Exploration Geochemistry: Design and Interpretation of Soil Surveys. Reviews in Economic Geology, Vol. **3**, p. 39-70. Soc. of Econ. Geol., Chelsea, MI, 1986.
- HOFFMANN, S.J.: The Soil Survey- Designing an Exploration Program. In: Exploration Geochemistry: Design and Interpretation of Soil Surveys. Reviews in Economic Geology, Vol. **3**, p. 19-38. Soc. of Econ. Geol., Chelsea, MI, 1986.
- JAROSEWICH, E., CLARKE, R.S., BARROWS, J.N.: The Allende Meteorite Reference Sample. Smithsonian Contrib. Earth Science, Vol. **27**, p. 49, 1987.
- KARG, F: Geologische Kartierung im Gebiet um das Straßegg (Steiermark / Österreich) und lagerstättenkundlich-geochemische Untersuchung der Gold-Arsenkieslagerstätte Straßegg. Unveröffentl. Diplomarbeit, Philips Universität Marburg, 1-196, Marburg/Lahn 1988.
- KOEBERL, C.: Instrumental Neutron Activation Analysis of geochemical and cosmochemical samples: a fast and reliable method for small sample analyses. Proceedings, 8<sup>th</sup> Intern. Conference, Modern Trends in Activation Analyses. J. Radioanalyt. Nucl. Chem., Vol. **168**, No. 1 (1993), 47-60, Lausanne (Elsevier) 1993.
- KOLMER, H.: Die Verteilung von Ti, Sr, Y und Zr in spillitischen Gesteinen der Steiermark. - Mitt. Naturwiss. Ver. Steiermark, **108**, 31-43, Graz 1978.
- LANDVOIGT, W. UND WEGSCHEIDER, W.: Theorie und Übungen zur Praxis der Qualitätssicherung im analytischen Labor. - Unveröffentl. Kursunterlagen, (Ges. Österr. Chemiker), Linz 1995.
- LOESCHKE, J.: Zur Geochemie basischer Vulkanite aus dem Grazer Paläozoikum. - Mitt. Naturwiss. Ver. Steiermark, **118**, 95-105, Graz 1988.
- MINEREX, MINERAL EXPLORATIONSGES. M.B.H.: Projekt: Gold -Straßegg. Statusbericht Projektzeitraum VII-XII/1986, 13 S., Wien 1987.
- NIGGLI, M.: Geochemische Untersuchungen metamorpher Pb-Zn-Lagerstätten und ihrer Nebengesteine. - Unveröffentl. Diss. ETH Zürich, Zürich 1987.
- ÖNORM S 2072 (1.Dezember 1990): Gefährdungspotential (Eluatklassen) von Abfällen. Österr. Normungsinstitut, Wien 1990.

- OVCHINNIKOV, L. N. & GRIGORYAN, S. V.: Primary Halos in prospecting for sulfide deposits. In: *Geochemical Exploration*. (Boyle, tech. ed.), Special Vol. No. 11, pp. 375-380, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1971.
- POHL, W.: W. & W.E. Petrascheck's Lagerstättenlehre. - Eine Einführung in die Wissenschaft von den mineralischen Bodenschätzen. 4. Auflage., 504 S., 246 Abb. Stuttgart (Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung) 1992.
- SEIBERL, W.: Aerogeophysikalische Vermessung im Bereich Birkfeld. Unveröffentl. Ber. Wien (Geol. B.-A.) 1993.
- SEREN, S.: Geophysikalische Untersuchung des Kraubather Serpentin. Unveröffentl. Diss., Phil. Fak., Univ. Wien, Wien 1980.
- SIEGEL, F. R.: Applied Geochemistry. p. 1-353, New York (John Wiley & Sons) 1974.
- SINCLAIR, A. J.: Statistical Interpretation of Soil Geochemical data. In: *Exploration Geochemistry: Design and Interpretation of Soil Surveys*. Reviews in Economic Geology, Vol. 3, p. 19-38. Soc. of Econ. Geol., Chelsea, MI, 1986.
- STADELHOFEN, C.M.: Anwendung geophysikalischer Methoden in der Hydrogeologie. 230 S., 213 Abb., Berlin (Springer) 1994.
- STATSOFT, INC.: STATISTICA for Windows. [Computer program manual]. Tulsa, OK, 1995.
- STRANGWAY, D.G.: Audiofrequency Magnetotelluric (AMT) Sounding. In: FITCH A.A. (ed): *Developments in Geophysical Exploration Method* Vol. 5, p 107-159. Applied Science Publishers, London 1983.
- THALMANN, F., SCHERMANN, O., SCHROLL, E. & HAUSBERGER, G.: *Geochemischer Atlas der Republik Österreich 1: 1.000.000, Böhmisches Masse und Zentralzone der Ostalpen (Bachsedimente <0.18 mm)*. - 47 Abb., 5 Tab., 6 Taf., Wien (Geol. B.-A.) 1989.
- WACKERNAGEL, H.: *Multivariate Geostatistics*, 250 p., 75 Fig., 5 Tab., Berlin, Heidelberg (Springer) 1995.
- WANG, X. & HANSEN, R.O.: Inversion for Magnetic Anomalies of Arbitrary Three-dimensional Bodies. -*Geophysics*, 55, 1321-1326, Tulsa 1990.
- WEBER, L. (Hrsg.): *Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs*. Erläuterungen zur metallogenetischen Karte Österreichs 1:500 000 unter Einbeziehung der Industriemineralien und Energierohstoffe. -*Arch. f. Lagerst. forsch. Geol. B.-A.*, 19, 607 S., Wien 1997.
- WEBER, L. & DAVIS, J.C.: Multivariate statistical analysis of streamsediment geochemistry in the Grazer Paläozoikum, Austria. -*Mineral. Deposita* 25, 213-220. Springer 1990.
- WEBER, L.: Die Blei-Zinkerzlagerstätten des Grazer Paläozoikums und ihr geologischer Rahmen. -*Arch. f. Lagerst. forsch. Geol. B.-A.*, 12, 289 S., Wien 1990.
- WEBER, L.: Robustifizierung der Stream Sedimentdaten aus dem Bereich Straßegg, Grazer Paläozoikum. Unveröffentl. statistische Berechnungen, Wien 1996.

