

Photogeologische Kartierung sowie hydro-  
und pedogeochimische Prospektion der  
Schwermetalle Co, Ni, Cu, Zn und Pb im  
nördlichen Bereich des Komsfjord-Fensters,  
Nordnorwegen

Arbeit zur Erlangung des Diplomgrades  
im Fach Geologie  
der Johannes Gutenberg Universität Mainz

von

Christian Müller

und

Anna-Elisabeth Wagner

Mainz 1979

Hiermit versichern wir, daß die vorliegende Arbeit  
ohne fremde Hilfe und nur unter Verwendung der  
angegebenen Literatur von uns verfaßt wurde.

Mainz, den 30. März 1979

*Annelise Wapnus*

Danksagung

Herrn Dr. Gerhard Dreyer gilt unser Dank für die Anregung der Arbeit und die Betreuung im Gelände.

Herrn Prof. Dr. Hans-Jürgen Tobschall und Herrn Prof. Dr. Manfred Fürst danken wir für die Hilfe bei der Auswertung. Die Diskussion mit ihnen erbrachte wertvolle Hinweise.

Besonders gedankt sei der Firma Folldal Verk A/S, Norwegen, für ihre finanzielle Unterstützung. Insbesondere danken wir Herrn Chefgeologen Dr. Johann Heim für seine Unterstützung bei der Lösung unserer geologischen und nichtgeologischen Probleme.

Herr Diplom-Mineraloge Norbert Laskowski und Frau Diplom-Mathematikerin Doris Müller waren eine große Hilfe bei der Benutzung der Computer-Programme.

## Zusammenfassung

Der Grünsteinzug des Nusseren (Komagfjord-Fenster, Nordnorwegen) wurde mit mehreren Methoden auf seinen Schwermetallgehalt, besonders an Kupfer, untersucht.

Die im Gelände durchgeföhrten colorimetrischen Feldtests an Bachsedimenten und Bachwässern erbrachten drei Zonen erhöhter Kupferkonzentrationen (Anomalien Nord, Südwest und Ost), die auch durch die AAS-Analysen der Bachsedimente bestätigt wurden.

Zur näheren Untersuchung wurden die Anomalien Ost und Nord mit engmaschigen Bodenprobennetzen abgeprobt. Anhand der gewonnenen Daten war die Lokalisierung mehrerer vererzter Kluftzonen möglich, die, unabhängig von der Morphologie, scharweise parallel zueinander auftreten und dem Streichen der Gesteinsklüftung folgen.

Allgemein war bei allen Schwermetallen die Tendenz zu stärkeren Anreicherungen im Westteil des Grünsteinzuges zu beobachten. Diese Erscheinung deckt sich mit einer auf den Luftbildern erkennbaren vermehrten Klüftung der Gesteine im Westen. Die geologische Luftbildkartierung ergab eine Teilung der Grünsteine in zwei Einheiten: massive Grünsteine der 'Hangenden Schichten' der Holmvann-Formation und geschichtete Grünsteine der 'Liegenden Schichten' der Holmvann-Formation.

In den 'Liegenden Schichten' ließen sich anhand der geomagnetischen Karte schichtgebundene Vererzungen identifizieren, die auf Magnetitführung zurückgeführt wird.

Zwischen dem sowohl in den Boden- als auch Bachsedimentproben am stärksten angereicherten Schwermetall Kupfer und den übrigen Metallen ließ sich keine eindeutige Korrelation feststellen. Eine generelle Abhängigkeit der Konzentrationen der Metalle untereinander trat jedoch hervor.

Zwischen den beiden Einheiten der Holmvann-Formation differieren in den Bachsedimenten die Verteilungen der Elemente Kupfer und Kobalt signifikant; Blei, Zink und Nickel sind idealstatistisch über den Grünsteinzug verteilt. Ursachen dieser Verteilungen sind nicht bekannt.

## Arbeitsaufteilung

Die Geländearbeit, die der vorliegenden Diplomarbeit zu Grunde liegt, wurde in den Sommermonaten 1978 (Juni bis September) im Rahmen eines großen Prospektionsprogrammes der Firma Folldal-Verk A/S in Nord-Norwegen, Finnmark Fylke, durchgeführt.

Wegen der sehr begrenzten Feldsaison (Wintereinbruch Anfang Oktober) schien es sinnvoll, die Bearbeitung einer Anomalienzone einem Team von zwei Bearbeitern zuzuweisen und die so erhaltenen Ergebnisse in einer gemeinsamen Arbeit darzustellen, wobei der Beitrag jedes einzelnen Bearbeiters klar erkennbar gekennzeichnet sein sollte.

Die Arbeiten wurden wie folgt ausgeführt:

Nach einer Anlaufphase von 4 Wochen, während der Christian Müller und Anna-Elisabeth Wagner gemeinsam die colorimetrischen Feldtests durchführten, wurde die Feldarbeit von Müller weitergeführt, während Wagner die Laboranalysen durchführte.

Müller untersuchte alle fließenden Gewässer im Arbeitsgebiet mit Dithizon und sammelte Bachsedimentproben und Handstücke des Anstehenden, die Wagner im Labor mit der Atom-Absorptions-Spektroskopie analysierte. Nach Beendigung der Dithizentests wurden von Müller zusammen mit einigen ortsansässigen Helfern zwei Bodenprobennetze traciert und abgeprobt.

Nach Beendigung der Feldsaison wurde die Auswertung der gewonnenen Daten und die Analysierung der Proben an der Universität Mainz fortgesetzt, wobei die von Wagner bereits in Repparfjord aufbereiteten Bodenproben zu Tabletten gepreßt und mit der Röntgenfluoreszenzspektroskopie analysiert wurden.

Die so erhaltenen Ergebnisse wurden im weiteren, zusammen mit den Daten der AAS-Analysen von Wagner ausgewertet, während Müller die Auswertung der Luftbilder, der geomagnetischen Karte und der Daten der colorimetrischen Feldtests vornahm.

Die vorliegende Arbeit ist wie folgt gegliedert:

Kapitel 1 - 5	Christian Müller
Kapitel 6 - 11	Anna-Elisabeth Wagner
Kapitel 12	Literatur
	Tabellen und Abbildungen
	Anlagen

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	Seite	
1.	Einführung	1
1.1	Aufgabenstellung und Ziele	1
1.2	Topographie und Morphologie	3
1.3	Geologie	4
1.4	Kartographische Unterlagen	5
1.5	Frühere Bearbeiter des Komagfjord-Fensters	5
2.	Geologie	6
2.1	Einleitung	6
2.2	Geologie des Komagfjord-Fensters - Abriss	6
2.2.1	Stratigraphie	7
2.2.1.1	Repparfjord-Gruppe	7
2.2.1.2	Saltvann-Gruppe	8
2.2.2	Tektonik	8
2.2.3	Mineralisationen	9
2.3	Geologie des Arbeitsgebietes	10
2.3.1	Einleitung	10
2.3.2	Beschreibung der Luftbildkarte	11
2.3.2.1	Stratigraphie	11
2.3.2.2	Tektonische Verhältnisse	15
2.3.3	Geomagnetik	17
3.	Geochemische Prospektion mit Dithizon	20
3.1	Einleitung	20
3.2	Eh- und pH-Werte der Gewässer im Arbeitsgebiet	20
3.2.1	Eh-/pH-Messungen	21
3.2.2	Abhängigkeit der Mobilität der gesuchten Metalle von Eh- und pH-Wert der bearbeiteten Gewässer	23

3.3	Dithizon als Reagenz in der Prospektionsgeochemie	24
3.3.1	Allgemeines	24
3.3.2	Bildung der Dithizonate	26
3.3.3	Abhängigkeit der Dithizonatbildung vom pH-Wert der Lösung	27
3.4	Colorimetrische Feldtests mit Dithizon	28
3.4.1	Bachsedimente	28
3.4.1.1	Probennahme und -aufbereitung	28
3.4.1.2	Analysenmethoden	29
3.4.1.2.1	cxHM-Test (Sediment)	29
3.4.1.2.2	cxCu-Test (Sediment)	31
3.4.2	Bachwässer	31
3.4.2.1	Probennahme und -aufbereitung	31
3.4.2.2	Analysenmethoden	32
3.4.2.2.1	cxHM-Test (Wasser)	32
3.4.3	Fehlerquellen	33
3.5	Reagenzien und Geräte	34
3.5.1	Reagenzien	34
3.5.1.1	Dithizonlösungen	34
3.5.1.2	Pufferlösungen	35
3.5.2	Gelandematerial	36
4.	Ergebnisse der Dithizontests	37
4.1	Bearbeitung und Darstellung der Ergebnisse	37
4.2	Die Anomalien und ihre Ursachen	40
4.2.1	Anomalie Ost	40
4.2.2	Anomalie Nord	42
4.2.3	Anomalie Südwest	44
4.3	Geologische Deutung der Anomalien - Inter- pretationsversuch	45

	Seite	
5.	Bodenprobennetze	47
5.1	Anlage der Probennetze und Probennahme	47
5.2	Bodenprobennetz Nord	48
5.3	Bodenprobennetz Ost	49
6.	Problemstellung	50
7.	Entnahme und Aufbereitung der Proben	51
7.1	Bachsedimentproben	51
7.2	Bodenproben	51
7.3	Gesteinsproben	51
8.	Analysenmethoden	52
8.1	Atom-Absorptions-Spektroskopie	52
8.1.1	Probenvorbereitung	52
8.1.1.1	Bachsedimentproben	52
8.1.1.2	Gesteinsproben	53
8.1.1.3	Aufschlußverfahren	53
8.1.2	Spektrometer	54
8.1.3	Bestimmung der Schwermetallgehalte	54
8.1.3.1	Eichlösungen	55
8.1.3.2	Reproduzierbarkeit und Genauigkeit	55
8.2	Röntgenfluoreszenzspektroskopie	56
8.2.1	Probenvorbereitung	56
8.2.2	Spektrometer	57
8.2.3	Bestimmung der Schwermetallgehalte	58
8.2.3.1	Eichproben	59
8.2.3.2	Reproduzierbarkeit und Genauigkeit	61

	Seite	
9.	Schwermetallgehalte des Arbeitsgebietes	63
9.1	Untergrundswerte	63
9.2	Bachsedimentanalysen	64
9.2.1	Schwermetallgehalte des Arbeitsgebietes insgesamt	64
9.2.2	Unterteilung der Daten nach lithologischen Einheiten	67
9.3	Bodenprobenanalysen	71
9.3.1	Auftretende Bodenarten und deren Schwermetallgehalte	71
9.3.2	Schwermetallgehalte des Bodenprobennetzes Nord	72
9.3.3	Schwermetallgehalte des Bodenprobennetzes Ost	73
10.	Kupferanomalienzonen nach dem Schwermetallgehalt der Bachsedimente	74
11.	Anomalienzonen nach dem Schwermetallgehalt der Bodenproben	75
11.1	Bodenprobennetz Nord	78
11.1.1	Trendkarten	78
11.1.2	Korrelationen	79
11.2	Bodenprobennetz Ost	80
11.2.1	Trendkarten	80
11.2.2	Korrelationen	82
11.3	Synthese	82
12.	Literatur	85
	Tabellen und Abbildungen	
	Anlagen	
	Anhang	

## 1. Einführung

### 1.1 Aufgabenstellung und Ziele

Schon lange sind im Komagfjord-Fenster Kupfermineralisationen bekannt. Zu Anfang des Jahrhunderts wurden im Nordteil des Fensters kleine gangförmige Lagerstätten abgebaut. Seit 1972 wird im Osten (Ul1veryggen) ein Quarzit mit fein verteiltem Kupfererz und einem Erzgehalt von ca. 0,5 % Cu gewonnen. Im Zusammenhang damit werden seit mehreren Jahren in weiten Teilen des Komagfjord-Fensters Prospektionsarbeiten von der Firma Folldal Verk A/S, gemeinsam mit dem Norwegischen Geologischen Dienst (NGU) durchgeführt.

Aufgabe der vorliegenden Arbeit war es, ein in den letzten Jahren in der Nähe des Ul1veryggen gefundenes Gebiet mit höheren Schwermetallkonzentrationen, im wesentlichen Kupfer, untergeordnet auch Nickel, Zink und Blei, mit Hilfe geochemischer Prospektionsverfahren detailliert zu untersuchen.

Zunächst sollten im gesamten Gebiet dieser Kupferanomalie, das die kleineren Anomalien der anderen Elemente einschließt und sich im wesentlichen mit dem Grünsteinzug des Nusseren deckt, alle fließenden Gewässer in regelmäßigen Abständen auf ihren Schwermetallgehalt untersucht werden. An Ort und Stelle wurden Bachwasser und -sediment durch colorimetrische Tests mit Dithizon beprobt.

Eine weitere Bachsedimentprobe wurde jeweils im Labor mit der Atom-Absorptions-Spektroskopie auf die Elemente Co, Ni, Cu, Zn und Pb untersucht.

Bei der Auswertung der Ergebnisse ergaben sich zunächst zwei größere Gebiete anormaler Schwermetallkonzentrationen, die, um die Ursache der erhöhten Werte zu lokalisieren, mit relativ engmaschigen Bodenprobennetzen überzogen wurden. Die geochemische Bearbeitung der Bodenproben wurde mit der Röntgenfluoreszenzanalyse durchgeführt.

Um die Höhe der Backgroundkonzentrationen der gesuchten Schwermetalle für das Untersuchungsgebiet zu bestimmen, wurden über das gesamte Areal verstreut Gesteinsproben entnommen, die, makroskopisch erkennbar, nicht vererzt sein sollten. Diese Proben wurden anschließend mit der Atom-Absorptions-Spektroskopie analysiert. Da es keine geologische Detailkartierung des Anomaliegebietes gibt, wurde eine Luftbildkarte angefertigt, die in Verbindung mit Geländenotizen ein ausreichendes Bild von der Geologie des Arbeitsgebietes vermittelt.

Das Ziel der hier vorliegenden Untersuchungen war eine Differenzierung der bereits bekannten Anomalien und, wenn möglich, das Auffinden der Mineralisationen. Da aber die Ursachen der erhöhten Metallkonzentrationen in den beiden großen Gebieten im Norden und Osten nicht immer durch Suchen nach Mineralisationen im Gelände gefunden werden konnten, sollten über geochemische Trendkarten auf der Basis der Ergebnisse der RFA-Analysen, die Bereiche größer Schwermetallkonzentrationen ausgewiesen werden.

## 1.2 Topographie und Morphologie

Das Arbeitsgebiet liegt in Nordnorwegen, Finnmark-Fylke, Vestfinnmark, zwischen  $70^{\circ}27'$  und  $70^{\circ}29'$  nördlicher Breite und zwischen  $24^{\circ}0'$  und  $24^{\circ}15'$  östlicher Länge, ungefähr 40 km ESE von Hammerfest. Es bedeckt den NE-Teil der topographischen Karte 1 : 50.000, Blatt Repparfjord 1935 I und umfaßt eine Fläche von ca.  $4,5 \times 9,0$  qkm.

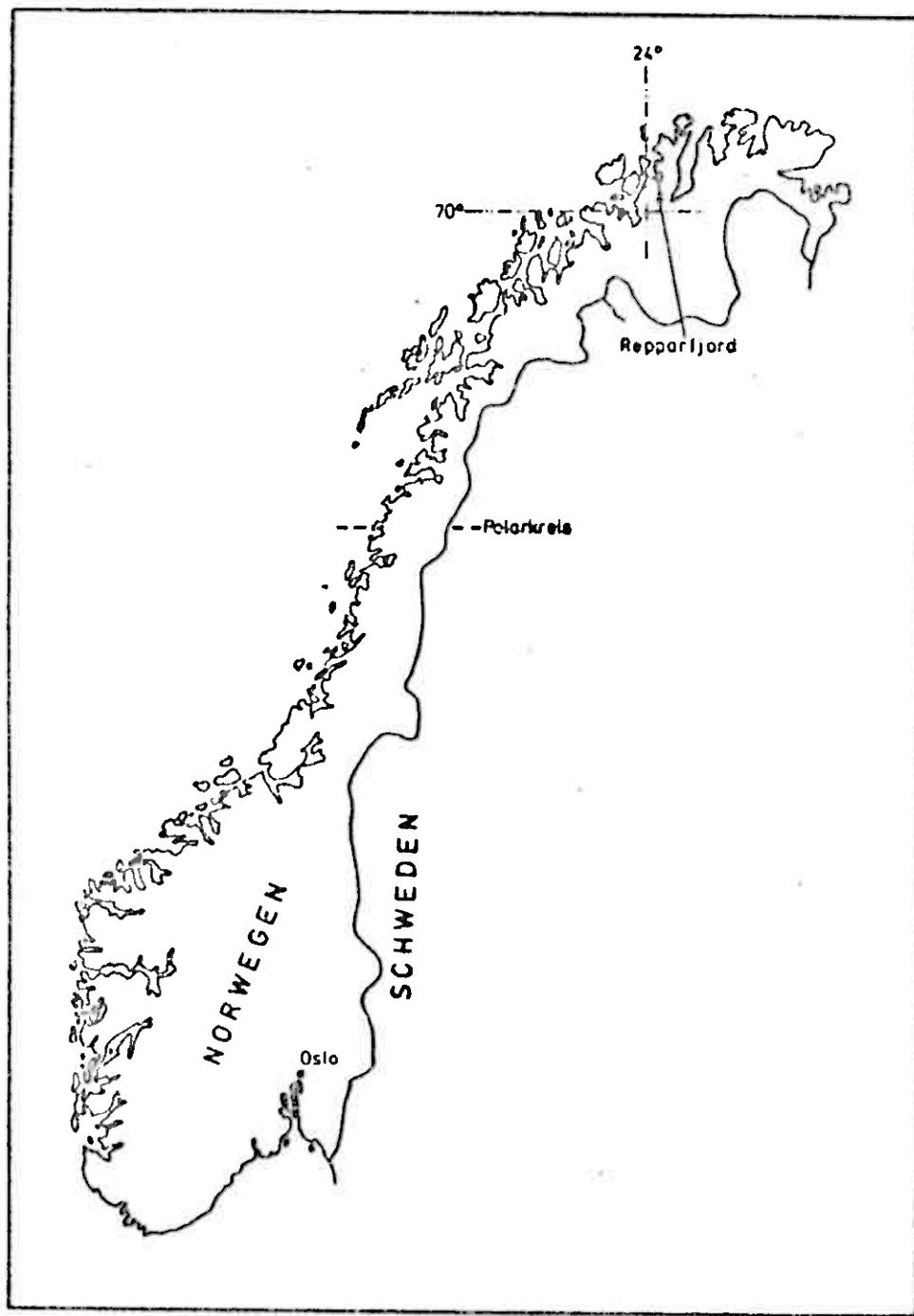


Abb.1.1:

Topographische Lage des Arbeitsgebiets

Das Gebiet besteht im wesentlichen aus einem Höhenzug (Nusseren), der sich vom südlichsten Ende des Repparfjordes nach Westen erstreckt. Die höchsten Erhebungen (annähernd 600 m) liegen im Westteil. Nach Norden fällt der Höhenzug bis auf eine Höhe von 250 m ab, während er nach Süden allmählich in das Fjell (400 - 500 m) übergeht. Zahlreiche Seen und Bäche entwässern das Gebiet nach Osten, Norden und Südwesten.

Die Vegetation ist subarktisch, bis zu einer Höhe von 200 m herrscht schütterer Birkenwald, der dann in spärlichen Gras-, Moos- und Flechtenbewuchs übergeht. In den höheren Lagen sind große Flächen mit Schutt überdeckt. An schattigen Nordhängen und in Rinnen halten sich das ganze Jahr über Schneereste.

Das Arbeitsgebiet ist nicht besiedelt und durch keinelei Wege erschlossen. Die nächsten Ortschaften sind Kvalsund, 5 km nordwestlich und Repparfjord, wenige Kilometer südöstlich. (Fotografien des Arbeitsgebietes siehe Bildanhang)

### 1.3 Geologie

Das Arbeitsgebiet liegt im Komagfjord-Fenster, in dem präkambrische Gesteine der Raipassuite anstehen, die von kaledonischen Decken umgeben sind. Eine eindeutige zeitliche Korrelation mit anderen präkambrischen Gesteinen des skandinavischen Schildes ist nach REITAN (1963) nicht möglich. Er sieht dieses Fenster im Zusammenhang mit dem südlich gelegenen Alta-Kvaenangen-Fenster.

#### 1.4 Kartographische Unterlagen

Vom Arbeitsgebiet liegt eine Karte 1 : 50.000, Blatt Repparfjord 1935 I, aus dem Jahre 1968, vor, die auf der Grundlage von Luftbildern entstanden ist. Als Arbeitsunterlage und zur Präsentation der Daten wurde der entsprechende Ausschnitt auf den Maßstab 1 : 10.000 vergrößert und zu einer Gewässerkarte umgezeichnet. Die Luftbildkarte entstand durch die stereoskopische Auswertung von sehr guten Luftbildern im Maßstab von ca. 1 : 21.000.