## 8 ANHANG

### 8.1 Abkürzungen

AAS	Atomabsorptionsspektroskopie
AES	Atomemissionsspektroskopie
$\Delta T$	Anomalie der magnetischen Totalintensität
FL	flight level
GK	Gauß-Krüger
GOK	Geländeoberkante
Gutzeit	semiquantitative Arsenbestimmung nach Gutzeit
ICP	Inductive Coupled Plasma
DCP	Direct Current Plasma
L1,L2,L3	Meßdurchgänge Neutronenaktivierungsanalyse
INAA	Instrumentelle Neutronenaktivierungsanalyse
MCA	Multi channel analyzer
OES	Optische Emissions Spektroskopie
SEDEX	sedimentär exhalativ
$\tau/2$	Halbwertszeit
USGS	United States Geological Survey
XRF	Röntgenfluoreszenz
XRD	Röntgendiffraktometrie

## 8.2 Abbildungsverzeichnis

Abb.	Titel	Seite
2-1	Geologische Übersichtskarte, Ausschnitt aus H. W. FLÜGEL & F. NEUBAUER (1984), Maßstab ca. 1:100.000	4
3-1	Entstehung sekundärer geochemischer Anomalien (aus S. J. HOFFMAN & I. THOMSON 1986, p. 118)	13
3-2	Identifikation von geochemischen Anomalien anhand der Häufigkeitsverteilung (aus: W. POHL 1992).	16
3-3	Korrelationskoeffizient $r$ als Indikator für den Zusammenhang zweier Variablen $x, y$ (aus: A. J. SINCLAIR, 1986)	17
3-4a-h	Stream Sediment Geochemie: Normalverteilungsplots für die Elemente Ag, As, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb und Sb.	22
3-5	Stream Sediment Geochemie- Silber	24
3-6	Anomaliekarte- Silber	24
3-7	Stream Sediment Geochemie: Arsen	25
3-8	Anomaliekarte- Arsen	25
3-9	Stream Sediment Geochemie - Chrom	26
3-10	Anomaliekarte- Chrom	26
3-11	Stream Sediment Geochemie - Kupfer	27
3-12	Anomaliekarte- Kupfer	27
3-13	Stream Sediment Geochemie- Mangan	28
3-14	Anomaliekarte- Mangan	28
3-15	Stream Sediment Geochemie- Nickel	29
3-16	Anomaliekarte- Nickel	29
3-17	Stream Sediment Geochemie- Blei	30
3-18	Anomaliekarte- Blei	30
3-19	Stream Sediment Geochemie- Antimon	31
3-20	Anomaliekarte- Antimon	31
3-21	Probenahmepunkte Stream Sediment Geochemie im Bereich des Straßeggs (Maßstab 1:50.000)	32
3-22	Isanomalie-Darstellung Hauptkomponente 1 (Q-mode loadings)	36
3-23	Isanomalie-Darstellung Hauptkomponente 2 (Q-mode-loadings)	36
3-24	Isanomalie-Darstellung Hauptkomponente 3 (Q-mode-loadings)	37
3-25	Isanomalie-Darstellung Hauptkomponente 4 (Q-mode-loadings)	37
3-26	Isanomalie-Darstellung Hauptkomponente 5 (Q-mode-loadings)	38
3-27	Isanomalie-Darstellung Hauptkomponente 6 (Q-mode-loadings)	38
3-28	Isanomalie-Darstellung Hauptkomponente 7 (Q-mode-loadings)	39
3-29	Grafische Darstellung der Analysenergebnisse von 51 Bodenproben	47