#### 1.5 Frühere Bearbeiter des Komagfjord-Fensters

Abgesehen von einigen küstennahen Bereichen ist das Komagfjord-Fenster erstmals von REITAN (1963) in den Jahren 1956 - 1959 kartiert worden. PHARAOH (1976) hat 1975/76 das Fenster erneut bearbeitet. Seine Ergebnisse wurden noch nicht veröffentlicht. VOKES (1957) untersuchte 1956 erstmals Proben von Mineralisationen aus dem Fenster. Im Zusammenhang mit der Exploration der Ullveryggen-Lagerstätte wurden verschiedene Prospektionsarbeiten in Zusammenarbeit mit dem NGU durchgeführt. Unveröffentlichte Berichte darüber liegen bei der Firma Folldall-Verk A/S vor. Regionale geochemische Untersuchungen wurden vom NGU in den letzten Jahren durchgeführt (Rapport 1246 - 1974).

## 2. Geologie

### 2.1 Einleitung

Die Bearbeiter des Komagfjord-Fensters, REITAN (1963) und PHARAOH (1976), kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Eine Wertung der beiden Meinungen ist mir ohne genaue Kenntnis der Geologie des gesamten Fensters nicht möglich. Da die Ergebnisse von PHARAOH noch nicht veröffentlicht sind, wurde für den geologischen Überblick die stratigraphische Gliederung von REITAN übernommen (Anlage 1).

Aufgabe der Geländearbeit in den Sommermonaten 1978 war eine geochemische Prospektion des Arbeitsgebietes. Um auch eine Vorstellung von der Geologie zu erhalten, wurde nachträglich eine Luftbildkartierung ungefähr im Maßstab 1 : 21.000 durchgeführt. Außerdem wurden einige Schliffe von nicht systematisch genommenen Proben untersucht.

### 2.2 Geologie des Komagfjord-Fensters - Abriß

Absolute Altersangaben für die Gesteine im Fenster gibt es nicht, definierbare Fossilien sind bis jetzt nicht gefunden worden. Unbestritten ist jedoch, daß es sich um präkambrische Sedimente und Vulkanite handelt, deren erste tektonische Überprägung wahrscheinlich karelisch, die zweite mit Sicherheit kaledonisch ist (REITAN, 1963; PHARAOH, 1976). Die Gesteine sind niedriggradig metamorph (low grade), sie gehören in die Grünschieferfacies. REITAN (1963) gliedert die im Fenster auftretenden Gesteine in zwei Gruppen, die vermutlich ältere Repparfjord-Gruppe und die Saltvann-Gruppe.

## 2.2.1 Stratigraphie

### 2.2.1.1 Repparfjord-Gruppe

Die Grünsteine und Grünschiefer der Holmvann-Formation sind die älteste Einheit im gesamten Fenster. Nach REITAN (1965) besteht sie gut zur Hälfte aus Vulkaniten: Pillowlaven, Tuffe, vulkanogene Konglomerate. Ihr Mineralbestand setzt sich im wesentlichen aus albitreichem Plagioklas, Hornblende, Epidot, Chlorit, Biotit und etwas Quarz zusammen. Den Rest der Formation bilden subaquatische Sedimente: Karbonate, überwiegend Dolomite, Quarzite, teils konglomeratisch, sowie Tonschiefer.

Über eine Erosions-Diskordanz folgt die Doggeelv-Formation, meist reine Quarzite, stellenweise aber auch karbonatische und tonige Sedimente, selten Konglomerate. Sedimenttexturen treten auf.

Die Lomvann-Formation überlagert die Doggeelv-Formation, außer bei Faegfjord, wo die Lommvann-Formation direkt über der Holmvann-Formation liegt. Es sind dunkelgraue, fein- bis mittelkörnige Quarzite bzw. quarzitische Tonsteine.

Im Nordteil des Fensters tritt statt der Lomvann-Formation, als Überlagerung der Doggeelv-, die Kvalsund-Formation auf, die aus zum Teil karbonatischen Schwarzschiefern besteht. Die Schieferung ist sehr gut ausgebildet.

### 2.2.1.2 Saltvann-Gruppe

Hier sind die grobkörnigen Arkosen und Sandsteine der Steinfjell-Formation die älteste Einheit. Konglomeratlinsen treten auf; Kreuzschichtung ist häufig.

Die Steinfjell-Formation geht in die hangende Djupelv-Formation über, Konglomerate mit überwiegend Grünstein- bzw. Grünschiefergerölle in wenig grobkörniger Matrix.

Die jüngste Einheit ist die Fiskevann-Formation, ein Konglomerat mit allgemein gut sortierter, mittelkörniger, feldspatreicher Matrix. Bezeichnend sind die violetten Vulkanitgerölle, deren Ursprung unbekannt ist.

Die Mächtigkeiten, die REITAN (1963) für die einzelnen Formationen angibt, geben nur einen ungefähren Anhalt, da lateral große Mächtigkeitsunterschiede bestehen, und bei beiden Gruppen Basis und Top der Abfolgen nicht aufgeschlossen sind. Für die Repparfjord-Gruppe können wohl 4.000 - 6.000 m angenommen werden, für die Saltvann-Gruppe etwa 2.000 m.

### 2.2.2 Tektonik

PHARAOH (1976) unterscheidet vier Deformationsphasen innerhalb des Fensters, zwei karelische und zwei kaledonische.

Die karelischen Phasen prägen vor allem die Geologie im Süden und Südwesten des Fensters. Sie führten zu einer steil nach Südosten einfallenden Schieferung und Nordwest-vergenter, schlecht erkennbarer Isoklinalfaltung und zu einer zweiten flachen Faltung.

Im Nordwest-Teil des Fensters prägen große Überschiebungen die karelischen Strukturen, so daß die Schieferungsflächen hier steil nach Nordwesten eingefallen. Die Überschiebungsbahnen fallen an der Oberfläche mit ungefähr  $60^{\circ}$  nach Nordwesten ein, werden aber mit zunehmender Tiefe flacher (REITAN, 1963). Sie hängen mit der Entstehung der Kaledoniden zusammen.

### 2.2.3 Mineralisationen

Die wesentlichen Erzminerale, die bis heute im Komagfjord-Fenster gefunden wurden, sind Kupfer- und Eisen-Sulfide. F.M. VOKES (1957) hat an Proben aus dem Fenster genauere Untersuchungen durchgeführt. Er unterscheidet zwei Paragenesen und nennt sie Kupfer-Paragenese und Pyritische Paragenese.

Bei der Kupfer-Paragenese handelt es sich um feinverteilte Sulfide in den Quarziten und Arkosen der Steinfjell-Formation. Die primären Minerale dieser Paragenese sind Kupferglanz, Kupferkies, Neodigenit, Bornit, sowie Pyrit, Magnetit und Hämatit. Im Bereich der Quarzite des Ullveryggen, westlich von Repparfjord, ist die Anreicherung der Kupferminerale so groß, daß stellenweise ein Metallgehalt von 0,75 % bis 3,0 % erreicht wird. Seit 1972 wird dort ein Erz mit durchschnittlich 0,5 % Cu abgebaut.

Als Pyritische Paragenese beschreibt VOKES (1957) Quarz-Karbonatgänge von meist geringer Mächtigkeit, die im wesentlichen Pyrit und Kupferkies, manchmal Magnetit, enthalten. Solche Vererzungen sind sehr häufig in den Vulkaniten der Holmvann-Formation zu finden. Einige mächtigere Gänge wurden bis Anfang dieses Jahrhunderts abgebaut.

Über die Genese dieser Mineralisation besteht noch keine Klarheit. Möglich wäre eine Bildung über hydrothermale Lösungen, die die Kupferreichen, im Komagfjord-Fenster reichlich vertretenen Grünsteine haben.

## 2.3 Geologie des Arbeitsgebietes

### 2.3.1 Einleitung

Das Arbeitsgebiet liegt im Nordwest-Teil des Fensters und deckt sich ungefähr mit dem "Grünsteinzug" des Nusseren (Anlage 1). REITAN (1963) stellt diese Grünsteine in die Holmvann-Formation, die an einer steil ( $50^{\circ}$  -  $60^{\circ}$ ) nach Nordwesten einfallenden Aufschiebung über die Fiskevann-Formation geschoben wurde.

Während der geochemischen Untersuchungen fiel auf, daß diese Grünsteine in eine liegende, geschichtete Einheit und eine hangende, nicht geschichtete Einheit unterteilt werden können. Die zur Verfügung stehende Zeit reichte aber nicht aus, das Arbeitsgebiet geologisch zu kartieren. Da eine Deutung der geochemischen Anomalien aber ohne Kenntnis der Verteilung und Lagerungsverhältnisse der Gesteine unvollständig bleiben muß, wurde nach dem Geländeaufenthalt eine Luftbildauswertung des Arbeitsgebietes durchgeführt (Luftbildkarte, Anlage 2). Dabei war es möglich die Grenzen zwischen der Fiskevann-Formation, den geschichteten Einheiten der Holmvann-Formation ('Liegende Schichten') und den massiven Grünsteinen ('Hangende Schichten') auszuhalten. In Verbindung mit einigen notierten Einfallsraten und der Bearbeitung weniger Schliffe läßt sich eine ungefähre Vorstellung der geologischen Verhältnisse gewinnen. Die Proben, von denen Dünnschliffe angefertigt wurden, wurden zum Zwecke der Bestimmung der geochemischen Background-Werte genommen.

### 2.3.2 Beschreibung der Luftbildkarte

#### 2.3.2.1 Stratigraphie

Die südlichste Einheit auf der Luftbildkarte ist deutlich geschichtet. Im Südosten ist das Relief relativ ausgeglichen, die Schichtung zeichnet sich durch leichte Stufen, die nach Norden ansteigen, oder morphologisch herauspräparierte Rippen ab. Einzelne Grenzen sind über mehrere hundert Meter zu verfolgen. Lineationen sind nur schwach ausgebildet. Zwei Schichtmessungen im östlichen Teil dieser Einheit zeigen steiles Einfallen nach Nordnordwest. Im Westen ist dieselbe Einheit nicht so leicht auf dem Luftbild auszuhalten. Die Schichtgrenzen sind hier undeutlich und nur über kurze Distanz zu verfolgen. Auch hier liegen Schichtmessungen vor, die an einer kleinen Vererzung vorgenommen wurden. Die Schichtung fällt steil nach Nordosten ein.

Diese Einheit ist von REITAN (1965) als Fiskevann-Formation kartiert worden. Seine Beschreibung stimmt mit den gemachten Geländebeobachtungen überein. Ein grobkörniger, feldspatreicher Sand bildet die Matrix, darin sind sehr viele, meist schlecht gerundete, rot-violette, blasenreiche Vulkanitgerölle (Rhyolith?) enthalten. In weniger geröllführenden Schichten ist deutlich Schrägschichtung erkennbar. Feinkörnige Lagen zeigen eine ausgeprägte engständige Schieferung. Die Bankung liegt im Dezimeterbereich.

Bei einem durchschnittlichen Einfallen von  $60^{\circ}$  ergibt sich für diese Einheit, soweit sie noch auf dieser Karte dargestellt ist, eine Mächtigkeit von 400 m im Osten und etwa 650 m im Westen. Da die Basis der Fiskevann-Formation nach REITAN (1963) wenig außerhalb dieser Luftbildauswertung liegen muß, deckt sich die hier angegebene Mächtigkeit ungefähr mit den maximal 700 m, die REITAN (1963) angibt.

Nördlich dieser Konglomerate steht nach REITAN (1963) die Holmvann-Formation an, die er als suprakrustale Gesteine, vulkanischen und sedimentären Ursprungs beschreibt und nicht weiter aufgliedert. Auf den hier ausgewerteten Luftbildern ist jedoch eine sehr deutliche Grenze zwischen geschichteten und nicht geschichteten Partien zu erkennen.

Die direkt an die Fiskevann-Formation grenzende Einheit zeigt ein ausgeprägtes Relief, mehrere Höhenrücken verlaufen parallel zueinander. Die Grenze zum Fiskevann-Konglomerat zeichnet sich durch einen deutlichen morphologischen Anstieg aus. Die einzelnen Schichtköpfe sind meist über lange Strecken sehr gut zu verfolgen. Teilweise ist auf einzelnen Höhenrücken eine klare Lineation zu beobachten, die zum Teil in Zusammenhang mit der Schieferung zu sehen ist.

Diese 'Liegenden Schichten' der Holmvann-Formation sind eine Wechselfolge von Sedimenten und Vulkaniten, die von einer niedriggradigen Metamorphose überprägt sind. Im Aufschlußbereich sehen sie sehr einheitlich dunkel grau-grün aus. Erst bei genauerer Untersuchung fällt die Schichtung auf.

Ferner sind stellenweise gradierte Schichtung, Schrägschichtung oder Channels zu erkennen. Eindeutige Hinweise auf inverse Lagerung wurden nicht beobachtet.

Vier Dünnschliffe von verstreut genommenen Proben geben einen ungefähren Aufschluß über den Mineralbestand. Hauptminerale in den vulkanogenen Gesteinen sind Amphibole, weiterhin treten Epidot, Chlorit, Calzit, Plagioklas, Quarz und Erze in unterschiedlichen Anteilen auf. Andere Gesteine mit Kalifeldspat und Plagioklas, zusammen über 60 %, sowie Quarz, Serizit und Titanit, könnten sedimentären Ursprungs sein.

Das Einfallen dieser Schichten ist auch hier recht steil (ungefähr  $60^{\circ}$ ) in nördliche Richtung. Daraus ergeben sich Mächtigkeiten von 450 m im Osten und bis zu 800 m im Westen.

Die 'Hangenden Schichten' der Holmvann-Formation fallen auf den Luftbildern durch das Fehlen einer eindeutig erkennbaren Schichtung auf. In einigen Bereichen ist jedoch ein lagenförmiger Aufbau ange deutet und bei der Geländearbeit wurden auch vereinzelt dünne, geschichtete Zwischenlagen beobachtet. Besonders deutlich sind in dieser Einheit Lineationen zu beobachten. (Siehe Abb. 2.1)

In ihrer Masse bestehen die 'Hangenden Schichten' wohl aus mächtigen Grünsteinlagen, die durch sub-aquatischen Vulkanismus entstanden sind. Auch sie sehen sehr einheitlich dunkel grau-grün aus. Sie sind meist feinkörnig. Trotz der metamorphen Überprägung lassen sich häufig Pillowstrukturen und Entgasungsblasen, letztere meist mit Karbonaten ausgefüllt, erkennen. Mit Sicherheit weisen die einzelnen Lagen einen unterschiedlichen Mineralbestand auf, so daß eine einzelne, hier genommene, Probe nicht als repräsentativ anzusehen ist. Ein Dünnschliff dieser Probe enthält zu etwa dreiviertel Hornblende, außerdem Epidot, Quarz und Plagioklas.

Bei einheitlicher Lagerung dieser Grünsteine, etwa wie die der weiter oben beschriebenen Einheiten, kann hier eine Mächtigkeit von 800 m im Osten und bis zu 1.500 m im Westen angenommen werden.

Die Nordgrenze der Holmvann-Formation ist mehr oder weniger identisch mit dem morphologischen Knick am Fuß des Nusseren. Im Westen ist diese Grenze deutlich, nördlich davon treten die Schwarzschiefer der Kvalsund-Formation auf. Die Schichtung ist auf dem Luftbild schwer auszumachen, da in diesem Gebiet große Flächen von Moränen bzw. Sumpf bedeckt sind. Das Gestein ist teilweise recht karbonatisch und zeigt eine sehr deutliche Schieferung. An zwei Stellen stehen zwischen den Grünsteinen und den Schwarzschiefern Karbonate an, die auch auf den Luftbildern zu beobachten sind. In welchem Zusammenhang diese Karbonatlinsen, die bis zu 100 m mächtig werden, zu den umgebenden Formationen stehen, ist unklar.

Nach Osten wird die Grenze Grünsteine - Schwarzschiefer unsicher. Hier ist ohne Detailkartierung eine klare Aussage nicht möglich.

#### 2.3.2.2 Tektonische Verhältnisse

Eine tektonische Bearbeitung des Gebietes sollte nicht Gegenstand dieser geochemischen Prospektion sein. Deshalb werden nur einige auffällige, tektonische Elemente hier behandelt.

Aus vereinzelt und unsystematisch durchgeföhrten Schieferungsmessungen ergibt sich eine eindeutige ENE - WSW bis NE - SW gerichtete Streichrichtung und sehr steiles Einfallen der Schieferungsflächen nach NW, vereinzelt auch nach SE.

Die Lineationen auf den Luftbildern verlaufen zum größten Teil NNE - SSW bzw. im Bereich der Umbiegung der lithologischen Einheiten NE - SW. Ob und inwieweit diese Flexur mit den hier besonders ausgeprägten Lineationen in Zusammenhang steht, kann an dieser Stelle nicht untersucht werden. Auffallend ist auch die bedeutende Mächtigkeitszunahme in diesem Bereich. Eine zweite Schar von Linearen, überwiegend im Ostteil des Arbeitsgebietes, verläuft NW - SE.

Lineationen beider Richtungen versetzen zum Teil deutlich die lithologischen Grenzen, ohne daß jedoch eine Gesetzmäßigkeit auffällt.

Über die Art der Grenzen zwischen den lithologischen Einheiten kann anhand der Luftbilder kaum eine Aussage gemacht werden. Die Grenze zwischen dem Fiskevann-Konglomerat und den 'Liegenden Schichten' der Holmvann-Formation hat REITAN (1963) als eine nahe der Oberfläche mit ungefähr  $60^{\circ}$  nach Norden einfallende Aufschiebung kartiert. Obwohl diese Aufschiebung über weite Strecken schichtparallel verläuft, scheint diese Annahme berechtigt, zumal im Westen des Arbeitsgebietes im Grenzbereich dieser beiden Einheiten sehr stark zerscherte, wenn nicht gar mylonitisierte Gesteine beobachtet wurden. Für die Nordgrenze der 'Hangenden Schichten' der Holmvann-Formation vermutet REITAN (1963) im West-Teil eine Aufschiebung. Nach Osten ist auch auf dem Luftbild keine eindeutige Grenze zu erkennen.

### 2.3.3 Geomagnetik

Bei der Tracierung des Bodenprobennetzes in der Anomalie Ost (sh. Kapitel 5) fielen unterschiedliche Kompaßnadelabweichungen im Verlauf der einzelnen Bodenprofile auf. Im Zusammenhang damit soll noch eine geomagnetische Befliegung des Komagfjord-Fensters, die im Sommer 1977 im Auftrag der Firma Folldall Verk A/S durchgeführt wurde, erläutert werden. Anlage 7 stellt einen auf ca. 1 : 20.000 vergrößerten Ausschnitt einer Karte der Totalintensität im Maßstab 1 : 50.000 dar.

Diese Karte bildet sehr deutlich die Streichrichtung der ausbeißenden Formationen ab, die sich außerdem untereinander ausgezeichnet abgrenzen lassen.

Im Süden zeichnen sich die Gesteine der Steinfjell-Formation, grobkörnige Pellite (Arkosen, Konglomerate, Quarzite, vgl. Anlage 1), durch ein starkes Hoch der Totalintensität ab, das gleichmäßig zum Maximalwert (53.000 - 55.000 Gamma) hin ansteigt. Da die Morphologie hier relativ flach ist und keine großen Höhenunterschiede auftreten, kommt es zu diesem einheitlichen Erscheinungsbild.

Das Steinfjell-Hoch ist durch ein breites Tief mit geringen Gammaunterschieden (52.700 - 53.000 Gamma) vom Hoch der Grünsteine der Fiskevann-Formation getrennt. Dieses Tief markiert den Ausbißbereich der Djupelv-Formation (grobkörnige Konglomerate), die auch morphologisch ein Tal bildet.

REITAN (1963) zieht keine klare Grenze zwischen Steinfjell- und Djupelv-Formation, da der lithologische Unterschied zwischen beiden nur gering ist. Anhand dieser Befliegungsergebnisse lassen sich jedoch die Grenzen der Djupelv-Formation, sowohl zur Steinfjell- als auch zur Fiskevann-Formation, etwa entlang der 53.000 Gammalinie vermuten.

Das Hoch der Fiskevann-Formation steigt in den 'Liegenden Schichten' steil auf Werte zwischen 54.000 und 54.500 (max. 55.500) Gamma an. In den massiven Grünsteinen der 'Hangenden Schichten' fallen sie weniger steil auf Werte bis zu 52.800 Gamma. Augenfällig ist, daß die Intensität ihre höchsten Werte innerhalb der geschichteten 'Liegenden Schichten' hat. Der steile Anstieg der Totalintensität nach Norden und der anschließende flachere Abfall sind typisch für einen nach Norden einfallenden Störkörper, der mit zunehmender Überdeckung seinen Einfluß auf die Totalintensität verliert.

Dieses Fiskevann-Hoch ist uneinheitlich. Deutlich prägen sich lokale Hochs aus. Im allgemeinen jedoch folgt der Isolinien-Verlauf der Streichrichtung, wobei sich zwei einander parallele Zonen unterscheiden lassen. Diese Zonen sind meist nicht an morphologisch markante Erhebungen gebunden, so daß wohl davon ausgegangen werden kann, daß es sich um schichtgebundene Erzführung handelt, die zwei verschiedenen Horizonten zugeordnet werden kann. Im Gelände wurden solche Vererzungen (Magnetit, Pyrit und Kupfervererzungen als Füllung kleinstter Blasen dicht im Gestein verteilt), in einem Horizont im Gebiet rund um den See 204 beobachtet.

Hier hat das lokale Hoch eine Intensität von 54.200 Gamma, so daß wohl davon ausgegangen werden kann, daß auch die anderen, etwa gleich intensiven Hochs solche Magnetit-, Pyrit-, Kupfervererzungen anzeigen.

### 3. Geochemische Exploration mit Dithizon

#### 3.1 Einleitung

Vor einigen Jahren wurden vom Norwegischen Geologischen Dienst (NGU) im Nordteil des Komagfjord-Fensters Bachsedimentproben genommen und mittels Atom-Absorptions-Spektroskopie auf Cu, Ni, Pb und Zn untersucht (Rapport 1246 - 1974). Im Bereich des Nusseren, westlich von Repparfjord wurden eine größere langgestreckte Kupferanomalie, sowie einige lokale Anomalien für die Elemente Zn, Pb und Ni nachgewiesen. Aufgabe der vorliegenden Untersuchung sollte eine detaillierte geochemische Kartierung dieser Anomalien und, wenn möglich, das Auffinden der Vererzungen sein. Eine Möglichkeit, solche Vererzungen ohne den Umweg über Laboranalysen und Trendkarten aufzufinden, ist das Abproben von Bachsedimenten und -wässern mit Dithizon, da diese Methode an Ort und Stelle Aufschluß über anomale Metallgehalte gibt. Voraussetzung dafür ist, daß die gesuchten Schwermetalle auch durch das Wasser aus den Mineralisationen mobilisiert werden können. Dies ist wiederum abhängig von den Eh- und pH-Werten der Gewässer.

#### 3.2 Eh- und pH-Werte der Gewässer im Arbeitsgebiet

Die Kenntnis der Eh- und pH-Werte der abzuprobenden Gewässer ist von grundlegender Bedeutung für die geochemische Prospektion, da diese Parameter den Grad der Mobilisierbarkeit der gesuchten Metalle durch Gewässer bestimmen.

Mit Hilfe eines Eh-/pH-Diagrammes (Abb. 3-1) lassen sich die Einflüsse von Eh- und pH-Werten auf das Mobilisationsvermögen anschaulich darstellen.

### 3.2.1 Eh-/pH-Messungen

An den beprobten Bächen im Arbeitsgebiet wurden mit einem Taschen-Eh-pH-Meter der Firma Schott & Gen., Typ CG 717, Messungen durchgeführt.

Für die pH-Messungen wurde eine Glas-Kalomel-Elektrode N 62 verwendet. Nachdem das Gerät mit Lösungen, deren pH-Wert bekannt ist, geeicht ist, kann das Meßergebnis direkt auf der Skala des Gerätes abgelesen werden.

Bei den Eh-Messungen wurde mit einer Platin-Kalomel-Elektrode Pt 62 die Spannung zwischen Platin- und Kalomel-Elektrode gemessen und in Millivolt auf der Skala des Gerätes abgelesen. Zu diesem gemessenen Wert wurden dann 256 mV als Spannung zwischen Kalomel- und Normalwasserstoff-Elektrode bei 5° C Wasser-temperatur addiert, da sich der Eh-Wert immer auf die Normalwasserstoff-Elektrode bezieht.

Das Ergebnis der Eh-/pH-Messungen zeigt Tabelle 3-1, wobei sich die Nummern auf die Probennummern der Dithizontests beziehen.

Probennummer	pH-Wert	Eh-Wert mVolt
93	7,0	+ 486
126	6,6	+ 466
127	7,2	+ 496
128	6,7	+ 416
136	6,9	+ 436
140	6,6	+ 456
148	6,6	+ 411
156	6,4	+ 381
157	6,2	+ 381
158	6,3	+ 406
170	6,3	+ 406
171	6,9	+ 481
177	6,6	+ 496
186	6,7	+ 526
188	6,5	+ 516
192	7,2	+ 381
193	7,0	+ 436

Tabelle 3-1: Eh-/pH-Werte der Gewässer im Arbeitsgebiet (sh. auch Abb. 3-1)

Trägt man diese Werte in das Eh-/pH-Diagramm ein (Abb. 3-1), so ergibt sich, daß die Eh- und pH-Werte der Gewässer im Arbeitsgebiet zwischen jenen des Regenwassers und des Fließwassers liegen, das heißt, sie zeigen für Oberflächenabfluß typische Werte.

### 3.2.2 Abhängigkeit der Mobilität der gesuchten Metalle von Eh- und pH-Wert der bearbeiteten Gewässer

Entscheidend für die Mobilisierung der gesuchten Schwermetalle ist das Redoxpotential, der Eh-Wert, Abb. 3-1, zeigt die Redoxpotentiale einiger wichtiger Sulfide. Vergleicht man diese mit dem Eh-/pH-Bereich der untersuchten Gewässer (Abb. 3-1), so zeigt sich, dass Pb und Zn leicht, Cu nur bedingt bei entsprechenden pH-Werten, oxidiert, das heißt aus den Sulfiden, die den größten Teil der Mineralisationen bilden, mobiliisiert werden können.

Tabelle 3-2 gibt die pH-Werte an, bei deren 脚ber- schreitung die Hydroxide der gesuchten Schwermetalle ausfallen (Hydrolysepunkte).

Kupfer	$Cu^{2+}$	5,3	Kobalt	$Co^{2+}$	6,8
Blei	$Pb^{2+}$	6,0	Zink	$Zn^{2+}$	7,0
Nickel	$Ni^{2+}$	6,7			

Tabelle 3-2: Hydrolysepunkte (pH-Wert) der untersuchten Schwermetalle in Wasser  
(nach LEVINSON, 1974)

Vergleicht man diese pH-Werte mit dem pH-Bereich der Gewässer (sh. Abb. 3-1), dann sieht man, dass sich Ni, Co und Zn leicht lösen lassen bzw. in Lösung sind. Die Hydrolysepunkte für Cu und Pb liegen etwas unterhalb des im Gelände festgestellten pH-Bereiches. Die oben angegebenen Werte beruhen auf experimentellen und theoretischen Ergebnissen und 脚berlegungen. Organische und anorganische Komplexe, die in natürlichen Gewässern eventuell eine bedeutende Rolle spielen, wurden hierbei nicht berucksichtigt.

Über die Bildung von Humussäure und Fulvosäurekomplexen verschieben sich die Hydrolysepunkte in den neutralen bis leicht alkalischen Bereich (SCHNITZER & KHAN, 1975). Folglich kann davon ausgegangen werden, daß im Arbeitsgebiet die gesuchten Schwermetalle eine für die Anforderungen der Prospektion ausreichende Löslichkeit aufweisen.

### 3.3 Dithizon als Reagens in der Prospektionsgeochemie

#### 3.3.1 Allgemeines

Dithizon wurde erstmals 1878 von E. FISCHER hergestellt, aber erst 1925 erkannte FISCHER den Wert dieses Reagenzes für die Schwermetallspurenanalyse. Anfang der 50er Jahre waren Dithizon-Analysen Grundlage vieler geochemischer Prospektionen und noch heute wird es dort angewandt, wo aufwendige apparative Einrichtungen fehlen. Der unbestreitbare Vorteil dieser Feldmethode liegt in der sofortigen Verfügbarkeit von Analysenergebnissen, auf die dann der Fortgang der Exploration abgestellt werden kann. Aus diesen Gründen wird die Dithizonomethode auch oft für eine erste Übersichtsprospektion benutzt. Nachteilig ist die Licht- und vor allem Temperaturempfindlichkeit, so daß vor allem in wärmeren Gebieten die Dithizonlösungen in z. B. Thermosflaschen transportiert werden müssen.

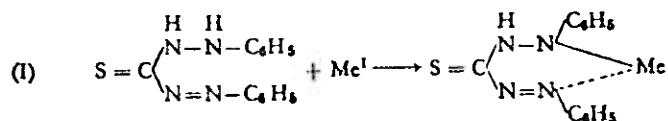
Dithizon ist die Abkürzung für 1,5-Diphenylthiocarazon ( $C_{13}H_{12}N_4S$ ). Es ist ein schwarzbraunes, kristallines Pulver, das in Wasser und verdünnten Säuren unlöslich, in organischen Lösungsmitteln, unter anderem in Chloroform, Tetrachlorkohlenstoff und Benzol löslich ist.

Dithizon bildet mit 19 Schwermetallen, die gewöhnlich in Sulfidlagerstätten auftreten, sogenannte "Dithizon-Metalle", stark gefärbte Komplexverbindungen (Dithizonate).

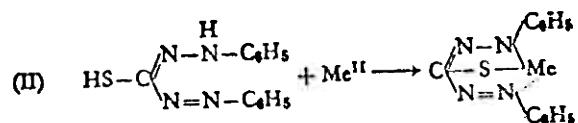
Gruppe	VIIb		Ib	IIb	IIIa	IVa	Va	VIA
Dithizon-Metalle	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn		
				Pd	Ag	Cd	In	Sn
							Te	
				Pt	Au	Hg	Tl	Pb
							Bi	Po

Tabelle 3-3: Dithizon-Metalle (nach FRIES, GETROST, 1977)

Je nachdem, ob das Metallion nur den Imid-Wasserstoff (Bildung des Keto-Komplexes) oder auch den Wasserstoff der Thiol-Verbindung (Bildung des Enol-Komplexes) ersetzt, unterscheidet man primäre und sekundäre Dithizonate.



Keto-Komplex



Enol-Komplex

(Strukturformeln nach FRIES und GETROST, 1977)

### 3.3.2 Bildung der Dithizonate

Der Ablauf der chemischen Reaktion bei der Feststellung des kaltextrahierbaren Metallgehaltes in Sedimenten wird z. B. von HAWKES (1963) beschrieben. Zunächst werden aus der Probe mittels einer Pufferlösung die gesuchten Schwermetalle kalt extrahiert. Dabei werden in erster Linie die von Tonmineralen und organischer Substanz sorbierten Kationen herausgelöst. Sehr langsam und unvollständig werden dagegen die Schwermetalle der detritischen Minerale gelöst. Alles in allem werden gewöhnlich nur 5 % des Schwermetallgehaltes der Probe kalt extrahiert.

Nach Zugabe der Dithizonlösung verläuft die Bildung der Dithizonate nach folgendem Schema:

Durch Schütteln wird die Oberfläche zwischen der die Metalle enthaltenden wässrigen Lösung und der Dithizonlösung erheblich vergrößert. Ein kleiner Anteil des Dithizons löst sich in Wasser und reagiert mit den Schwermetallionen der Lösung zu Dithizonaten. Diese in Wasser unlöslichen Dithizonate wandern zurück in das organische Lösungsmittel, wo sie gelöst eine intensive Färbung verursachen. Diese Färbung wird durch die Mischung des grünen, nicht reagierten Dithizons mit den meist roten oder rot-violetten Dithizonaten hervorgerufen und ändert sich je nach Schwermetallgehalt der Probe von grün nach grünblau, blaugrau, violett oder rot. Um die spezifische Färbung zu einer quantitativen Aussage zu nutzen, gibt man dann bei jeder Bestimmung soviel Dithizonlösung zu, bis jeweils der grünblaue Umschlagspunkt erreicht ist. Die zugegebene Menge ist dann ein Maß für den gelösten Schwermetallgehalt der Probe.

Dieser kann mit einer entsprechenden Formel (Kapitel 3.4.1.2.1) in ppm umgerechnet werden.

### 3.3.3 Abhängigkeit der Dithizonatbildung vom pH-Wert der Lösung

Durch Einstellen bestimmter pH-Werte durch die Pufferlösungen lässt sich die selektive Dithizonatbildung einzelner Metalle oder Metallgruppen steuern.

Bei der hier beschriebenen Prospektion sollte ein Test die kalt extrahierbaren Gehalte von Kupfer, Blei, Zink, Nickel und Kobalt in den Bachsedimenten erfassen. Tabelle 3-4 zeigt, dss alle diese Metalle in einem pH-Bereich von 6,5 bis 9,0 Dithizonate bilden. SMITH (1964) gibt eine detaillierte Beschreibung für die Herstellung des Puffers für diesen Test, zur Feststellung des kalt extrahierbaren Anteils am Gesamtschwermetallgehalt (cxHM-Test, cold extractable heavy metals), auf einen pH-Wert von 8,5 ein. Durch Zugabe von Hydroxylaminhydrochlorid wird Eisen von der Reaktion ausgeschlossen. Auch einige andere Metalle könnten bei diesem pH-Wert Dithizonate bilden, doch ist ihr Anteil allgemein so gering, dss er bei der Bewertung der Ergebnisse dieses Dithizontests vernachlässigt werden kann. Auch die fünf gesuchten Metalle reagieren ungleich stark mit Dithizone. Es entsteht in erster Linie Zinkdithizonat ( $Zn(HDz)_2$ ) das auch für die intensive Färbung verantwortlich ist.

Ein zweiter Test zielte speziell auf die kalt extrahierbaren Kupfergehalte der Bachsedimente (cxCu-Test).

Dazu wurde nach HOLMANN (1963) ein Puffer mit dem pH-Wert 2 hergestellt, bei dem im wesentlichen nur Kupfer reagiert und das primäre Kupferdithizonat  $\text{Cu}(\text{HDz})_2$  entsteht. Der Puffer, der für die Gesamt-schwermetallbestimmung im Wasser (cxHM-Test, Wasser) benutzt wird, hat einen pH-Wert von ca. 6,0 und liegt damit nur knapp unterhalb des günstigsten pH-Bereiches für die hier gesuchten Metalle. Auch bei diesem Test überwiegt die Bildung von  $\text{Zn}(\text{HDz})_2$  verglichen mit den anderen Elementen.

### 3.4 Colorimetrische Feldtests mit Dithizon

#### 3.4.1 Bachsedimente

##### 3.4.1.1 Probennahme und Probenaufbereitung

Mit einer schwermetallfreien Handschaufel wurde bewegtes anorganisches Sediment möglichst aus der Bachmitte entnommen und naß mit zwei übereinander gesetzten Polyamidsieben, Maschenweiten 200 und  $63\mu$ , abgesiebt. Zur Analyse wird die Fraktion kleiner 200 größer  $63\mu$  verwendet. Um das Sediment von organischer Substanz zu befreien, wird das Sieb  $63\mu$  mit dem Probenmaterial vorsichtig unter Wasser etwas bewegt, so daß die leichtere organische Substanz mit der Strömung des Baches davontreibt, während das schwerere anorganische Probengut im Sieb verbleibt. Danach läßt man das Wasser gut ablaufen, um nicht durch unterschiedliche Feuchtigkeitsgehalte des Probenmaterials mit dem geeichten Löffel verschiedene Mengen Substanz zu entnehmen.

Proben wurden an allen fließenden Gewässern innerhalb des Arbeitsgebietes genommen. Es wurde dabei versucht, einen Abstand von ca. 200 - 300 m einzuhalten. Stellenweise war dies allerdings nicht möglich, da einige Bäche über weite Strecken unter Schutt und Geröll flossen, so daß sie nicht zugänglich waren. Zudem waren gegen Ende des Sommers manche Bachläufe trocken. Hier wurde dann eine Probe des trockenen Bachsediments in eine schwermetallfreie Papiertüte gefüllt, um die Sedimenttests im Labor nachholen zu können. Außerdem wurde von allen im Gelände naß abgesiebten Proben möglichst mindestens 1 g Substanz in ein Schnappdeckelglas gefüllt, um parallel Analysen mit der Atom-Absorptions-Spektroskopie durchführen zu können.

### 3.4.1.2 Analysenmethoden

#### 3.4.1.2.1 cxHM-Test (Sediment)

Mit einem kleinen Plexiglaslöffel, der für Mengen zwischen ca. 0,1 und 0,4 g geeicht ist, wird das gut abgetropfte Probenmaterial aus dem Polyamidsieb entnommen. Die klar definierte Probenmenge spült man mit Hilfe einer Ammoniumcitrat-Pufferlösung in einen für 30 ml kalibrierten Meßzylinder und füllt bis 5 ml mit dem Puffer auf. Diese Ammoniumcitratlösung extrahiert nun einen Teil des Schwermetallgehaltes der Probe und stellt den gewünschten pH-Wert (8,5), bei dem die gesuchten Metalle Dithizonate bilden, ein. Danach gibt man 5 ml der Dithizon-Geländelösung (0,001 %) für den cxHM-Test hinzu, verschließt den Meßzylinder mit einem Plastikstopfen und schüttelt 30 Sekunden heftig. Dabei verläuft die in Abschnitt 3.3.2 beschriebene Reaktion.

Nachdem sich die nicht mischbaren Flüssigkeiten durch ihren Dichteunterschied wieder getrennt haben, bestimmt man die Farbe der Dithizonatlösung. Bei anfänglicher Unsicherheit kann man hierbei Eichlösungen zu Hilfe nehmen.

Ist die Farbe immer noch grün, dann ist die Menge der gelösten Dithizonate zu gering, um eine Bestimmung des extrahierten Metallgehaltes zuzulassen. Ein grünblauer Farbumschlag ist der Ausgangspunkt für ein Errechnen des extrahierten Schwermetallgehaltes nach folgender Formel:

$$\frac{1}{\text{g (Probensubstanz)}} \times \frac{\text{ml (Dithizon-Lösung)}}{5} = \text{ppm}$$

Ist dieser Farbumschlag überschritten und zeigt die Dithizonatlösung eine blaue, violette oder rote Färbung, gibt man schrittweise kleine Mengen (1 - 2 ml) Dithizon-Geländelösung zu und schüttelt nach jeder Zugabe 10 Sekunden lang. Diese Titration führt man so lange durch, bis der grünblaue Farbumschlag erreicht ist. Hierbei ist aber zu bedenken, daß durch das wiederholte Schütteln noch weitere Schwermetallionen mit dem Dithizon reagieren und die Menge des Dithizonats vergrößern. Deshalb sollte bei violetter oder roter Färbung der Dithizonat-Lösung (hohe Schwermetallgehalte) der Analysengang, wenn möglich, mit einer kleineren Probenmenge wiederholt werden. Da die Probenmenge des größten Löffels 0,36 g ist, wird bei Zugabe von 5 ml Dithizon der grünblaue Farbumschlag bei ca. 2,8 ppm extrahierter Schwermetalle erreicht, womit in diesem Fall der kleinste nachweisbare Metallgehalt erreicht ist, es sei denn, man verwendet die doppelte Probenmenge.

Dies ist aber unnötig, da derartig geringe Gehalte für die geochemische Lagerstättenprospektion nicht interessant sind.

#### 3.4.1.2.2 cxCu-Test (Sediment)

Dieser Test verläuft bis auf zwei Punkte analog dem cxHM-Test (Sediment):

Der Ammoniumcitrat-Puffer hat durch Zugabe von konzentrieter HCl einen pH-Wert von 2,0, damit sich nur das Kupferdithizonat bildet. Außerdem muß nach Zugabe der ersten 5 ml Dithizonlösung bei diesem Test 60 Sekunden kräftig geschüttelt werden.

### 3.4.2 Bachwässer

#### 3.4.2.1 Probennahme und Probenaufbereitung

Das zur Analyse benötigte Wasser wurde mit einem verschließbaren 100 ml Glasmeßzylinder direkt dem Bach entnommen. Dabei wurde besonders sorgfältig darauf geachtet, daß der Zylinder vor der Probenahme gründlich gereinigt wurde und daß die Probensubstanz keinerlei Schwebstoffe enthält.

### 3.4.2.2 Analysenmethode

#### 3.4.2.2.1 cxHM-Test (Bachwässer)

In den mit 50 ml Probensubstanz gefüllten Glaszyylinder gibt man 5 ml Acetatpuffer und 5 ml Dithizon-Geländelösung und schüttelt 60 Sekunden lang kräftig. Nachdem sich Wasser- und Dithizonatlösung wegen ihres Dichteunterschiedes getrennt haben, bestimmt man die Mischfarbe der Lösung. Ist die Menge der Dithizonate gering, so bleibt die Lösung grün, das heißt der extrahierte Metallgehalt der Probe ist kleiner als 25 ppb. In diesem Fall gibt man drei Tropfen 2 n Ammoniak in den Meßzyylinder und schüttelt 10 Sekunden. Das nicht an Schwermetallionen gebundene grüne Dithizon entfärbt sich und durch die roten Dithizonate wird die Tetrachlorkohlenstoffschicht rosa verfärbt. Je nach Farbintensität wird der Schwermetallgehalt geschätzt (Werte nach DREYER, mündliche Mitteilung);

gelb bis schwach rosa	2,5 ppb
schwach rosa	5,0 ppb
rosa	10,0 ppb
stark rosa	20,0 ppb

Anfangs kann man sich auch hier durch Eichlösungen die Entscheidung erleichtern.

Ist die Dithizonlösung blau, violett oder rot, so ist der extrahierte Schwermetallgehalt größer als 25 ppb.

In diesem Fall verfährt man analog den Sedimenttests und gibt schrittweise kleine Mengen Dithizonlösung (1 - 2 ml) zu. Nach jeder Zugabe wird der Meßzylinder 10 Sekunden geschüttelt. Wenn auf diese Weise der grünblaue Umschlagpunkt erreicht ist, kann man nach folgender Formel den extrahierten Schwermetallgehalt errechnen:

$$\frac{1}{\text{ml (Wasserprobe)}} \times \frac{\text{ml (Dithizonlösung)}}{4} = \text{ppb}$$

### 3.4.3 Fehlerquellen

Alle Analysen mit Dithizon sind wegen ihrer hohen Empfindlichkeit sehr anfällig gegen Verunreinigungen. Deshalb müssen Siebe, Probenlöffel, Schüttelzylinder und Stopfen vor jeder Analyse gründlich gespült werden. Dies geschieht am besten an der Stelle, an der man die nächste Probe entnehmen will. Hier spült man mit Wasser alle Geräte mehrmals gründlich aus. So hat man die Gewißheit, daß mit dem Reinigungsmittel nicht mehr Schwermetalle eingeschleppt werden, als in der hier zu analysierenden Probe enthalten sind.