Abb.	Titel	Seite
3-30 a-t	Normalverteilungsdiagramme- Analyseergebnisse Bodengeochemie	52
3-31 a-h	Erzanalysen MINEREX: Normalverteilungsdiagramme für Ag, As, Au, Bi, Cu, Pb, Sb und Zn	55
3-32	Arsengehalte in Bach- und Brunnenwässern des Straßeggs, Lage der Probenahmepunkte, Beprobung vom 8.8.1985 (nach F. KARG 1988, Seite 159, ohne Maßstab)	57
4-1	Ausschnitt der Aeromagnetischen Karte, Isanomalien der magnetischen Totalintensität in nT, 2500 m Horizont (ohne Maßstab) - aus L. WEBER, 1990 (Straßegg befindet sich im oberen Bildbereich rechts der Bildmitte)	61
4-2	Aerogeophysik- Meßausrüstung ( <a href="http://www.geolba.ac.at">http://www.geolba.ac.at</a> )	62
4-3	Fluglinien Aerogeophysik, Maßstab 1:50.000, Kartengrundlage: Geologische Karte der Republik Österreich, Blatt 134 Passail. Dargestellt sind hier nur jene Meßpunkte mit gültigen Magnetikmesswerten	63
4-4	Isanomalien der magnetischen Totalintensität [nT] - Bereich Straßegg, M1:50.000, Isolinienplot auf Kartengrundlage: Geologische Karte der Republik Österreich, Blatt 134 Passail, Surfaceplot: perspektivische Darstellung (Tilt 20°, Eye distance 20%, Blickrichtung nach N)	65
4-5	statistische Basisdaten Aeromagnetik	66
4-6	Nach X. WANG & R.O. HANSEN (1990) von R. ARNDT (1996) modellierte Tiefenpunkte des magnetischen Störkörpers westlich Straßegg. Kartengrundlage: Geologische Karte der Republik Österreich, Blatt 134 Passail	68
4-7	Verteilung der Tiefenpunkte	69
4-8	Geologisches Profil 1- Störkörper, M 1:10.000	70
4-9	Geologisches Profil 2- Störkörper, M 1:10.000	71
4-10	Geologisches Profil 3- Störkörper, M 1:10.000	72
4-11	Normalverteilungsdiagramme des Widerstandes für 900 und 3600 Hz	73
4-12	AEM 900 Hz, Isoliniendarstellung des scheinbaren elektrischen Widerstandes $r_a$ [ $\Omega$ .m]. Kartengrundlage: Geologische Karte der Republik Österreich, Blatt 134 Passail	74
4-13	AEM 3600 Hz, Isoliniendarstellung des scheinbaren elektrischen Widerstandes $r_a$ [ $\Omega$ .m]. Kartengrundlage: Geologische Karte der Republik Österreich, Blatt 134 Passail	75
4-14	Normalverteilungsdiagramme der Elemente K, Th, U, Cs - Aeroradiometrie	77
4-15	Aeroradiometrie Thorium ( $^{208}\text{Tl}$ ); M 1:50.000	78
4-16	Aeroradiometrie Uran ( $^{214}\text{Bi}$ ); M 1:50.000	79
4-17	Aeroradiometrie Kalium( $^{40}\text{K}$ ); M 1:50.000	80