Wichtig ist auch, daß man die Probensubstanz nicht mit den Fingern berührt, um eine Kontamination zu vermeiden. Da man bei seichten Gewässern am besten ins Wasser tritt, um die Proben aus der Mitte des Baches entnehmen zu können, das dabei aufgewühlte Sediment aber oft über große Strecken in der Schwebe bleibt, ist es wichtig, die Gewässer stets von der Mündung zur Quelle abzuproben, um keine fremden Schwebstoffe in die Probensubstanz, in erster Linie in die Wasserprobe, zu bekommen.

### 3.5 Reagenzien und Geräte

Die unten aufgeführten Chemikalien und Gerätschaften fanden bei der vorliegenden Arbeit Verwendung. Die Chemikalien wurden von der Firma E. Merck, Darmstadt, bezogen.

#### 3.5.1 Reagenzien

##### 3.5.1.1 Dithizonlösungen

###### A. Stammlösung

Für die Dithizon-Stammlösung wurden 0,1 g 1,5 Diphenylthiocarbazone pro analysi in 100 ml Chloroform zur Dithizonbestimmung gelöst. Es entsteht eine 0,1 %ige Dithizonlösung, die bei kühler und dunkler Lagerung (Kühlschrank) über mehrere Wochen haltbar ist.

###### B. Geländelösungen

Für die Geländelösung zur Bachsedimentanalyse wurde 1 ml der Stammlösung in 100 ml Benzol pro analysi gelöst.

Für die Geländelösung zur Bachwässeranalyse wurde 1 ml der Stammlösung in 100 ml Tetrachlorkohlenstoff zur Dithizonbestimmung gelöst.

In beiden Fällen ergibt sich eine 0,001 %ige Dithizonlösung, die in eine, zum Schutz gegen Wärme und Licht mit Aluminiumfolie umwickelte, Polyäthylen-Tropfflasche gefüllt wird. Diese Geländelösungen müssen täglich neu hergestellt werden.

### 3.5.1.2 Pufferlösungen

A. Puffer zur Bestimmung des kalt extrahierbaren Anteils an Schwermetallen in Bachsedimenten:

#### Gesamtschwermetall-Puffer

200 g Ammoniumcitrat und 32 g Hydroxylaminhydrochlorid werden mit metallfreiem Wasser auf 600 ml verdünnt und bis zur vollständigen Lösung erwärmt. Dann wird mit metallfreiem Wasser auf 2.000 ml aufgefüllt und mit konzentriertem Ammoniak ein pH-Wert von 8,5 eingestellt.

#### Kupfer-Puffer

50 g Ammoniumcitrat und 20 g Hydroxylaminhydrochlorid werden mit metallfreiem Wasser auf 800 ml verdünnt und mit konzentrierter HCl auf einen pH-Wert von 2,0 eingestellt. Anschließend wird auf 1.000 ml aufgefüllt, der pH-Wert nochmals kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert.

B. Puffer zur Bestimmung des kalt extrahierbaren Anteils an Schwermetallen in Bachwässern (Gesamt-schwermetall)

1 Teil 2n Essigsäure und 9 Teile 2n Natriumacetatlösung werden gemischt. Diese Lösung hat einen pH-Wert von 5,0 - 6,0.

Zur Herstellung der 2n Essigsäure werden 11,4 ml konzentrierter  $\text{CH}_3\text{COOH}$  mit metallfreiem Wasser auf 100 ml verdünnt. Für die 2n Natriumacetatlösung löst man 147,6 g NaCOOH in 900 ml metallfreiem Wasser.

Die Pufferlösungen sind über viele Wochen haltbar.

### 3.5.2 Geländematerial

Für die Sedimenttests wurden benötigt:

- 1 schwermetallfreie Handschaufel
- 2 übereinandersetzbare Polyamidsiebe, Siebgewebe Monodur Normal, Vereinigte Seidenwebereien, Krefeld, Maschenweite:  $200 \mu$  und  $63 \mu$
- 2 Plastiklöffel mit je 2 Löffelmulden, geeicht auf 0,36 g, 0,21 g, 0,19 g, 0,13 g
- 1 Glasmeßzylinder 30 ml, mit Plastikstopfen
- 1 Polyäthylen tropfflasche 250 ml mit Verschluß für die Dithizongeländelösung
- 2 Polyäthylen tropfflaschen 250 ml mit Verschluß für die Pufferlösungen
- 1 Uhr mit Sekundenzeiger

Für die Wassertests wurden benötigt:

- 1 Glasmeßzylinder 100 ml mit Plastikstopfen
- 1 Glasmeßzylinder 5 ml, zum Abmessen der Dithizon-Geländelösung
- 1 Polyäthylen tropfflasche 250 ml mit Verschluß für die Dithizongeländelösung
- 1 Polyäthylen tropfflasche 250 ml mit Verschluß für die Pufferlösung
- 1 Polyäthylen tropfflasche 100 ml mit Verschluß für 2n Ammoniak
- 1 Uhr mit Sekundenzeiger

4. Ergebnisse der Dithizontests

4.1 Bearbeitung und Darstellung der Ergebnisse

Im Gelände wurde in Form einer Tabelle notiert:

Die Nummer des Probenpunktes, die Größe des Löffels als Maß für die zur Analyse benutzte Sedimentmenge, die für den Farbumschlag benötigte Menge der Geländelösung und die Beschaffenheit des abgesiebten Sedimentes. Bei letzterem wurde der Anteil der organischen Substanz abgeschätzt und in die Kategorien --, -, 0, + und ++ eingeteilt. 0 ist dabei ein Mittelwert, der einen, im allgemeinen nicht vermeidbaren, geringen Anteil an organischer Substanz bedeutet. Mehr organische Substanz führte zu negativer, weniger zu positiver Beurteilung.

Da bei den Wassertests die Dithizonlösung immer grün blieb, wurde nach Zugabe von Ammoniak anhand der Färbung des organischen Lösungsmittels der Gehalt an extrahierten Schwermetallen in ppb geschätzt und direkt notiert.

Mit Hilfe der Formel (sh. Kapitel 3.4.1.2.1) wurden dann nachträglich die aus den Sedimenten extrahierten Gesamtschwermetall- bzw. Kupfergehalte errechnet.

Die Dithizon-Analysendaten werden zusammen mit den Daten der Atom-Absorptions-Spektroskopie-Analysen (sh. dort) in Tabellen aufgeführt (sh. Anhang). Dabei wurden die errechneten Werte gerundet.

Um die Daten anschaulich präsentieren zu können, wurden die Kupfer- bzw. Gesamtschwermetallgehalte der Sedimentproben in sechs Gruppen eingeteilt und durch Symbole, entsprechend der Einteilung, auf Gewässerplänen 1 : 10.000 dargestellt. Dazu wurden die Ergebnisse nach einem, bei BÖLVIKEN (1967) beschriebenen Verfahren nach der Höhe der Metallkonzentrationen sortiert und so aufgeteilt, daß jede Gruppe halb soviel Proben enthält, wie die Gruppe der nächst niedrigeren Konzentrationen.

Die Idealverteilung (in %) für die sechs Gruppen und deren Bezeichnung unter dem Gesichtspunkt der geochemischen Prospektion zeigt folgende Tabelle (3-5).

Gruppe	Prozent	Prozent kumulativ	Bezeichnung
1	50,79	50,79	Background
2	25,40	76,19	erhöhter Background
3	12,70	88,89	Threshold
4	6,35	95,24	mögliche Anomalie
5	3,17	98,41	Anomalie
6	1,59	100,00	erhöhte Anomalie

Tabelle 3-5: Erläuterung siehe Text

Um die sechs Gruppen sinnvoll abzugrenzen, konnte dieser Prozentverteilung nicht genau gefolgt werden, da andernfalls Proben gleicher Konzentrationen in unterschiedlich bewertete Gruppen eingeordnet worden wären.

Bei der Darstellung der Ergebnisse der Wasseranalysen wurden die Werte nur in vier Gruppen eingeteilt:

Niedriger Background, Background, mögliche Anomalie und Anomalie.

Die Anzahl der Werte pro Gruppe, der Anteil der Gruppen an der Gesamtheit der Werte in % und die Grenzen der einzelnen Gruppen gibt die Tabelle 3-6 wieder.

	Gruppe	Grenzen	Werte	Prozent	Prozent
				kumulativ	
cxHM-Test (Sediment)	1	4 ppm	155	50,99	50,99
	2	5 - 7 ppm	81	26,64	77,63
	3	8 - 10 ppm	32	10,53	88,26
	4	11 - 19 ppm	22	7,24	95,40
	5	20 - 25 ppm	10	3,29	98,69
	6	26 - 35 ppm	4	1,31	100,00
			304	100,00	
cxCu-Test (Sediment)	1	2 ppm	142	46,71	46,71
	2	3 - 4 ppm	78	25,66	72,37
	3	5 - 7 ppm	53	17,43	89,80
	4	8 - 11 ppm	16	5,26	95,06
	5	12 - 19 ppm	10	3,29	98,35
	6	19 - 28 ppm	5	1,65	100,00
			304	100,00	
cxHM-Test (Wasser)		2,5 ppb	106	36,43	36,43
		2,5 ppb	164	56,35	92,78
		5,0 ppb	19	6,53	99,31
		10,0 ppb	2	0,69	100,00
			291	100,00	

Tabelle 3-6: Einteilung der Anomalienkarten  
(sh. Anlagen 4, 5 und 6)

## 4.2

### Die Anomalien und ihre Ursachen

Auf den Gewässerplänen mit den Ergebnissen des Dithizontests an Bachsedimenten (Anlagen 4 und 5) zeichnen sich drei Bereiche erhöhter Schwermetall- bzw. Kupferkonzentrationen ab, die im folgenden als Anomalie Ost, Anomalie Nord und Anomalie Südwest bezeichnet werden sollen. Auf der Karte mit den Ergebnissen der Dithizontests an Bachwässern (Anlage 6) tritt nur die Anomalie Südwest deutlich hervor, die Anomalie Nord ist leicht nach Norden verschoben. Eine Anomalie Ost zeichnet sich auf dieser Karte nicht ab.

#### 4.2.1

##### Anomalie Ost

In dieser Anomalie können zwei Bereiche unterschieden werden. Der erste liegt nördlich des Sees 204 in den Grünsteinen der 'Hangenden Schichten' der Holmvann-Formation. Ein zweiter Bereich anomaler Konzentrationen tritt im Einzugsgebiet des Sees westlich der Höhe 95 auf. Die gesamte Anomalie Ost ist mit einem Bodenprobenetz überdeckt worden (sh. Kapitel 4).

In den beiden Bachsystemen, die das Gebiet nördlich des Sees 204 nach Norden entwässern, wurden im Sediment bei der Analyse mit Dithizon häufig GesamtSchwermetallgehalte der Kategorie 4 (mögliche Anomalie) festgestellt. Der höchste Wert wurde bei Probenpunkt 37 gemessen. Die Tabellen im Anhang zeigen, daß der Schwermetallgehalt (25 ppm) kaum höher als der Kupfergehalt (23 ppm) ist. Die nähere Umgebung dieses Probenpunktes ist mit Moränen überdeckt und eine Vererzung war nicht aufzufinden. 300 m östlich dieses Punktes waren aber mehrere vererzte Quarzgängchen von einigen Zentimetern Mächtigkeit aufgeschlossen.

Als Erzminerale konnten in erster Linie Pyrit, aber auch Kupferkies und Bornit, festgestellt werden. In einem Schurf waren einzelne Quarzbrocken mit Malachit überzogen. Aufgrund der Morphologie ist eine Dispersion der Metallionen dieser kleinen Vererzungen in die oben erwähnten Bachsysteme möglich.

Bei den Punkten 26 und 27 war auf einer Kluftfläche ein Überzug von Eisenoxidhydraten zu beobachten, dessen Ursprung nicht aufzufinden war. Es ist jedoch nahe-liegend, daß mit den Eisenmineralen auch Kupferminerale auftreten, die die Gesamtschwermetall- bzw. Kupfer-konzentrationen der Gruppe 4 an diesen Punkten verursachen.

Bei Probenpunkt 5 wurde *Viscaria alpina*, die als Indikatorpflanze für hohe Kupferkonzentrationen in Böden gilt, beobachtet. Da es hier kein fließendes Wasser gab, wurde eine Bodenprobe entnommen, naß abgesiebt und analysiert (sh. AAS-Analysen). Durch den dichten Bewuchs konnte hier keine Vererzung aufgefunden werden.

Alle oben erwähnten Lokationen scheinen in einem lang-gestreckten Bereich, der parallel der, auf der Luftbildkarte andeutungsweise zu beobachtenden, Lagerung der Grünsteine verläuft, zu liegen.

Bei den Wasseranalysen ist nur bei Punkt 4 ein anomaler Wert ermittelt worden. Die durchgehende Bodenbedeckung verhinderte hier ein Aufspüren einer möglichen Vererzung.

Anomale Gesamtschwermetall- und Kupferkonzentrationen enthalten auch die Sedimentproben in den Bächen, die in den See südwestlich der Höhe 95 münden. Für die hohen Gehalte in den Proben 20 und 21 sind schichtgebundene Mineralisationen direkt nördlich des Baches verantwortlich. An einer Felswand wurden kleinflächige Malachitüberzüge beobachtet. Eine Probe, die aus den hier anstehenden 'Liegenden Schichten' der Holmvann-Formation entnommen wurde, enthielt neben sehr viel Magnetit auch Bornit, Kupferglanz, Kupferkies und Covellin.

Für die erhöhten Konzentrationen in den Proben 14 und 15 konnte im Gelände keine Erklärung gefunden werden, da das Anstehende hier ebenfalls von einer dichten Vegetation überdeckt ist.

#### 4.2.2 Anomalie Nord

Die Anomalie Nord liegt im Westteil des Arbeitsgebietes am Fuß des steilen Nordabhangs des Nusseren. Das abgeprobte Gewässersystem erstreckt sich bis auf den Bergrücken, so daß Vererzungen in diesem höchsten Teil des Arbeitsgebietes sich durch anomale Metallgehalte in den Bachsedimenten an Probenpunkten tieferer Lage abzeichnen müssen. Auch diese Anomalie wird von einem Bodenprobennetz überdeckt.

Der weitaus größte Teil der Proben hat aber nur kalt-extrahierbare Kupfer- bzw. Gesamtschwermetallgehalte, die eine Zuordnung zu den Gruppen 2 und 3 (erhöhter Background, Threshold) ergeben.

Eine Ausnahme in den Grünsteinen ist die Probe 179, mit 11 ppm Gesamtschwermetall- bzw. 9 ppm Kupfergehalt, Werte der Kategorie 4. Es wurde jedoch keine Ursache für die erhöhten Werte gefunden, sieht man davon ab, daß allenthalben in den massiven Grünsteinen quarzkarbonatische Gängchen auftreten, die auch häufig etwas Pyrit und Kupferkies enthalten. Bei Probenpunkt 181, ungefähr 150 m oberhalb von Punkt 179, ergab der Wassertest einen relativ hohen Wert (5 ppb), aber auch in diesem Fall war eine Mineralisation nicht zu finden.

Höhere Metallgehalte in Bachsedimentproben und Bachwasserproben wurden an den Punkten 150 und 157 ermittelt. Aus der Sedimentprobe 157 wurden 20 ppm Gesamtschwermetallgehalt bzw. 19 ppm Kupfergehalt extrahiert. Die Probe wurde an einer Stelle entnommen, an der das Wasser aus Karbonatgestein hervorsickert. Diese Karbonate treten, wie bereits erwähnt (Kap. 2.3.2.1), als Linsen an der Grenze zwischen Grünstein und Schwarzschiefern auf. Sie sind stellenweise mit Quarzgängchen netzartig durchsetzt. Mineralisationen konnten aber nicht ausgemacht werden. Auch die AAS-Analysen der Karbonate zeigten keine erhöhten Metallgehalte. Die Sedimentprobe 150 enthielt 14 ppm Gesamtschwermetall und 11 ppm Kupfer. Bei diesem Probenpunkt, der auch eindeutig im Bereich der Karbonatlinse liegt, wurden auch 10 ppb Gesamtschwermetallgehalt im Wasser gemessen.

Bei den Wasseranalysen der Probenpunkte 127, 171, 192 und 193, alle wenig südlich der Höhe 173, ergaben sich jeweils Gesamtschwermetallgehalte von ca. 5 ppb.

Die hier anstehenden Schwarzschiefer waren mit dichter Moor- und Heidevegetation bedeckt, so daß die Ursache dieser erhöhten Werte nicht festgestellt werden konnte. Vielleicht liegt sie aber in den andernorts häufig festgestellten erhöhten Zinkgehalten der Schwarzschiefer begründet.

#### 4.2.3 Anomalie Südwest

Diese Anomalie, die in der Südwestecke des Arbeitsgebietes liegt, hat ihren maximalen Wert bei Probenpunkt 269. Hier wurden 35 ppm Gesamtschwermetall bzw. 28 ppm Kupfergehalt in den Bachsedimenten gemessen. Aus den Bachwässern wurden 10 ppb Gesamtschwermetall extrahiert. Die Ursache dieser Schwermetallgehalte war ein mehrere Dezimeter mächtiger Quarzkarbonatgang, mit Kupferkies-, Bornit- und Pyritmineralisationen, der NNE - SSW streicht. Wegen der, weite Flächen überdeckenden, Moränen ließ dieser Gang sich nicht sehr weit verfolgen.

Betrachtet man die Analysenwerte mit zunehmender Entfernung von der Mineralisation, so ist hier eine deutliche Dispersionsfahne mit abnehmenden Schwermetallgehalten sowohl im Wasser als auch im Bachsediment zu erkennen.

Der Probenpunkt 292 zeigt ebenfalls leicht erhöhte Werte, 14 ppm Gesamtschwermetall und 10 ppm Kupfer im Bachsediment sowie 5 ppb im Bachwasser. Auch hier wurde etwa 100 m östlich ein linsenförmiger, etwa 50 m langer Quarzkarbonatgang entdeckt, der mit Kupferkies, Bornit, Kupferglanz und Pyrit vererzt ist.

Für die erhöhten Schwermetallgehalte in den Proben von Punkt 253 an bachabwärts konnte keine Erklärung durch eine Mineralisation im Gelände gefunden werden. Möglich wäre hier allerdings eine Kontamination durch anthropogene Abfälle, vor allem Konservendosen, die in diesem Bereich gefunden wurden.

#### 4.3 Geologische Deutung der Anomalien - Interpretationsversuch

In Bezug auf die Geologie kann man die Mineralisationen in den Anomalien in zwei Gruppen einteilen.

Soweit die Anomalien im Bereich der massiven Grünsteine der 'Hangenden Schichten' der Holmvann-Formation liegen, werden sie wahrscheinlich durch vererzte Quarzkarbonatgänge verursacht. Diese Gänge sind meist nur wenige Zentimeter mächtig und unterschiedlich stark vererzt; stellenweise durchziehen auch feinste mineralisierte Risse netzartig das Gestein. Auch die Anomalie Südwest wird durch solche Quarzkarbonatgänge bedingt. Die häufigsten Erzminerale sind Pyrit und Kupferkies, untergeordnet sind auch Bornit und Kupferglanz zu finden. Auf der Karte des Gewässernetzes sind an verschiedenen Stellen Schürfe eingezzeichnet. Hier waren durch Sprengungen einige, bis 1 m mächtige Gänge aufgeschlossen. Die Vererzungen waren hier aber immer unbedeutend, sekundäre Kupfer- und Eisenminerale, Malachit bzw. Eisenoxidhydrate, überzogen einzelne Bruchstücke. Zur Entstehung können keine sicheren Aussagen gemacht werden. Denkbar wären hydrothermale Lösungen, deren Entstehung und Platznahme mit der regionalen, metamorphen Überprägung zusammenhängt und dadurch eine Konzentration des allgemein erhöhten Schwermetallgehaltes in den Gängen herbeigeführt hat.

Inwieweit die Häufigkeit bzw. der Erzgehalt solcher mineralisierten Klüfte und Risse an einzelne Lagen in den Grünsteinen gebunden ist (sh. Kapitel 3.6.2.3), kann nicht gesagt werden.

Der zweite Vererzungstyp tritt in den 'Liegenden Schichten' der Holmvann-Formation auf. Hier gibt es nicht selten Erzlagen in denen bis zu Zentimeter große Pyritkristalle und in Schlieren Magnetit zu finden waren und die schichtparallel verliefen. Manche Gesteine enthielten beträchtliche Mengen Magnetit, der in Schlieren konzentriert war. Primäre Kupferminerale waren makroskopisch kaum zu erkennen. Klüfte und Schieferungsflächen waren stellenweise mit Eisenoxidhydraten, selten mit Malachit, überzogen. Für die Entstehung dieser Vererzungen kommen zwei Möglichkeiten in Betracht.

Erstens können hier hydrothermale Lösungen nachträglich an Schichtgrenzen in die Abfolge eingedrungen sein und zu Mineralisationen geführt haben.

Wahrscheinlicher scheint aber die zweite Möglichkeit eines syngenetischen Entstehens der Mineralisationen bei der Ablagerung der Gesteine in reduzierendem Milieu bzw. in der Nachbarschaft vulkanischer Aktivitäten.

5. Bodenprobennetze

5.1 Anlage der Probennetze und Probennahme

Um die Anomalien im Ostteil des Arbeitsgebietes und am Nordabhang des Nusseren noch detaillierter zu untersuchen, sollten über die Anlage je eines Bodenprobennetzes (sh. Anlage 3) und der Auswertung der Analysendaten Trendkarten der Anomalien erstellt werden. Da die Bodenprobennetze relativ große Gebiete überdecken sollten, Bodenproben aber nicht in zu großen Abständen genommen werden dürfen, um noch eine einigermaßen korrekte Lage der Kurven gleicher Konzentrationen durch Interpolation benachbarter Werte zu gewährleisten, mußte ein Kompromiß in Bezug auf die Entfernung der einzelnen Probepunkte zueinander eingegangen werden. Deshalb wurden die Abstände zwischen den einzelnen Punkten bei beiden Probennetzen auf 50 m senkrecht zum Streichen und auf 100 m in Streichrichtung festgelegt. Bei der Wahl dieser Abstände lag die Annahme zu Grunde, daß es sich bei den Vererzungen teilweise um schicht- bzw. lagengebundene Mineralisationen handeln könnte, folglich die dispersiven Schwermetallgehalte in den Böden in Streichrichtung nicht so große Schwankungen zeigen, wie senkrecht dazu. Inwieweit diese Voraussetzung zutrifft, muß eine Auswertung der Proben zeigen (siehe dort).

Die Bodenprobennetze mußten zunächst traciert werden. Dazu wurde die Richtung der Profillinien mit einem, auf einem Stativ montierten, Kompaß mit Peileinrichtung festgelegt. Eine Hilfskraft ging mit einer 100 m langen, in der Mitte gekennzeichneten Leine voraus und wurde in die richtige Richtung gewiesen. Ein einfaches Abschreiten der Entfernungen war wegen des schwierigen Geländes nicht möglich.

Numerierte Holzpfölcke markierten die Probenpunkte. Später nahmen die Probensammler mit einer kleinen, schwermetallfreien Schaufel die Proben möglichst an der Basis des A-Horizontes und füllten das Probengut in eigens dafür vorgesehene kleine schwermetallfreie Papiertüten. Dabei wurde darauf geachtet, daß die Proben keine oder möglichst wenig organische Substanz enthielten.

#### 5.2 Bodenprobennetz Nord

Die Basislinie dieses Probennetzes (1.900 m) liegt im Bereich der Schwarzschiefer der Kvalsund-Formation, nördlich der Grenze zu den Grünsteinen. Von dieser Basislinie ausgehend, wurden 1.200 m lange Profillinien bis auf die Höhe des Nusseren hinauf im Abstand von 50 m abgeprobt. Der Abstand der Profillinien untereinander betrug entsprechend der oben erwähnten Überlegungen 100 m.

Dieses Bodenprobennetz überdeckt im wesentlichen die massiven Grünsteine der 'Hangenden Schichten' der Holmvann-Formation. Im Norden, an der Grenze zur Kvalsund-Formation werden auch die lokalen Karbonatvorkommen erfaßt. Bei diesem Probennetz waren in höheren Lagen Böden immer nur in Vertiefungen des Gesteins, in Scharten, Rissen und kleinen Mulden zu finden, wo sie der morphologisch bedingten, starken Erosion nicht so sehr ausgesetzt waren. Hieraus wurden die Proben entnommen, wobei darauf geachtet wurde, daß sie möglichst wenig pflanzliche Substanz, wie Flechten oder Moose, enthielten. In tieferen Lagen hatte sich teilweise ein geringmächtiger A-C-Boden ausgebildet, auf dem Gras und kleine Sträucher wuchsen. Hier wurden die Bodenproben von der Basis des A-Horizontes entnommen.

Im Norden des Probennetzes waren kleine Flächen mit Sumpf und Moor bedeckt, so daß einzelne Proben nicht genommen werden konnten, an anderen Stellen wurden Proben unter dem, bis zu 0,5 m mächtigen, Torfhorizont entnommen.

### 5.3 Bodenprobennetz Ost

Bei der Anomalie im Osten sollte ein Bodenprobennetz sowohl die geschichteten 'Liegenden Schichten' als auch die massiven Grünsteine der 'Hangenden Schichten' der Holmvann-Formation überdecken. Im Süden greift das Probennetz noch auf die Fiskevann-Formation über. Es besteht aus 18 Profillinien, die zwischen 1.000 m und 1.500 m lang sind.

Hier wurden, von Osten ausgehend, wiederum Profile mit 100 m Entfernung zueinander in 50 m-Abständen abgeprobt. Die korrekte Tracierung der Linien wurde durch die dichtere Vegetation (Birkenunterholz) und durch magnetische Anomalien (sh. Kapitel 2.3.3), die wahrscheinlich durch Magnetitvererzungen in den 'Liegenden Schichten' der Holmvann-Formation verursacht werden, erschwert. Hierdurch erklärt sich das unregelmäßige Netz.

Die Probennahme war außerdem dadurch erschwert, daß die Böden im Osten und Norden des Gebietes durch die relativ starke Vegetation eine ziemlich mächtige organische Auflage hatten. Auch hier wurde versucht, die Basis des A-Horizontes zu beproben. Außerdem waren verschiedene Areale mit Moränen bedeckt, die aber nicht im einzelnen abzugrenzen waren.

## 6. Problemstellung

Ziel der geochemischen Untersuchungen ist, eine aus älteren Daten konstruierte Anomalienzone (NGU - Norges Geologiske Undersøkelse, mündliche Mitteilung DREYER) zu überprüfen und - falls erhöhte Werte auftreten - eine Detailprospektion mit einem engmaschigen Probenetz durchzuführen. Mit der Untersuchung sollten die Elemente Nickel, Blei, Zink, Kobalt und vor allem Kupfer quantifiziert werden.

Zur Lokalisierung der Anomalien wurden im Gelände die sekundären Dispersionshöfe der Schwermetalle Cu, Ni, Pb, Zn und Co durch colorimetrische Feldtests (mit dem Reagenz Dithizon) an Bachsedimenten und Bachwässern erfaßt.

Da die colorimetrischen Feldtests nur relative Werte der Metallgehalte im Bachsediment und -wasser liefern, wurde, um Daten zu Vergleichszwecken und zur statistischen Auswertung zu erhalten, an jedem Punkt der colorimetrischen Feldtests gleichzeitig auch Sediment zur Analyse im Labor mit Atom-Absorptions-Spektroskopie entnommen. Zur Bestimmung des Durchschnittsgehaltes an Schwermetallen wurden Gesteinsproben analysiert.

Daneben wurden in zwei Gebieten mit erhöhten Kupferwerten Bodenprobennetze ausgelegt, deren Probengut mittels Röntgenfluoreszenzspektroskopie analysiert wurde.

7. Entnahme und Aufbereitung der Proben

7.1 Bachsedimentproben

Zur Verwendung kam das gleiche Probenmaterial wie bei den colorimetrischen Feldtests.

Der Rest der im Gelände abgesiebten Probensubstanz (Siltfraktion) wurde in Schnappdeckelgläser gefüllt und im Labor weiter bearbeitet.

7.2 Bodenproben

Aus den beiden Probennetzen (Lage der Netze siehe Anlage 3) wurden jeweils ca. 450 Proben entnommen. Der Probenabstand betrug im Streichen der Gesteine 100 m, senkrecht zum Streichen 50 m.

Bei der Bodenprobennahme wurde der A-Horizont mittels schwermetallfreier Metallschaufeln entnommen und in Papiertüten (ebenfalls metallfrei) gefüllt.

7.3 Gesteinsproben

Während der ganzen Feldsaison wurden aus makroskopisch nicht vererzten Bereichen Gesteinsproben entnommen. Die Proben wurden aus dem Anstehenden geschlagen und die obere Verwitterungszone entfernt, wobei darauf geachtet wurde, daß die Probe möglichst wenig mit dem Geologenhammer in Berührung kam.

## 8. Analysenmethoden

Zur Anwendung kamen zwei verschiedene Analysenmethoden. Die Bachsediment- und Gesteinsproben wurden mit der Atom-Absorptions-Spektroskopie analysiert.

Diese Methode wurde gewählt, weil die oft sehr geringen zur Verfügung stehenden Probensubstanzen für diese Methode ausreichend waren. Außerdem stand bei der Firma Folldal-Verk A/S ein sehr gutes Spektrometer zur Verfügung.

Die Bodenproben wurden mit der Röntgenfluoreszenzspektroskopie analysiert, da die große Anzahl der zu bearbeitenden Proben (über 900) mit dieser Methode schnell und exakt zu analysieren war.

### 8.1 Atom-Absorptions-Spektroskopie

#### 8.1.1 Probenvorbereitung

##### 8.1.1.1 Bachsedimentproben

Die Bachsedimentproben wurden nach Entfernen des Schnappdeckelverschlusses in den Probengläschen bei maximal 70° C im Trockenschrank auf Gewichtskonstanz getrocknet. Da das Sediment stark wasserhaltig war, dauerte dieser Vorgang mehr als 12 Stunden. Während dieser Zeit wurden die Proben zweit- bis dreimal mit einem sorgfältig gereinigten Spatel umgerührt, um eine gleichmäßige Trocknung zu gewährleisten.

### 8.1.1.2 Gesteinsproben

Die Gesteinsproben wurden mit in Repparfjord vorhandenen Geräten<sup>x</sup> zerkleinert, die zur Aufbereitung von vererzten Gesteinen dienen.

Trotz sehr sorgfältiger Reinigung stellte sich bei den Analysen heraus, daß die arithmetischen Mittel der Metallkonzentrationen in den unvererzten Gesteinsproben meist doppelt so hoch waren, wie die der gesammelten Bachsedimentproben.

Es ist wahrscheinlich, daß dies auf eine Kontamination während der Aufbereitung zurückzuführen ist, so daß die Analysenwerte der Gesteinsproben im weiteren nicht verwandt werden konnten.

### 8.1.1.3 Aufschlußverfahren

Von dem getrockneten Material, das durch längeres kräftiges Schütteln homogenisiert war, wurden  $1.000 \pm 2$  mg Substanz abgewogen, in ein Becherglas gefüllt und in  $5 \pm 0,2$  ml konzentrierter HCl und  $15 \pm 0,2$  ml konzentrierter  $\text{HNO}_3$  aufgeschlossen:

Zunächst stand die Lösung 30 Minuten bei Zimmertemperatur, dann wurde sie, ebenfalls 30 Minuten, bei  $150^\circ \text{C}$  gekocht. Nach Abkühlung wurde jede Lösung zweimal filtriert, mit  $\text{H}_2\text{O}$  dest. auf  $100 \pm 2$  ml verdünnt und anschließend durch längeres Schütteln homogenisiert.

<sup>x</sup> Backenbrecher und Kugelmühlen

### 8.1.2 Spektrometer

Zur Verfügung stand ein Atom-Absorptions-Spektrometer 403 der Firma Perkin-Elmer Co., Norwalk, Connecticut.

Das Gerät verfügt über einen Deuterium-Untergrundkompensator mit elektronischer Quotientenbildung und eine automatische Nullstellung. Die Anzeige ist digital, es kann zwischen Extinktion und Emissionsintensität gewählt werden. Die benötigte Auswertezeit beträgt 0,1 sec., es kann wahlweise auch über einen Zeitraum von 10 bzw. 100 sec. integriert werden (automatische Mittelwertsbildung).

Für die vorliegende Arbeit wurde die Anzeige der Emissionsintensität, als Auswertezeit 10 sec. gewählt. Es wurde in einer Luft/Acetylen-Flamme auf die Elemente Cu, Ni, Pb, Zn und Co analysiert.

Die Analysen wurden im Labor der Firma Folldal Verk A/S in Repparfjord durchgeführt.

### 8.1.3 Bestimmung der Schwermetallgehalte

Mit der Atom-Absorptions-Spektroskopie wurden die Elemente Cu, Ni, Pb, Zn und Co analysiert.

Zur Verwendung kamen Einelement-Hohlkathodenlampen (technische Daten siehe Tabelle 8.1). Jede Lampe brannte mindestens 40 Minuten ein.

Alle fünf Schwermetalle lassen sich ohne Schwierigkeiten in der verwandten Luft/Acetylen-Flamme analysieren (siehe Tabelle 8.2).

#### 8.1.3.1 Eichlösungen

Das Spektrometer wurde mit Eichlösungen der Firma Merck, Darmstadt, geeicht. Es handelt sich um Ampullen, die eine Lösung nur des gewünschten Elementes in sehr hoher Konzentration enthalten und je nach Bedarf verdünnt werden. Der Fehler bei der Verdünnung der Standards betrug etwa 2 ml bei 250 ml-Kolben. Die Eichlösungen für Cu und Zn wurden vier Tage verwandt, die Lösungen für Pb, Ni und Co wurden täglich neu hergestellt.

Analysiert wurde nur im linearen Bereich der Eichkurven. In den seltenen Fällen, in denen höhere Konzentrationen auftraten, wurden die entsprechenden Lösungen 1 : 10 verdünnt. Da die Einelement-Hohlkathodenlampen, besonders die Nickel- und Kobaltslampen, eine gewisse Drift aufwiesen, wurde nach jeder fünften Messung die automatische Nullpunkteinstellung benutzt, sowie nach ca. 20 Messungen die Eichkurve anhand der Eichlösungen überprüft und gegebenenfalls korrigiert.

#### 8.1.3.2 Reproduzierbarkeit und Genauigkeit

Zur Prüfung der Reproduzierbarkeit der anhand dieses Verfahrens erhaltenen Schwermetallgehalte wurden von der Probe 195 15 Aufschlüsse hergestellt und analysiert (siehe Tabelle 8.3 ermittelte populationsstatistische Größen  $\bar{x}$  Mittelwert,  $s$  Standardabweichung und  $V$  Variationskoeffizient). Die dabei gewonnenen Daten zeigen, daß die erzielten experimentellen Reproduzierbarkeiten zwischen 3 % und maximal 10 % für die relative Standardabweichung liegen, was den Genauigkeitsanforderungen für Daten von geochemischen Prospektionen voll gerecht wird.

Die Messungen zur Erfassung der Genauigkeit der anhand dieses Verfahrens erhaltenen Schwermetallwerte wurden an sechs Proben gemessen, wobei für jedes Element Proben mit hohem, mittlerem und niedrigem Metallgehalt ausgesucht wurden (sh. Tab. 8.4). Die Aufschlüsse wurden in einem Zyklus zehnmal hintereinander gemessen (sh. Tabelle 8.4 ermittelte populationsstatistische Größen), die hierbei ermittelten Werte liegen innerhalb der angegebenen Breite der experimentellen Unschärfe.

## 8.2 Röntgenfluoreszenzspektroskopie

### 8.2.1 Probenvorbereitung

Um Kontaminationen zu vermeiden, sind die Bodenproben direkt in den Papiertüten getrocknet worden.

Dazu wurden die Tüten geöffnet, nebeneinander in große, mehrfach mit Papier ausgeschlagene Metallsiebe gestellt und darin auf einer ca. 90° C heißen Heizplatte im Abzug getrocknet. Um zu vermeiden, daß Partikel in die Tüten fielen, waren sie mit Papier abgedeckt.

Nach dem Trocknen wurde von jeder Probe die Fraktion kleiner 63  $\mu$  abgesiebt und in Schnappdeckelgläser gefüllt.

An der Universität Mainz wurden aus den Pulvern einseitig von einer Mischung aus Bakelit und Borsäure (1 : 1) ummantelte Tabletten hergestellt, wofür jede Probe etwa 15 Sekunden einem Druck von 10 tons/sq.inch ausgesetzt war.

Die meisten Tabletten sind aus  $4,0 \pm 0,2$  g Proben-  
substanz hergestellt worden, um für alle benötigten  
Fluoreszenzwellenlängen eine "unendliche Dicke"  
zu gewährleisten.

Die Proben einiger Punkte enthielten jedoch weniger  
als 4 g Substanz der Fraktion kleiner  $63\mu$ , so daß  
von all diesen Proben Tabletten mit  $2,0 \pm 0,2$  g Sub-  
stanz nach dem obigen Verfahren hergestellt wurden.

Es sind deshalb von den zur Eichung verwandten Sub-  
stanzen internationaler Gesteins- und Bodenstandards  
nach dem obigen Verfahren sowohl Tabletten mit 4 g als  
auch mit 2 g Probensubstanz hergestellt worden.

#### 8.2.2 Spektrometer

Zur Verfügung stand ein mit einem 10-Probenwechsler  
ausgerüstetes Röntgenfluoreszenzspektrometer SRS 200  
der Firma Siemens. Die Anlage kann über einen Fern-  
schreiber automatisch gesteuert werden.

Als Zählgas für den Durchflußzähler dient ein handels-  
übliches Argon/ Methan-Gemisch (9 : 1).

Bei der vorliegenden Arbeit wurde die Anlage über  
Lochstreifen gesteuert, der Impulshöhendiskriminator  
wurde immer verwendet (verwandte Parameter siehe  
Tabelle 8.5).

### 8.2.3 Bestimmung der Schwermetallgehalte

Zur Bestimmung der Schwermetallgehalte der Bodenproben fand eine Goldröhre Verwendung, da die vorhandene Molybdänröhre eine sehr starke Raleighstrahlung, insbesondere von Cu, aufwies. Unter Vorgabe der Goldröhre ließen sich Cu, Ni, Zn und auch Pb anhand ihrer K $\alpha$ -Linien quantitativ bestimmen, Co jedoch nicht. Da nur eine begrenzte Nutzungszeit der Anlage zur Verfügung stand, wurde keine gesonderte Messung zur Bestimmung der Massenschwächung anhand der MoK $\alpha$ -Compton-Strahlung einer Molybdänröhre durchgeführt (Matrixkorrektur nach REYNOLDS).

Die Korrektur in Bezug auf unterschiedliche Massenschwächungskoeffizienten der Proben wurde über die Messung des Goldpeaks AuK $\alpha$  (zwei Messungen pro Probe) vorgenommen. Unter der Annahme, daß sich der Goldpeak umgekehrt proportional zur Massenschwächung der jeweiligen Probe ändert, wurde das Verhältnis Goldpeak zu Massenschwächung an Proben bekannter Massenschwächung bestimmt und über dieses Verhältnis die annähernde Massenschwächung jeder analysierten Probe, unter Verwendung eines Rechenprogrammes (LASKOWSKI, 1978) ermittelt. Da von der vorliegenden Arbeit keine Konzentrationsdaten ausgesprochen hoher Qualität verlangt waren, sondern eine Fehlergrenze zwischen 5 % und 10 % für die Zielsetzung einer geochemischen Prospektion bei weitem ausreicht, kann diese Art der Matrixkorrektur, zumal hier Proben sehr einheitlicher Zusammensetzung vorlagen, als akzeptabel angesehen werden.

In den Probenwechsler sind jeweils neun Proben und eine Referenzprobe eingebracht worden.

Die Referenzprobe blieb über die ganze Meßzeit dieselbe, so daß anhand der hier gemessenen Impulsraten eine Korrektur der Meßdaten im Hinblick auf eine Gerätedrift vorgenommen werden konnte.

Es wurde nicht mit evakuiertem Spektrometerkammer gearbeitet.

Als Detektoren fanden Szintillations- und Durchflußzähler in Tandemstellung Verwendung, da beide allein zu geringe Empfindlichkeiten für Wellenlängen der hier verwandten Linien besitzen.

Die Totzeit der Anlage wurde ermittelt. Zur Feststellung des Untergrundverlaufes wurden für jede Probe an sechs experimentell ermittelten Untergrundpositionen (U 1 - U 6) Intensitäten gemessen.

#### 8.2.3.1 Eichproben

Zur Erstellung der Eichkurven sind nach dem oben beschriebenen Verfahren Pulvertabletten der Internationalen Gesteinssstandards BCR 1, GSP 1, G 1, W 1 BR-N und AGV 1 sowie der Bodenstandards GXR 2, GXR 5 und GXR 6 hergestellt worden. Die Bodenstandards sowie die Gesteinsstandards BR-N und AGV 1 wurden zur Kontrolle des verwandten Verfahrens der Matrixkorrektur als Proben unbekannter Zusammensetzung behandelt. Die hier für die internationales Standards verwandten Spurenelementkonzentrationen (siehe Tabelle 8.6) entstammen Arbeiten von FLANAGAN, 1972, WALTHALL et al., 1976 und TOBSCHALL, 1974.

Da diese aus der Literatur erhaltenen Werte bei der Eichung der 2 g-Proben zu hohen Differenzen zwischen Ist- und Soll-Wert in der Eichkurve führten, wurde der Spurenelementgehalt der 2 g-Standards AGV 1, GSP 1 und BCR 1 über die Eichkurve der 4 g-Standards ermittelt. Die so erhaltenen Werte (siehe Tabelle 8.7) dienten als Standardwerte.