### 8.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle	Titel	Seite
3-1	Pathfinder für vulkanogen massive Sulfiderze (nach R.P. FOSTER 1991)	13
3-2	Oberflächenmobilität und Verwendung relevanter Elemente in der Exploration (A. M. EVANS 1995, Seite 141)	13
3-3	Stream Sedimentgeochemie - Geochemischer Atlas: Analysenmethoden und Nachweisgrenzen (wenn nicht anders angegeben: ppm)	19
3-4	Anzahl der Probenahmepunkte $n(c>0)$ , $n_{\text{gesamt}} = 351$	20
3-5	Deskriptive Statistik- Stream Sediment Geochemie, Koordinatenausschnitt: GK rechts: -70000 bis -50000 und GK hoch: 5242000 bis 5260000	21
3-6	Gridding Parameter für die Erstellung der Farbkonturkarten	23
3-7	Probenahmepunkte im Bereich des Straßeggs mit Elementkonzentrationen, die um die 1- oder 2-fache Standardabweichung über dem Mittelwert liegen	32
3-8	Korrelationsmatrix - 35 Stream Sedimentdaten, Koordinatenausschnitt GK rechts: -64000 bis -58000 und GK hoch: 5248000 bis 5254000	34
3-9	Korrelationsmatrix - 602 Stream Sedimentdaten Grazer Paläozoikum (Auszug aus L. WEBER 1990, Seite 87)	34
3-10	R - mode loadings der Hauptkomponentenanalyse von 351 robustifizierten Stream Sedimentdaten	35
3-11	Analysenparameter DCP-AES	40
3-12	INAA: Indikator nuklid, Gammasppektrallinie, Halbwertszeit, Nachweisgrenze, ausgewerteter Meßdurchgang. Nachweisgrenzen aus C. KOEBERL (1996); die Nachweisgrenzen sind bei den einzelnen Proben unterschiedlich und abhängig von Gesamtaktivität, Beginn und Dauer der Integrationszeit, Background und Interferenzen	41
3-13	Standardkonzentrationen der Standards S, G2 und Allende [ppm]	42
3-14	Analysenergebnisse Bodengeochemie	43
3-15	Probenahmepunkte mit erhöhten Metallgehalten	48
3-16	Deskriptive Statistik- Analysenergebnisse Bodengeochemie	49
3-17	Korrelationsmatrix - 51 Bodenproben	52
3-18	Multielementanalytik von Erzproben - Korrelationsanalyse	53
3-19	Ergebnisse der Multielementanalytik von Erzproben (MINEREX 1987)	54
3-20	Arsengehalte in Bach- und Brunnenwässern des Straßeggs (aus F. KARG 1988, Seite 159)	57
3-21	ÖNORM S 2072, Arsengrenzwerte der einzelnene Eluatklassen	58
3-22	Mittelwerte der Elementkonzentrationen der untersuchten Medien	59
3-23	Relevante Pathfinder für die Vererzung Straßegg	60
4-1	Modellierte Tiefenpunkte des magnetischen Störkörpers	67
4-2	statistische Basisdaten - Aeroelektromagnetik7	73
4-3	statistische Basisparameter Aeroradiometrie	76

## Dank

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, die das Zustandekommen dieser Arbeit auf vielfältige Weise unterstützt haben, an erster Stelle bei Herrn Univ.-Doz. Dr. LEOPOLD WEBER für die Aufgabenstellung und umfassende Betreuung. Der Dank für die Übernahme des Zweitgutachtens und die Betreuung des geochemischen Teils gilt Herrn Univ.-Prof. Dr. WOLFGANG KIESL, für die Betreuung des geophysikalischen Teils Herrn Univ.-Prof. Dr. WOLFGANG SEIBERL. Weiters möchte ich mich bei den Herrn Dr. WILFRIED KÖRNER und Univ.-Doz. Dr. CHRISTIAN KOEBERL vom Institut für Geochemie für die zeitaufwendige Unterstützung bei der Durchführung der Analysen bedanken, sowie bei den Herrn Dr. RAINIER ARNDT und DI. GERNOT OBERLERCHER vom Institut für Geophysik für die Durchführung bzw. Hilfe bei der geophysikalischen Modellrechnung und Datenaufbereitung. Für die Überlassung von Kartenmaterial und Unterlagen möchte ich mich bei den Herrn Univ.-Doz. Dr. IMMO CERNY, Dr. HANS GSELLMANN und Univ.-Prof. DR. WERNER TUFAR bedanken. Zuletzt möchte ich auch meinen Freunden Astrid und Klaus Lichtenberger für die zeitaufwendige EDV - Unterstützung meinen besonderen Dank aussprechen.

---

## Lebenslauf

- 1966 geboren in Wien, Mutter Christine Antes, geb. Roysky, Vater DI. Ludwig Antes
- 1984 Matura, BRG XIX, Wien
- 1985-1993 Geologiestudium an der Universität Wien, Thema der Diplomarbeit:  
Hydrogeologische Untersuchungen im Raum Pöllau, Oststeiermark.
- 1993-1995 Hydro- und Umweltgeologe/geochemiker für Zivilingenieurbüro Meisterhofer, Wien  
Beginn des Doktoratstudiums - Uni Wien
- 1996 Freiberufliche Tätigkeit in den Bereichen Umweltconsulting und Bohrtechnologie
- 1997 Stellvertretender Baustellenleiter und Geologe für VOEST Alpine Erzberg, Abt.  
Tiefbohrung, Projekt Kremnica Gold, Slowakei
- 1998 Finalisierung der Dissertation an der Universität Wien