Die Ermittlung der Schwermetallgehalte der 2 g-Proben auf diese Weise führte zu Konzentrationen die signifikant von denen der 4 g-Proben abwichen.

Da es bis zur Fertigstellung der Arbeit nicht gelang, ein geeigneteres Eichverfahren für die 2 g-Proben zu finden, wurden die Analysenergebnisse dieser Proben nicht zur Herstellung der Anomalienkarten verwandt.

Als Blindproben wurden für alle Bestimmungen Pulvertabletten von reinem Ce und reinem  $\text{SiO}_2$  verwandt.

Die gemessenen Intensitäten wurden unter Verwendung der Totzeit, der Korrektur der Gerätedrift, der oben angegebenen Matrixkorrektur sowie unter Berechnung der Untergrundsraten an den Positionen der Peakmaxima mit Hilfe eines von WILLIS, University of Cape Town (1976) geschriebenen und von LASKOWSKI, Universität Mainz (1978) modifizierten Programmes in Konzentrationen umgerechnet.

Bei der Anwendung dieses Programmes zur Errechnung der Blei-Konzentrationen stellten sich unerwartete Schwierigkeiten ein, die bis zur Beendigung dieser Arbeit nicht gelöst waren. Die Ergebnisse der Bleianalysen werden zu einem späteren Zeitpunkt mitgeteilt und diskutiert.

### 8.2.3.2 Reproduzierbarkeit und Genauigkeit

Zur Ermittlung der Reproduzierbarkeit der anhand dieses Verfahrens ermittelten Schwermetallkonzentrationen wurden von den internationalen Gesteinsstandards GSP 1, AGV 1 und BR-N jeweils sechs Pulvertabletten hergestellt und analysiert (siehe Tabelle 8.8 ermittelte populationsstatistische Kenngrößen). Die erhaltenen Daten liegen, mit Ausnahme der Werte für Nickel im Standard GSP 1 weit unter der oberen Fehlergrenze von 10 % für die Standardabweichung. Der hohe Wert der Standardabweichung für Nickel bei GSP 1 liegt wohl an der niedrigen Konzentration des Metalls in der Probe.

Zur Erfassung der Genauigkeit wurden die ermittelten Werte der als Proben unbekannter Zusammensetzung behandelten internationalen Gesteinsstandards GSP 1 und BR-N den Literaturwerten gegenübergestellt (siehe Tabelle 8.9 ermittelte populationsstatistische Kenngrößen).

Es zeigt sich, daß die gemessenen Werte den Literaturwerten im Rahmen der angestrebten Fehlergrenzen entsprechen. Lediglich der Gehalt an Zink des Standards BR-N ist nach den Ergebnissen dieser Arbeit ca. 11 % niedriger als der empfohlene Wert. Da aber auch die anderen Tabletten dieser Probe ähnliche Werte aufweisen (siehe Tabelle 8.8) liegt die Möglichkeit nahe, daß die im hiesigen Institut vorhandene Probensubstanz des Standards BR-N niedrigere Zink-Konzentrationen aufweist, als es in der Literatur beschrieben wird.

Zum Teil stark differierende Gehalte an Spurenelementen in verschiedenen Fläschchen gleicher Proben-substanz internationaler Gesteinsstandards beschreibt z. B. WALTHALL et al. 1976.

Die angegebenen Werte zur Genauigkeit zeigen des-weiteren, daß das angewandte Verfahren der Matrix-korrektur zu Werten führt, die für den Zweck dieser Arbeit ausreichen.

Die ebenfalls als Proben unbekannter Zusammensetzung behandelten Bodenstandards GXR 2, GXR 5 und GXR 6 konnten nicht zur Genauigkeitsprüfung herangezogen werden, da in der Literatur (ALLCOTT & LAKIN, 1974) Werte mit großer Variationsbreite angegeben werden (siehe Tabelle 8.10).

Es läßt sich lediglich feststellen, daß die in dieser Arbeit ermittelten Konzentrationen innerhalb der Variationsbreite der publizierten Werte liegen.

9. Schwermetallgehalt des Arbeitsgebietes

9.1 Untergrundswerte

Wie bereits in Kapitel 8.2.3.1 erläutert, liegen keine verwendbaren Analysenwerte der Gesteine des Arbeitsgebietes zur Auswertung vor.

Um eine annähernde Vorstellung der Gehalte an Schwermetallen im Gestein zu erhalten, wurden nach LEVINSON (1974) die Modalwerte der Lognormal-Verteilungen der Bachsedimentproben als Untergrundswerte benutzt (siehe Tabelle 9.1).

Gegenüber den Werten, die WEDEPOHL & TUREKIAN (1961) und AUBERT & PINTA (1977) für Basalte angeben, zeigt der Grünsteinzug des Nusseren eine Verarmung.

Innerhalb des Grünsteinzuges treten die höchsten Konzentrationen der Schwermetalle in den 'Hangenden Schichten' der Holmvann-Formation auf. Auch die Werte in den Schwarzschiefern der Kvalsund-Formation liegen noch über denen der 'Liegenden Schichten' der Holmvann-Formation, wenn auch unter denen der 'Hangenden Schichten'. Das ist wohl darauf zurückzuführen, daß das Material der hier entnommenen Proben zum großen Teil Verwitterungsschutt der 'Hangenden Schichten' der Holmvann-Formation ist.

## 9.2 Bachsedimentanalysen

### 9.2.1 Schwermetallgehalte des Arbeitsgebietes insgesamt

Tabelle 9.2 führt die wichtigsten populationsstatistischen Kenngrößen der Schwermetallgehalte des gesamten Arbeitsgebietes auf (der Gesamtschwermetallgehalt entstand durch Addieren der Konzentrationen der fünf analysierten Schwermetalle). Die Häufigkeitshistogramme (Grenzwertbreite 1/2 s) (siehe Abb. 9.1) zeigen, daß die Verteilung des Gesamtschwermetallgehaltes und der einzelnen Schwermetalle als unimodal mit Abweichungen von der Lognormal-Verteilung zu bezeichnen sind (Analysenergebnisse siehe Anhang A 1).

Die unlogarithmierten Werte der Schwermetallgehalte des gesamten Arbeitsgebietes wurden zur Erstellung von Anomalienkarten nach dem Verfahren von BÖLVIKEN (1967) in sechs Gruppen eingeteilt (siehe Tabelle 9.3). Die so erstellten Trendkarten unterstreichen und verdeutlichen im wesentlichen die Ergebnisse der colorimetrischen Feldtests.

#### Kupfer

Die Ergebnisse bei Kupfer (siehe Anlage 8) zeigen eine Erweiterung der durch die Dithizontests lokalisierten Anomalie Nord nach Osten, so daß es zu einer gewissen Verbindung zwischen den beiden Anomalienzonen Nord und Ost auf der Nordseite des Nusseren kommt, wobei entlang des Baches, der zwischen der Höhe 520 und dem See 204 zum Faegfjordelv hin entwässert, eine Grenze zu ziehen ist.

Unterschiede zwischen den Trendkarten von Dithizon- und AAS-Analysen tritt bei dem Bach, der etwa vom See 204 aus nach Norden direkt in den Faegfjordelv fließt, auf.

Hier fallen die Werte der Dithizontests in Kategorie 5 und 6 (vgl. Tabelle 3.5), die der AAS-Analysen in Kategorie 2 und 3 und nur an zwei Punkten in Kategorie 4 bzw. 6. Dieser Unterschied ist eine Folge der prozentualen Einteilung in Kategorien, an anderen Punkten der Karte treten keine Differenzen auf.

Die dritte, anhand der Dithizontests lokalisierte Anomalie wird ebenfalls durch die AAS-Analysen bestätigt.

#### Zink

Die Analysenergebnisse von Zink (siehe Anlage 9) zeigen, daß die höchsten Werte vor allem im Bereich der erweiterten Anomalie Nord auftreten. Auffällig ist dabei eine Zone erhöhter Werte im Grenzbereich Grünsteine / Schwarzschiefer (Punkte 93, 94, 100 - 102, 115 - 117, 130 - 145). Weiterhin treten im Westen der Anomalie, zum See 241 zu, einzelne sehr hohe Zinkwerte auf.

Neben diesem Bereich zeichnen sich zwei Zonen erhöhter Werte nordwestlich des Fiskevann (Punkte 316 - 324, 337, 338) und südlich des Sees 204 (Punkte 77 - 90) ab. Hier treten keine stark erhöhten Kupferwerte auf. Auf der Karte der cxHM-Tests treten hier einige Werte der Kategorie 3 und 4 auf.

Die Kupfer Anomalie Ost zeigt keine, die Kupfer Anomalie Südwest nur leicht erhöhte Zinkwerte.

Blei

Die erhöhten Bleiwerte (siehe Anlage 10) sind mehr oder weniger regellos über das Gebiet verteilt.

Nur der Bachlauf, der zwischen den Höhen 580 und 592 nach Norden zum Punkt 173 hin entwässert (Punkte 173 - 184), zeigt mehrere erhöhte Werte gleichzeitig. Deren Lage deckt sich mit stark erhöhten Kupferwerten.

Nickel

Die höchsten Nickelwerte (siehe Anlage 11) treten nicht innerhalb der drei Kupferanomalien auf.

Die erhöhten Werte sind allgemein gleichmäßig über das Arbeitsgebiet verteilt, lediglich an zwei Stellen treten Verdichtungen auf:

Zwischen den Höhen 504 und 580 im Norden und der Anomalie Südwest im Süden (Punkte 231 - 242, 297 - 299, 225) sowie in dem Gebiet zwischen dem See 390 und dem Fiskevann (Punkte 97, 103 - 106, 316 - 325, 337, 338, 343, 344, 352). Gelegentlich treten an Stellen, an denen kein anderes Metall erhöhte Werte aufweist, hohe Nickelgehalte auf. Die erhöhten Nickelwerte zeichnen sich, bis auf eine Ausnahme (Punkte 55, 56, 69) nicht auf der Karte der Gesamtschwermetallgehalte in Bachsedimenten (Dithizontests) ab.

Kobalt

Die erhöhten Kobaltwerte (siehe Anlage 12) sind wie Nickel und Blei gleichmäßig über das Arbeitsgebiet verteilt, lediglich im Gebiet zwischen dem See 390 und dem Fiskevann (Punkte 325, 337, 338, 343, 344, 305, 306)

sowie zwischen dem See 390 und dem Punkt 310 im Norden (Punkte 95 - 97, 111 - 126, 142 - 147) treten einige erhöhte Werte gemeinsam auf. Gelegentlich decken sich Punkte erhöhter Nickel- und Kobaltwerte.

Alle hier angeführten Schwermetalle zeigen eine Tendenz zum vermehrten Auftreten erhöhter Werte im Westen des Arbeitsgebietes. Diese Tendenz deckt sich mit einem vermehrten Auftreten von Klüften im Westen (siehe Luftbildkarte).

Die beste Korrelation zu Kupfer haben die Metalle Co und Pb (siehe Tabelle 9.4), eine Tatsache, die sich aus den Trendkarten nicht entnehmen lässt.

Die beste Korrelation überhaupt haben Nickel und Kobalt, was in geringem Umfang auch in den Trendkarten zu sehen ist. Blei lässt sich am ehesten mit Cu und Co, Zink mit Ni und Pb sowie Kobalt mit Ni, Pb und Cu korrelieren.

#### 9.2.2 Unterteilung der Daten nach lithologischen Einheiten

Nachdem Müller eine Luftbildkarte vorlegen konnte, lag die Frage nahe, ob eine Differenzierung der erhöhten Werte einzelner oder aller Schwermetallanreicherungen nach lithologischen Einheiten vorliegt.

Deshalb wurden alle Punkte anhand der Luftbildkarte den auskartierten drei Einheiten zugeordnet:

1. Einheit: 'Hangende Schichten' der Holmvann-Formation
2. Einheit: 'Liegende Schichten' der Holmvann-Formation
3. Einheit: Punkte außerhalb der Holmvann-Formation  
(= Schwarzschiefer der Kvalsund-Formation  
und Verwitterungsschutt von Einheit 1)  
(jeweils zugeordnete Probenpunkte siehe Tabelle 9.5)

Für jede Einheit wurden die populationsstatistischen Kenngrößen errechnet (siehe Tabellen 9.6 - 9.8). Die Häufigkeitshistogramme (Grenzwertbreite 1/2 s) (siehe Abb. 9.2 - 9.4) zeigen, daß auch hier die Verteilungen der Schwermetalle und des Gesamtschwermetallgehaltes als unimodal mit Abweichungen von der Log-normal-Verteilung zu bezeichnen sind.

Um zu prüfen, ob lithologisch bedingte unterschiedliche Verteilungen der Schwermetalle vorliegen, wurden mehrere Tests durchgeführt. Zunächst wurde, ausgehend von der Verteilung aller Daten als Erwartungshäufigkeit, sowohl ein  $\chi^2$ -Test als auch eine Varianzanalyse aller drei Einheiten durchgeführt (Ergebnisse siehe Tabellen 9.9 und 9.10).

Bei Cu, Ni und Co waren die Verteilungen aller drei Einheiten im  $\chi^2$ -Test signifikant unterschiedlich von der Gesamtverteilung des ganzen Arbeitsgebietes, die Verteilung von Pb und Zn differierte signifikant nur zwischen der 3. Einheit und der Gesamtverteilung.

Die Varianzanalyse zeigte nur für Cu und Co signifikante Abweichungen an.

Um den Einfluß der 3. Einheit, die ein Kollektiv aus Gehalten der Schwarzschiefer und des Verwitterungsschuttes der massiven Grünsteine darstellt, auf die Einheiten 1 und 2 auszuschließen, wurde ein  $\chi^2$ -Test nur zwischen diesen beiden Einheiten durchgeführt, wobei die addierten Häufigkeiten beider Verteilungen als Erwartungswahrscheinlichkeit benutzt wurden.

Es zeigte sich, daß nur die Verteilungen der Schwermetalle Cu und Co zwischen den beiden Einheiten signifikant differieren, daß also die Verteilungen der Metalle Pb, Zn, aber auch Ni, innerhalb der Grünsteine als reine Gesamtheit anzusehen sind, also keine genetischen Unterschiede aufweisen (siehe Tabelle 9.9). Dieses Ergebnis deckt sich mit dem der Varianzanalyse.

Da hier keine Gesteinsproben, sondern Bachsedimentproben untersucht wurden, bedeutet dies nicht, daß Pb, Zn und Ni in einer Mineralphase oder -vergesellschaftung vorkommen müssen. Die idealstatistische Verteilung bezieht sich lediglich auf die Verteilung dieser Metalle im Bachsediment. Es ist davon auszugehen, daß diese drei Metalle ähnliche Mobilisationsgrade aufweisen.

Die Tatsache, daß Cu und Co signifikant differente Verteilungen zeigen, könnte auf einen genetischen Unterschied in der Anreicherung dieser beiden Schwermetalle zwischen den Einheiten 1 und 2 zurückzuführen sein.

Inwieweit die Kombination Cu/Co zufallsbedingt ist oder ob beide Elemente jeweils gemeinsam auftreten oder ob die im Gelände beobachteten zwei Arten von Vererzungen (schichtgebundene in Einheit 2 und gangförmige in Einheit 1) nur bei diesen zwei Metallen eine Rolle spielen, muß einer weiteren Untersuchung überlassen werden.

Die Korrelationen zwischen Kupfer und den übrigen Schwermetallen unterscheiden sich in den beiden Einheiten.

Die Korrelation von Kupfer mit Nickel, Blei und Kobalt ist in den geschichteten Grünsteinen der Einheit 2 deutlich besser als in den massiven Grünsteinen der Einheit 1 (siehe Tabelle 9.11), die Korrelation mit Zink ist etwa gleich.

Da beim  $\chi^2$ -Test jedes Schwermetall unabhängig von seinen Beziehungen zu den anderen Metallen untersucht wird, können diese unterschiedlichen Korrelationen nicht die Ursache der signifikanten Differenzen sein.

Die Korrelation zwischen Co und Ni, die beste überhaupt, ist in beiden Einheiten gleich gut. Die Korrelation zwischen Co und den Schwermetallen Pb und Zn ist ebenfalls in beiden Einheiten annähernd gleich.

Auch die Korrelationen zwischen Nickel und Zink, Blei und Zink, sowie Blei und Kobalt bleiben in beiden Einheiten annähernd gleich (siehe Tabelle 9.12).

Etwas größere Differenzen treten bei den Korrelationen Blei : Nickel sowie Zink : Kobalt auf.

Insgesamt sind diese Unterschiede zu gering, um unterschiedliche Beziehungen zwischen den Konzentrationen der Metalle in den beiden Einheiten ablesen zu können.

### 9.3 Bodenprobennetze

#### 9.3.1 Auftretende Bodenarten und deren Schwermetallgehalte

Das Arbeitsgebiet liegt in der nördlichen borealen Zone, es treten die für diese Region typischen Rohböden (Råmark) bis Ranker auf.

Diese Bodenarten bilden einen flachen Rohhumushorizont aus, der äußerlich sehr den Torfen ähnelt. Sie tragen eine flechten- und strauchreiche Grasvegetation.

Durch ihre geringe Mächtigkeit und die flach wurzelnde Vegetation sind sie sehr erosionsempfindlich.

Die Böden der borealen Zone, besonders aber die Ranker, zeichnen sich generell durch niedrige Schwermetallgehalte aus (siehe Tabelle 9.13).

Alle Böden sind in ihrem Gehalt an Schwermetallen stark abhängig vom jeweiligen Muttergestein. So haben etwa Böden, die über sulfidisch vererzten Gesteinen auftreten, extrem hohe Metallgehalte (bis 2.000 ppm) während Böden über weitgehend metallfreien Sanden praktisch metallfrei sind.

Die für diese Arbeit interessanten Metalle sind in sauren Böden leichter löslich als in basischen, werden also, falls vorhanden, in tieferen Horizonten angereichert oder, bei flachgründigen Böden, weggeführt.

Ferner lässt sich eine adsorptive Bindung dieser Metalle an Tonminerale beobachten, ihr Gehalt im Boden steigt generell mit der Zunahme des Tongehaltes (AUBERT & PINTA, 1977).

Bei Cc, Ni, Cu und besonders Pb kann es aber auch zu einer Anreicherung im Humus kommen.

Blei ist das einzige Metall, das aus bislang ungeklärter Ursache, in manchen Böden der borealen Zone eine starke Anreicherung aufweist.

#### 9.3.2 Schwermetallgehalte des Bodenprobennetzes Nord

Wie die populationsstatistischen Kenngrößen (siehe Tabelle 9.14) und die Häufigkeitshistogramme (Grenzwertbreite 1/2 s) (siehe Abb. 9.5) ausweisen, sind die Verteilungen der Schwermetalle Zink, Kupfer und Nickel in der Anomalie Nord als unimodal mit leichten Abweichungen von der Lognormal-Verteilung zu bezeichnen (Analysenergebnisse siehe Anhang A 5).

Die Durchschnittsgehalte der Schwermetalle in den Böden liegen über denen der Bachsedimente (siehe Tabelle 9.15). Zu Grunde gelegt wurden zum einen die Verteilungen der Metalle in der Einheit 1, zum anderen ihre Verteilungen in denjenigen Bachsedimentproben, die in den Bereich des Bodenprobennetzes Nord fallen (siehe Tabelle 9.16 populationsstatistische Kenngrößen, Abb. 9.6 Häufigkeitshistogramme und Anhang A 9 Aufteilung der Probenpunkte). Die stärkere Anreicherung gegenüber den Bachsedimenten erscheint natürlich, können doch die Böden über einen weit längeren Zeitraum akkumulieren.

### 9.3.3 Schwermetallgehalte des Bodenprobennetzes Ost

Auch die Verteilungen der Konzentrationen der Schwermetalle in der Anomalie Ost sind, wie die populationsstatistischen Kenngrößen (siehe Tabelle 9.17) und die Häufigkeitshistogramme (Grenzwertbreite  $1/2 s$ ) (siehe Abb. 9.7) ausweisen, als unimodale Lognormalverteilungen zu kennzeichnen (Analysenergebnisse siehe Anhang A 6).

Der Durchschnittsgehalt der Schwermetalle Cu und Zn liegt wesentlich unter dem der Anomalie Nord. Auch ihre Anreicherung, zum einen im Verhältnis zu Einheit 1, zum anderen zu Einheit 2 sowie zu der Verteilung nur der Punkte, die in den Bereich des Bodenprobennetzes Ost fallen (siehe Tabelle 9.18 populationsstatistische Kenngrößen, Abb. 9.8 Häufigkeitshistogramme, Anhang A 10 Aufteilung der Probenpunkte), ist extrem niedrig im Vergleich mit Anomalie Nord (siehe Tabelle 4.1.9).

Lediglich Nickel hat etwa den gleichen Durchschnittsgehalt und auch eine ähnliche Anreicherung (siehe dazu Kapitel 11.3).

10. Kupferanomalienzonen nach den Schwermetallgehalten der Bachsedimente

Wie bereits in Kapitel 9.2.1 erläutert, lassen sich anhand der AAS-Analysen der Bachsedimente mehrere Anomalienzonen für Kupfer von einander trennen.

Die Daten der Probenpunkte, die in die Anomalien Nord, Ost oder Südwest fallen, wurden aussortiert und jeweils als Einheit betrachtet. (jeweils zugeordnete Punkte siehe Anhang A 2 - A 4).

Die Auswahl der Daten erfolgte ohne Bezug zur geologischen Situation. Es werden hierbei die sekundären Dispersionshöfe der interessierenden Metalle betrachtet und untereinander verglichen. Diese Betrachtungsweise ist durchaus gerechtfertigt, da bei der Untersuchung von Bachsedimenten das ursprüngliche Material weit über die Grenzen seiner geologischen "Muttereinheit" hinaus in Erscheinung tritt und die Analysen beeinflußt.

Die Einteilung in Anomalienzonen schien für die anderen untersuchten Metalle wenig sinnvoll, da entweder keine geschlossenen Anomaliengebiete mit genügend großer Probenanzahl vorlagen (etwa bei Zink), oder die Konzentrationen allgemein zu niedrig waren (Co, Ni, Pb).

Die variationsstatistischen Kenngrößen (siehe Tabellen 10.1 - 10.3) der drei Anomalienzonen Nord, Südwest und Ost und die Häufigkeitshistogramme (siehe Abb. 10.1 - 10.3) zeigen, daß es sich um Lognormal-Verteilungen handelt.

Die Verteilungen der Anomalien Nord und Südwest sind unimodal mit leichten Abweichungen, die der Anomalie Ost zeigen für Gesamtmetall und Kupfer deutlich, für Kobalt und Zink weniger ausgeprägt, eine Bimodalität. In Kapitel 9.2.2 wurde darauf hingewiesen, daß die Verteilungen von Kupfer und Kobalt zwischen den Einheiten 1 und 2 signifikant differieren. Da Kupfer die höchste Korrelation mit dem Gesamtmetallgehalt hat, prägt sich diese Differenz auch hier aus.

Die Kupferanomalie Ost liegt zum Teil in Einheit 1, zum Teil in Einheit 2. Trennt man die Probenpunkte nach ihrer Lage in Einheit 1 oder Einheit 2, so entstehen jeweils unimodale Lognormal-Verteilungen mit Abweichungen, die zum Teil durch die geringe Probenanzahl bedingt sind (siehe Tab. 10.4, 10.5 populationsstatistische Kenngrößen).

Die durchschnittlichen Gehalte an Nickel, Blei und Kobalt sind in allen drei Anomalien etwa gleich; Zink und Kupfer sind in Anomalie Nord und Südwest etwa gleich hoch, in Anomalie Ost deutlich höher.

Innerhalb der Anomalie Ost selbst sind die Gehalte von Blei, Kobalt und auch Nickel in den beiden Einheiten 1 und 2 annähernd gleich, bei Kupfer und Zink differieren die Durchschnittswerte:

In Einheit 2 ist der Kupfergehalt hoch, der Zinkgehalt relativ niedrig, in Einheit 1 ist Kupfer relativ niedrig und Zink höher.

Die Gehalte der Anomalie Nord stimmen bis auf höhere Zinkwerte, die der Probenpunkte in Einheit 1 der Anomalie Ost bis auf leicht erhöhte Kupfergehalte mit den Verteilungen der Gesamteinheit 1 überein.

Die Verteilungen der Gesamteinheit 2 stimmen nicht so gut mit den Verteilungen in den Anomalien überein:

Anomalie Südwest zeigt stark erhöhte Kupfer- und Zinkgehalte sowie leicht erhöhte Bleigehalte; in Einheit 2 der Anomalie Ost zeigen sich ebenfalls stark erhöhte Kupfer-, aber erniedrigte Zink- und Nickelgehalte.

Die höheren Differenzen zwischen den Gehalten der Gesamteinheit 2 und den Gehalten der hier liegenden Anomalien röhrt wohl daher, daß das Verhältnis "erhöhte Werte innerhalb der Anomalien" zu "niedrigen Werten außerhalb dieser Gebiete" zu einem stärkeren Einfluß der Background-Werte auf die Gesamtverteilung führt.

Vergleicht man die einzelnen Anomalienzonen miteinander (wobei die Daten der Anomalie Ost in Einheit 1 und 2 unterteilt sind), so hat die Einheit 2 der Anomalie Ost die höchsten Kupfer-, aber auch die niedrigsten Zink- und Nickelgehalte. In Anomalie Nord und Südwest ist das Verhältnis entgegengesetzt: hier ist der Kupfergehalt am niedrigsten, während der Zinkgehalt am höchsten ist.

Die Korrelationen zwischen den einzelnen Elementen sind in den Anomalien sehr verschieden, was schon auf Grund der differierenden Gehalte an Kupfer, Zink und Nickel zu erwarten ist.

Während in Anomalie Südwest (siehe Tabelle 10.7) ganz allgemein die Korrelationen am deutlichsten sind und hier zwischen Ni : Co sowie Ni : Zn und Zn : Co gute, zwischen Cu : Ni deutliche Korrelationen auftreten, sind die Korrelationen in Anomalie Nord (siehe Tabelle 10.6) weniger ausgeprägt. Es treten nur die Beziehungen Cu : Co, Ni : Co und Pb : Co deutlicher heraus. Besonders auffällig ist hier eine extrem schlechte Korrelation zwischen Cu : Zn ( $r = 0,02987$ ), die die Beobachtung unterstützt, daß auf den Trendkarten der mit Hilfe der AAS durchgeführten Bachsedimentanalysen im Gebiet der Anomalie Nord keine erhöhten Zinkwerte auftreten.

Die Korrelation der Daten der Anomalie Ost (siehe Tabelle 10.8) insgesamt stellen eine Mittelung zwischen den Korrelationen der Probenpunkte in Einheit 1 und 2 dar.

Die beste Korrelation in Einheit 1 (siehe Tabelle 10.9) haben Cu : Ni sowie Ni : Co. Kupfer läßt sich am besten mit Zink, Kobalt und Nickel, schlecht mit Blei korrelieren. In Einheit 2 (siehe Tabelle 10.10) dagegen ist die Korrelation zwischen Ni : Zn sehr deutlich, Kupfer läßt sich neben Nickel und Zink auch mit Blei, aber nicht mit Kobalt korrelieren.

Die Korrelationen innerhalb der Anomalien schwanken insgesamt zu stark, um eine eindeutige Beziehung zwischen Kupfer und einem anderen Schwermetall herstellen zu können. Lediglich das Verhältnis Co : Ni scheint relativ konstant zu sein.

11. Anomalienzonen nach dem Schwermetallgehalt der Bodenproben

---

Die Konzentrationsdaten der drei Schwermetalle wurden wie die Daten der Bachsedimentproben (siehe dort) nach dem Verfahren von BÖLVIKEN in sechs Kategorien eingeteilt (siehe Tabelle 11.1). Zur Verdeutlichung der Anomalienzonen wurden zur Zeichnung der Trendkarten die vier oberen Kategorien herangezogen, wobei Werte der Kategorie 3 (Threshold), wenn sie einzeln auftraten, nicht ausgewertet wurden.

11.1 Bodenprobennetz Nord

11.1.1 Trendkarten

Auf den Trendkarten (Abb. 11.2, 11.4, 11.6) aller drei Schwermetalle läßt sich deutlich erkennen, daß WSW - ENE verlaufende Zonen erhöhter Metallkonzentrationen auftreten, die nicht an die Morphologie gebunden sind.

Bei Kupfer (siehe Abb. 11.4) liegen diese Zonen in relativ langgestreckten, parallelen Einheiten zum größten Teil im südlichen Bereich des Netzes, die ebenfalls langgestreckten Einheiten von Zink (siehe Abb. 11.2) im nordöstlichen Teil.

Die erhöhten Nickelzonen sind kleinräumiger, die Parallelität ist nur schwach ausgeprägt, aber noch erkennbar. Die erhöhten Werte liegen zumeist am nördlichen oder südlichen Rand des Netzes, wobei eine Zone in den Karbonaten an der Grenze Grünsteine / Schwarzschiefer zu beobachten ist (siehe Abb. 11.6).

Die Punkte der jeweils höchsten Werte der drei Schwermetalle decken sich nicht. Vergleicht man die Trendkarten, so fällt für Kupfer und Zink eine starke Übereinstimmung des Verlaufes erhöhter Zonen im östlichen, besonders nordöstlichen, Teil auf.

Die Übereinstimmung der erhöhten Werte von Nickel mit Zink bzw. Kupfer ist nicht so gut, jedoch bleibt erkennbar, daß Zonen erhöhter Nickelwerte im Streichen von Kupfer- bzw. Zinkanreicherungen liegen.

Die Ergebnisse dieser Trendkarten unterstützen die Vermutung, daß hier in den massiven Grünsteinen gangförmige vererzte Kluftzonen vorkommen, die scharweise auftreten.

Die Ausbildung dieser Zonen läßt vermuten, daß die durch die Bodenproben erkennbaren, über kurze Strecken zu verfolgenden Vererzungen nur geringmächtig sind.

Solche Quarz-Karbonat-Gängchen wurden an einigen Stellen auch im Gelände beobachtet. Der allgemeine Verlauf der Zonen erhöhter Werte im Bodenprobennetz deckt sich anhand der Luftbildkarte in etwa mit dem Streichen der Klüfte im Westteil des Nusseren.

#### 11.1.2 Korrelationen

Die Korrelationen zwischen den Schwermetallen sind innerhalb des Bodenprobennetzes etwa gleich (siehe Tabelle 11.2), wobei die Korrelation zwischen Ni : Zn geringfügig besser ist (siehe Abb. 11.13).

Die Korrelation zwischen Zn : Cu in den Bachsedimentproben dieses Gebietes ist extrem schlecht (vgl. Tabellen 10.6 und 11.3); daß die Korrelierbarkeit innerhalb der Bodenproben so viel besser ist, liegt wohl daran, daß die Absorptionseigenschaften gegenüber Zn und Cu in Böden ähnlicher sind als in den untersuchten Bachsedimenten.

11.2 Bodenprobennetz Ost

11.2.1 Trendkarten

Die Trendkarten der Anomalie Ost (siehe Abb. 11.8, 11.10, 11.12) zeigen weniger Zonen erhöhter Werte als die Anomalie Nord. Der Verlauf dieser Gebiete erhöhter Werte ist nicht abhängig von der Morphologie. Die Anreicherung im Boden (vgl. Kapitel 3.3) und somit der Durchschnittsgehalt der Proben ist niedriger als in Anomalie Nord.

Dennoch lassen sich auch hier, besonders bei Kupfer und Zink, einige gestreckte SW - NE verlaufende, einander parallele Zonen erhöhter Werte beobachten.

Eine Überlappung dieser Zonen tritt vor allem im südöstlichen Teil zwischen Zink- und Kupferzonen sowie einiger kleinerer Zonen erhöhter Nickelwerte auf. Kupfer und Zink decken sich in kleineren Bereichen auch im Nordosten und Nordwesten, beide Metalle weisen im Südwesten eine Zone ohne erhöhte Werte auf.

Hohe Nickelkonzentrationen treten in kleinen, isolierten Zonen auf, im nördlichen und nordöstlichen Teil kommen keine erhöhten Werte vor.

Mitten durch das Bodenprobennetz Ost verläuft die Grenze zwischen Einheit 1 und Einheit 2 (vgl. Luftbildkarte). Die zur Deckung zu bringenden Zonen erhöhter Metallkonzentrationen im Südwesten des Netzes liegen im geschichteten Teil (Einheit 1) der Grünsteine und sind möglicherweise mit den beobachteten schichtparallelen Vererzungen (vgl. geomagnetische Karte) in Beziehung zu setzen.

Die im Bereich der massiven Grünsteine verteilten kleineren Zonen folgen auch hier in etwa dem Verlauf der Klüfte und sind wohl durch kleine vererzte Gänge bedingt, die allerdings in geringerem Umfang als in Netz Nord auftreten.

Unterteilt man die Bodenproben im Netz nach ihrer Lage in Einheit 1 und 2 (siehe Anhang A 8: Aufteilung der Probenpunkte), so ergeben sich Verschiebungen im durchschnittlichen Metallgehalt: Die Zinkkonzentrationen bleiben in beiden Einheiten etwa gleich, jene des Kupfers sind in Einheit 1 etwa doppelt so hoch wie in Einheit 2, jene von Nickel sind in Einheit 2 wesentlich höher als in 1.

In den Lognormal-Verteilungen der Schwermetalle (siehe Tabellen 11.4, 11.5, Abb. 11.14, 11.15) ergeben sich in Einheit 2 für Kupfer und Nickel, in Einheit 1 für Kupfer, Tendenzen zur Bimodalität, die schon bei der Gesamtverteilung zu beobachten sind.

Es besteht die Möglichkeit, daß es sich hier um die Überlagerung mehrerer Verteilungen handelt.

### 11.2.2 Korrelationen

Auch die Korrelationen verschieben sich durch die Aufteilung der Probenpunkte in zwei Einheiten:

Im Netz insgesamt ist die Korrelation zwischen Cu : Zn besser als ihre Korrelation zu Nickel. Die Korrelation von Nickel zu Zink und Kupfer ist gleich (siehe Tabelle 11.6). In Einheit 1 dagegen (siehe Tabelle 11.7) ist Nickel mit Zink und Kupfer besser korrelierbar als Zink und Kupfer untereinander; in Einheit 2 wiederum ist die Korrelation Cu : Zn entsprechend der Korrelation des gesamten Netzes, weit besser als die Beziehung Ni : Zn bzw. Ni : Cu (siehe Tabelle 11.8, Abb. 11.16). Diese Tendenzen sind zum Teil genau entgegengesetzt denen in den Bachsedimentproben (siehe Tabelle 11.9). Auch hier ist, wie in Bodenproben-  
netz Nord, die Korrelierbarkeit von Cu : Zn extrem schlecht (vgl. Kapitel 11.1.2).

### 11.3 Synthese

Es zeigt sich sowohl beim Vergleich der mittleren Metallgehalte als auch der Korrelationskoeffizienten, daß keine eindeutige Beziehung zwischen den Konzentrationen des Kupfers, dem Metall mit der höchsten Anreicherung und jenen der anderen Schwermetalle sowohl in den Bachsedimenten, als auch in den Bodenproben, herzustellen ist. Es läßt sich allgemein feststellen, daß alle Schwermetalle untereinander, mit wechselnder Deutlichkeit, in Beziehung stehen.

Die zum Teil stark differierenden Werte der Korrelationskoeffizienten sowie der Anreicherung in den Bodenproben deckt sich mit einer starken Schwankung der mittleren Schwermetallgehalte in den Bachsedimenten, sowohl innerhalb der Kupferanomalien als auch der stratigraphischen Einheiten.

Da sich einige Korrelationstendenzen in Bachsediment- und Bodenproben jedoch zum Teil extrem widersprechen und in der vorliegenden Arbeit nur sekundäre Dispersionshöfe untersucht wurden, muß ein starker Einfluß der Probenmatrix in Form von unterschiedlicher Löslichkeit, Adsorption und Komplexbildung auf die Ergebnisse angenommen werden. Um diesen Einfluß in Rechnung stellen zu können, müßte der Anteil des organischen Gehaltes bestimmt werden. Dies war im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht möglich.

In einzelnen Fällen, in denen eine bessere Übereinstimmung zwischen Schwermetallgehalt in Bachsediment- und Bodenproben besteht, enthalten die Bachsedimente möglicherweise einen hohen Anteil an organischer Substanz.

Es wurde bereits darauf hingewiesen (siehe Kap. 9.3.1), daß die im Arbeitsgebiet auftretenden Rohböden generell stark erosionsgefährdet sind. Zusätzlich erhöht wird diese Tendenz durch ein schroffes Relief, so daß die Bäche zwangsläufig einen hohen Anteil an organischem Material der Rohböden führen.

Starke Anomalien treten innerhalb des Arbeitsgebietes nicht auf, größere Vererzungen wurden nicht gefunden.

Anhand der Bodenprobennetze lassen sich sowohl in Anomalie Nord als auch Ost vererzte Kluftzonen lokalisieren. Innerhalb dieser Vererzungen treten kleinere Anreicherungsschwerpunkte auf. Bei den allgemein sehr geringen Mächtigkeiten dürften diese Vererzungen jedoch wirtschaftlich uninteressant sein.

## 12. Literaturverzeichnis

- AHRENS, L.H. (1954): The lognormal Distribution of the elements.- Geochim. Cosmochim. Acta 5, 49 - 73,  
6, 121. 131.
- ALLCOTT, G.H. & LAKIN, H.W. (1976): Statistical Summary of Geochemical Data Furnished by 85 Laboratories for Six Geochemical Exploration reference Samples.- U.S. Department of the Interior, Geological Survey, Report.
- ANDREWS-JONES, D.A. (1968): The application of geochemical techniques to mineral exploration.- Colo. School Mines, Mineral Indust. Bull. 11, No. 6.
- AUBERT, H & PINTA, H (1977): Trace elements in soils. Developments in soil science 7.- Elsevier Co., 1977
- BLOOM, H. (1955): A field method for the determination of ammonium-citrat-soluble heavy metals in soils and alluvium.- Econ. Geol., 50, 533 - 541.
- BLOOM, H. (1963): Toxic properties of several organic solvents used in exploration Geochemistry.- Econ. Geol., 58, 1000 - 1002.
- BØLVIKEN, B. (1967): Recent geochemical prospecting in Norway.- In KVALHEIM, A. (Ed.) (1967): Geochemical Prospecting in Fennoscandia.- Interscience.
- BØLVIKEN, B. (1971): A statistical approach to the problem of interpretation in geochemical prospecting.- Geochemical Exploration. CIM Spec. Vol. 11, 564 - 567.

- BØLVIKEN, B. + SINDING LARSEN, R. (1973): Total error and other criteria in the interpretation of stream sediment data.- *Geochemical Exploration* 1972, 285 - 295, IMM, London.
- BOYLE, R.W. (1971): *Geochemical Exploration*.- Canadian Institute of Mining and Metallurgy (CIM) Spec. Vol. 11, 1.594.
- BOYLE, R.W. + DASS, A.S. (1967): Geochemical prospecting-use of the A horizon in soil surveys.- *Econ. Geol.*, 62 274 - 276.
- BROWN, B.W. (1964): A statistical case study in geochemical prospecting for copper.- *Econ. Geol.*, 59, 492 - 500.
- CAMERON, E.M. (1967): A computer programm for factor analysis of geochemical and other data.- *Geol. Surv. Canada Paper* 67 - 35.
- CANNEY, F.C. + NOWLAND, G.A. (1964): Determination of ammonium-citrat-soluble cobalt in soils and sediments.- *Econ. Geol.*, 59, 1361 - 1367.
- CLOKE, P.L. (1966): The geochemical application of Eh-pH diagrams.- *J. Geol. Education.* 14, 140 - 148.
- DAVIS, J.C. (1973): *Statistics And Data Analysis In Geology*.- Wiley & Sons.
- FLANAGAN, F.J. (1973): 1972 values for international geochemical reference samples.- in: *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1973, 37, 1189 - 1200.

- FÖRSTNER, U., SAMBASIVA RAO, PATCHINELAM (1976): Bindung und Mobilisation von Schwermetallen in fluviatilen Sedimenten.- Chemiker-Zeitung 100, 2.
- FRIES, J., GETROST, H. (1977): Organische Reagenzien für die Spurenanalyse.- Merck, Darmstadt.
- CARRELS, R.M. + CHRIST, C.L. (1965): Minerals, Solutions and Equilibria.- Harper and Row.
- GIBBS, R.J. (1973): Mechanism of trace metals transport in rivers.- Science 180, 71 - 72.
- GILBER, M.A. (1959): Laboratory methods for determining copper, zinc and lead.- Geol. Surv. Canada Paper 59-3.
- GOLDSCHMIDT, V.M. (1937): The principles of distribution of chemical elements in minerals and rocks.- J. chem. Soc. 1937, 655 - 673.
- GOVETT, G.J.S. + WHITEHEAD, R.E. (1973): Errors in atomic absorption spectrophotometric determination of Pb, Zn, Ni and Co in geologic materials.- J. Geochem. Explor., 2, 121 - 131.
- HANSULD, J.A. (1967): Eh and pH in geochemical prospecting.- Geol. Surv. Canada Paper 66-54, 172 - 187.
- HAWKES, H.E. + WEBB, J.S. (1962): Geochemistry in Mineral Exploration.- Harper and Row.
- HAWKES, H.E. (1963): Dithizone Field Tests.- Econ. Geol. 58, p 579 - 586.

HOLMAN, R.H.C. (1963): A method for determining readily-soluble copper in soil and alluvium.- Geol. Surv. Canada Paper 63-7.

HUTTENLOCHER, M. & RAMDORF, P. (1965): Mineral- und Erzlagerstättenkunde, I + II.- de Gruyter, 1965.

IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) (1964): Reagents and Reactions For Qualitative Inorganic Analysis.- (5th report) Butterworths, London. Ebenso in: Pure and Applied Chemistry, 8, No. 1, 1964.

JENKINS, R. (1974): An Introduction to X-Ray Spektrometry,. Heyden, 1974.

JENNY, E.A. (1968): Controls of Mn, Fe, Co, Ni, Cu and Zn concentrations in soils and water: The significant role of hydrous Mn and Fe oxides.- Amer. Chem. Soc., Advances in Chemistry Series, No. 73, 337 - 387.

KOCH, O. + KOCH-DEDIC, G.A. (1974): Handbuch der Spurenanalyse (Teil 1 und 2).- (2. Aufl.) Berlin, Heidelberg, New York (Springer).

KRAUSE, M. (1977): Geochemische Untersuchungen zur Erzprospektion im südöstlichen Teil des Komagfjord-Fensters, Finnmark, Norwegen.- Dipl. Arbeit, Mainz.

KVALHEIM, A. (Ed.) (1967): Geochemical prospecting in Fennoscandia.- New York, London, Sidney (Wiley & Sons).

- LANGE, H.P. (1977): Die Gehalte der Elemente Zn, Cu, Ni, Sr, Rb, Pb, As, Zr, Y, Sb, Sn, Cd und Ag in Sedimenten der Fließgewässer des hessischen Rieds.- Dipl. Mainz, 1977.
- LEVINSON, A.A. (1974): Introduction to Exploration Geochemistry.- Wilmette (USA) (Applied Publishing Ltd.).
- LINDER, A. (1960): Statistische Methoden.- Birkhäuser, 1960.
- LIVINGSTONE, D.A. (1963): Chemical composition of rivers and lakes.- U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 440-G.
- MARSAL, D. (1967): Statistische Methoden für Erdwissenschaftler.- Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1967.
- MITCHELL, R.L. (1964): Trace elements in soils.- in: Chemistry of the soil (2nd ed.) (Bear, F.E. (Ed.)). Amer. Chem. Soc. Mono. Ser. 160, 320-368. Reinhold.
- MITCHELL, R.L. (1972): Trace elements in soils and factors that affect their availability.- Geol. Soc. Amer. Bull. 83, 1069 - 1076.
- NIE, N.H. et al. (1978): SPSS - Statistik-Programm-System für die Sozialwissenschaften.- Fischer, 1978.
- NOWLAN, G.A. (1971): A field method for the determination of cold-extractable Nickel in stream sediments in soils.- U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 700-B, B 177 - B 180.
- PARKER, R.L. (1967): Composition of the Earth's Crust.- U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 440-D.

- PHARAOH, T. (1976): Geological report on the Komagfjord Tectonic Window, Finnmark, Norway.- Unveröffentlicht.
- REITAN, P.H. (1963): The Geology of the Komagfjord tectonic window of the Raipas suite, Finnmark, Norway.- Norges Geol. Unders., 221.
- REYNOLDS, R.C. (1963): Matrix korrections in trace elements analysis by X-ray fluorescence: Estimation of the mass absorption coefficient by compton scattering.- Amer. Mineral. 48, 1133 - 1163.
- TAYLOR, S.R. (1964): Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table.- Geochim. Cosmochim. Acta 28, 1273 - 1284.
- SANDELL, E.B. (1959): Colorimetric Determination of Traces of metals.- (3rd ed.). Interscience.
- SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. (1976): Lehrbuch der Bodenkunde.- Enke, 1977.
- SCHROEDER, D. (1972): Bodenkunde in Stichworten.- Hirt, 1972.
- SCHRÖN, W. (1960): Anwendung der Dithizonchemie bei der geochemischen Prospektion.- Z. angew. Geol. 6, Heft 8, 395 - 397.
- SCHROLL, E. (1976): Analytische Geochemie.- (Band I und II) Stuttgart (Enke).

SCHNITZER, M., KHAN, S.U. (1972): Humic Substances in the Environment.- Marcel Decker, New York, 344 S.

SMALES, A.A. & Wager, L.R. (Ed.) (1960): Methods in geochemistry.- Interscience.

SMITH, A.Y. (1964): Cold extractable "heavy metals" in soil and alluvium.- Geol. Surv. Canada Paper 63 - 49.

STANTON, R.E. (1966): Rapid methods of trace analysis for geochemical application.- London (Edward Arnold).

TOBSCHALL, H.J. (1975): Geochemische Untersuchungen zum stofflichen Bestand und Sedimentationsmilieu paläozoischer mariner Tone: Die Gehalte der Hauptelemente und der Spurenelemente Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Zr, Nb und Ba in den Steiger Schiefern (Vogesen).- in: Chem. Erde, 34, 105 - 167.

TUREKIAN, K.K. & WEDEPOHL, K.H. (1961): Distribution on the elements in some major units of the earth's crust. Bull. Geol. Soc. America, 72, 175 - 192.

VOKES, F.M. (1957): Some copper sulfide parageneses from the Raipas formation of Northern Norway.- Norges Geol. Unders. 200, 74 - 111.

WALTHALL, F.G.; DORRZAPF, A.F., JR; FLANNAGAN, F.J. (1976): Computerized Spectrographic Data for USGS Standards.- in: Flanagan, F.J. (ed.) (1976): Descriptions and Analysis of Eight New USGS Rock Standards.- Geological Survey Professional Paper 840, Washington.

WARD, F.M. et al. (1963): Analytical methods used in geochemical exploration by the U.S. Geological Survey.- U.S. Geol. Surv. Bull. 1152.

WELZ, D. (1972): Atom-Absorptions-Spektroskopie.- Verlag Chemie, 1972.

WENNERYRTA, H. et al. (1971): Summary of research and development in geochemical exploration in Skandinavian countries.- Geological Exploration CIM Speck. Vol. 11, 11 - 14.

Kation	Komplex	pH-Bereich	Lösungsmittel	Farbe des Komplexes	Absorptionsmaximum Åmax. nm	Molarer Extinktionskoeffizient ε [ $\frac{1}{\text{Mol} \cdot \text{cm}}$ ]
-	Dithizonat $\text{H}_2\text{Dz}$	-	$\text{CCl}_4$ , $\text{HCCl}_3$	smaragdgrüne blaugrün	620 605	32800 40000
Ag	$\text{Ag}^{+}(\text{HDz})_2$	1 - 7	$\text{CCl}_4$	gelb	462	38500
Au	$\text{Au}^{+}(\text{HDz})_2$ , $\text{Au}^{+}_{\text{red}}(\text{Dz})_2$	~ 2 ~ 8	$\text{HCCl}_3$	goldgelb rotbraun	~ 405 -	~ 24000 -
Bi	$\text{Bi}^{+}(\text{HDz})_2$	3 - 8	$\text{CCl}_4$	rotorange	490	88000
Cd	$\text{Cd}^{+}(\text{HDz})_2$	6 - 14	$\text{CCl}_4$	rosarot	520	88000
Co	$\text{Co}^{+}(\text{HDz})_2$ , $\text{Co}^{+}(\text{Dz})_2$	4,5 - 10,5 13 - 14,5	$\text{CCl}_4$	rotviolett gelbbraun	542 465	59200 9200
Cu	$\text{Cu}^{+}(\text{HDz})_2$ , $\text{Cu}^{+}(\text{Dz})_2$	2 - 5 7 - 14	$\text{CCl}_4$	zornviolett gelbbraun	550 450	65200 28000
Fe	$\text{Fe}^{+}(\text{HDz})_2$	7,5 - 8,5	$\text{CCl}_4$	violenzrot	-	-
Hg	$\text{Hg}^{+}(\text{HDz})_2$ , $\text{Hg}^{+}(\text{Dz})_2$	1 - 4 7 - 14	$\text{CCl}_4$	orange violet	485 515	71200 23400
In	$\text{In}^{+}(\text{HDz})_2$	5 - 6	$\text{CCl}_4$	himbeerrot	510	87000
Mo	$\text{Mo}^{+}(\text{HDz})_2$	~ 10	$\text{HCCl}_3$	brownviolet	-	-
Ni	$\text{Ni}^{+}(\text{HDz})_2$	6 - 9	$\text{CCl}_4$	brownviolet	465	19200
Pb	$\text{Pb}^{+}(\text{HDz})_2$	6,5 - 10,5	$\text{CCl}_4$	karminrot	520	68800
Pd	$\text{Pd}^{+}(\text{HDz})_2$ , $\text{Pd}^{+}(\text{Dz})_2$	1 - 4 ~ 10,0	$\text{CCl}_4$	fehlgrün brownviolet	640 -	28800 -
Pt	$\text{Pt}^{+}(\text{HDz})_2$	0,5 - 4	$\text{CCl}_4$	brunngelb	710	38000
Tn	$\text{Tn}^{+}(\text{HDz})_2$	5 - 9	$\text{CCl}_4$	rot	520	54000
Tl	$\text{Tl}^{+}(\text{HDz})_2$	~ 14,5	$\text{HCCl}_3$	rosarot	505	33200
Zn	$\text{Zn}^{+}(\text{HDz})_2$	6,5 - 9,5	$\text{CCl}_4$	purpurrot	538	92000

Tabelle 3.4: Metall-Dithizonat-Komplexverbindungen,  
untersuchte Dithizonate unterstrichen  
(nach FRIES & GETROST, 1977)

Element	Empfindlichkeit (g/ml 1 %)
Kupfer	0,1
Nickel	0,1
Blei	0,5
Zink	0,015
Kobalt	0,15

Tabelle 8.1: Technische Daten der verwandten  
Ein element-Hohlkathodenlampen

Element	Lampe	Analysenlinie (Å)	Schlitz	Strom (mA)	Licht	
Kupfer	Hohlkathoden-	3247	4	15		
Nickel		2320	3	25		
Blei		2833	4	10		
Zink		2139	4	15		
Kobalt		2407	3	30		
						ultravioletter Bereich

Tabelle 8.2: Zur Schwermetallbestimmung mittels Atom-Absorptions-Analyse vorgegebene Spektrometerparameter, Spektrometer 403

<u>Probe 195</u>	$\bar{x}$	s/n	V %
Kupfer	304,8	3,4	107,1
Nickel	74,6	9,3	48,2
Blei	22,1	9,1	4,1
Zink	37,7	6,4	5,8
Kobalt	25,9	10,2	7,0

Tabelle 8.3: Populationsstatistische Kenngrößen zur experimentell ermittelten Reproduzierbarkeit der mittels AAS gewonnenen Schwermetalldaten

Kupfer

Probennr.	270	268	252	248	125	282		
$\bar{x}$	835,7	715,7	320,9	233,8	16,2	37,4	$\emptyset$	359,9
s/n	0,6	0,5	0,5	0,5	4,4	1,6	$\emptyset$	0,8
V %	25,8	15,1	2,5	1,6	0,5	0,4	$\emptyset$	7,6

Nickel

Probennr.	E 2	297	253	141	262	282		
$\bar{x}$	471,2	158,1	94,8	84,2	10,1	4,1	$\emptyset$	137,1
s/n	2,0	2,6	3,3	2,8	22,3	41,5	$\emptyset$	3,4
V %	87,2	17,3	9,6	5,8	5,1	2,9	$\emptyset$	21,3

Blei

Probennr.	180	165	304	285	288	266		
$\bar{x}$	32,9	133,3	130,6	63,0	73,5	21,4	$\emptyset$	76,7
s/n	1,6	0,5	1,3	1,4	1,5	4,9	$\emptyset$	1,9
V %	0,3	0,4	3,0	0,8	1,2	1,1	$\emptyset$	2,1

Zink

Probennr.	218	140	274	266	271	250		
$\bar{x}$	294,4	184,4	109,9	108,8	48,7	42,3	$\emptyset$	131,4
s/n	1,2	1,2	1,3	1,5	2,0	1,8	$\emptyset$	1,5
V %	12,4	4,2	2,1	2,6	1,0	0,6	$\emptyset$	3,8

Kobalt

Probennr.	14	339	283	288	254	247		
$\bar{x}$	86,8	55,1	38,8	49,0	16,9	18,1	$\emptyset$	44,2
s/n	4,7	5,7	7,5	5,5	15,3	15,5	$\emptyset$	7,0
V %	16,9	10,1	8,6	7,4	6,7	7,9	$\emptyset$	9,6

Tabelle 8.4: Populationsstatistische Kenngrößen zur experimentell ermittelten Genauigkeit der mittels AAS gewonnenen Schwermetalldaten

	AuL $\alpha$	U <sub>1</sub>	PbK $\alpha$	U <sub>2</sub>	U <sub>3</sub>	ZnK $\alpha$	U <sub>4</sub>	CuK $\alpha$	U <sub>5</sub>	NiK $\alpha$	U <sub>6</sub>
Röhre	Au	Au	Au	Au	Au	Au	Au	Au	Au	Au	Au
kV	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
mA	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Zähler	Szintillations- und Durchflusszähler in Tandemstellung										
Kollimator	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Analysatorkristall	LiF (110)	LiF (110)	LiF (110)	LiF (110)	LiF (110)	LiF (110)	LiF (110)	LiF (110)	LiF (110)	LiF (110)	LiF (110)
Zählzeit (sec)	20	40	100	40	40	100	40	100	40	100	40
Diskriminatator	wurde verwandt										
$\Sigma \odot$	53,47	42,53	48,94	52,23	37,50	60,73	64,80	65,74	69,72	71,46	73,10

Tabelle 8.5: Zur Schwermetallbestimmung mittels Röntgenfluoreszenzanalyse vorgegebene Spektrometerparameter,  
Spektrometer: SRS 200

	<u>Zink</u>	<u>Kupfer</u>	<u>Nickel</u>
BCR 1	116	19	12
GSP 1	95	29	10
G 1	45	11	1
W 1	82	110	78

Tabelle 8.6: Zur Aufstellung einer Eichkurve verwandte internationale Standards und deren vorgegebene Schwermetallkonzentrationen

	<u>Zink</u>	<u>Kupfer</u>	<u>Nickel</u>
GSP 1	55,4	16,9	3,6
BCR 1	31,1	5,6	4,1
AGV 1	35,0	25,8	4,6

Tabelle 8.7: Zur Aufstellung einer Eichkurve für die 2 g Proben verwandte Schwermetallkonzentration der internationalen Standards und deren vorgegebene Konzentrationen

	GSP 1			AGV 1			BR-N		
	$\bar{x}$	s/n	V%	$\bar{x}$	s/n	V%	$\bar{x}$	s/n	V%
Zink	97,0	1,1	1,1	81,0	0,5	0,2	128,2	1,4	3,1
Kupfer	29,0	0,8	0,1	59,8	0,5	0,1	69,2	1,2	0,7
Nickel	7,1	22,3	2,5	13,2	7,5	1,0	285,9	4,9	194,2

Tabelle 8.8: Populationsstatistische Kenngrößen zur experimentell ermittelten Reproduzierbarkeit der mittels XRF gewonnenen Schwermetalldaten

	BR-N		GSP 1	
	Eichwert	Diese Arbeit	Eichwert	Diese Arbeit
Zink	146,0	129,5	95,0	95,9
Kupfer	70,0	69,9	29,0	29,1
Nickel	285,0	280,6	10,0	8,3

Tabelle 8.9: Vergleich der Mittelwerte von Standards zur experimentell ermittelten Genauigkeit der mittels XRF gewonnenen Schwermetalldaten

	GXR 2		GXR 5		GXR 6	
	Diese Arbeit	Literatur	Diese Arbeit	Literatur	Diese Arbeit	Literatur
Zink	497,4	145 - 789	49,0	49 - 101	128,0	60 - 175
Kupfer	72,2	63 - 134	344,4	316 - 504	69,0	60 - 138
Nickel	18,2	18 - 25	81,0	73 - 88	26,4	19 - 33

Tabelle 8.10: Vergleich der Literaturwerte ( $\bar{x}$ ) für internationale Bodenstandards mit den mittels XRF erhaltenen Werten

	1	2	Gesamtarbeits- gebiet	Einheit 1 <sup>3</sup>	Einheit 2 <sup>3</sup>	Einheit 3 <sup>3</sup>
Kupfer	100 - 200	87,0	76,0	105	76	35
Nickel	150	130,0	30,0	30	19	30
Blei	8	6,0	10,0	12	10	8
Zink	70 - 130	105,0	48,0	48	39	43
Nickel	30 - 45	48,0	23,0	27	23	16

1 nach AUBERT & PINTA, 1977

2 nach WEDEPOHL & TUREKIAN, 1961

3 siehe Kapitel 9.2.2

**Tabelle 9.1:** Schwermetallgehalte der Grünsteine des Arbeitsgebietes ermittelt anhand des Modalwertes der Lognormal-Verteilungen in den Bachsedimenten im Vergleich mit Literaturdaten für Basalte

**Gesamtmetall**

MEAN	2.485	STD ERR	0.013	MEDIAN	2.476
MODE	2.420	STD DEV	0.251	VARIANCE	0.063
KURTOSIS	2.467	SKEWNESS	0.102	RANGE	2.210
MINIMUM	1.531	MAXIMUM	3.742		
VALID CASES	349	MISSING CASES	0		

**Kupfer**

MEAN	2.121	STD ERR	0.019	MEDIAN	2.137
MODE	1.881	STD DEV	0.350	VARIANCE	0.127
KURTOSIS	1.303	SKEWNESS	-0.200	RANGE	2.824
MINIMUM	0.703	MAXIMUM	3.727		
VALID CASES	349	MISSING CASES	0		

**Nickel**

MEAN	1.562	STD ERR	0.011	MEDIAN	1.591
MODE	1.477	STD DEV	0.206	VARIANCE	0.042
KURTOSIS	1.540	SKEWNESS	-0.030	RANGE	1.576
MINIMUM	0.778	MAXIMUM	2.354		
VALID CASES	349	MISSING CASES	0		

**Blei**

MEAN	1.037	STD ERR	0.017	MEDIAN	1.113
MODE	1.000	STD DEV	0.318	VARIANCE	0.101
KURTOSIS	1.945	SKEWNESS	-0.095	RANGE	2.431
MINIMUM	0.0	MAXIMUM	2.431		
VALID CASES	349	MISSING CASES	0		

**Zink**

MEAN	1.856	STD ERR	0.016	MEDIAN	1.840
MODE	1.681	STD DEV	0.302	VARIANCE	0.091
KURTOSIS	3.148	SKEWNESS	0.838	RANGE	2.340
MINIMUM	0.903	MAXIMUM	3.243		
VALID CASES	349	MISSING CASES	0		

**Kobalt**

MEAN	1.265	STD ERR	0.014	MEDIAN	1.300
MODE	1.362	STD DEV	0.255	VARIANCE	0.065
KURTOSIS	3.635	SKEWNESS	-1.293	RANGE	1.881
MINIMUM	0.0	MAXIMUM	1.881		
VALID CASES	349	MISSING CASES	0		

Tabelle 9.2: Populationsstatistische Kenngrößen der Lognormal-Verteilungen der Schwermetalle des gesamten Arbeitsgebietes

	<u>Grenzen</u>	<u>Werte</u>	<u>Prozent</u>
Kupfer	1 - 145	184	52,72
	146 - 250	84	76,79
	251 - 350	45	89,68
	351 - 460	21	95,70
	461 - 600	10	98,57
	601 - 827 (5330)	5	100,00
Nickel	5 - 39	182	52,80
	40 - 52	89	77,65
	53 - 68	42	89,69
	69 - 82	22	95,99
	83 - 109	9	98,57
	110 - 226	5	100,00
Blei	1 - 13	185	53,01
	14 - 19	85	77,37
	20 - 29	51	91,98
	30 - 35	13	95,70
	36 - 85	11	998,85
	86 - 162 (270)	4	100,00
Zink	1 - 70	175	50,50
	71 - 100	92	76,50
	101 - 140	43	88,82
	141 - 230	22	95,13
	231 - 490	11	88,28
	491 - 1750	6	100,00
Kobalt	1 - 20	184	52,76
	21 - 27	83	76,50
	28 - 34	48	90,25
	35 - 40	19	95,70
	41 - 55	11	98,85
	56 - 76	4	100,00

Tabelle 9.3: Einteilung der Anomalienkarten der Bach-sedimentproben (nach BÖLVIKEN)

	HM	Cu	Ni	Pb	Zn
Cu	0,88968				
Ni	0,24254	0,13033			
Pb	0,26769	0,12738	0,10591		
Zn	0,46729	0,02652	0,09712	0,20924	
Co	0,26752	0,15346	0,56335	0,24850	0,12868

Tabelle 9.4: Korrelationskoeffizienten nach Pearson  
der Schwermetallkonzentrationen des ge-  
samten Arbeitsgebietes

Einheit 1:            1 - 8, 24 - 46, 48 - 59, 63 - 76,  
                      94 - 114, 116 - 125, 143 - 147, 151 - 154,  
                      158 - 169, 177 - 191, 201, 202, 207 - 219,  
                      228 - 230, 305 - 313, 343 - 349, 352 - 365  
                      = 163 Punkte

Einheit 2:            9 - 23, 60 - 62, 77 - 92, 220 - 227,  
                      231 - 304, 314 - 342, 350, 351,  
                      = 141 Punkte

Einheit 3:            93, 115, 126 - 142, 148 - 150, 155 - 157,  
                      170 - 176, 192 - 200, 203 - 206,  
                      = 45 Punkte

Tabelle 9.5: Zuordnung der Probenpunkte zu den Ein-  
heiten 1 - 3

Gesamtmetall

MEAN	2.542	STD ERR	0.018	MEDIAN	2.505
MODE	2.394	STD DEV	0.224	VARIANCE	0.050
KURTOSIS	5.347	SKEWNESS	1.389	RANGE	1.628
MINIMUM	2.114	MAXIMUM	3.742		
VALID CASES	163	MISSING CASES	0		

Kupfer

MEAN	2.258	STD ERR	0.022	MEDIAN	2.240
MODE	2.021	STD DEV	0.281	VARIANCE	0.079
KURTOSIS	3.418	SKEWNESS	0.812	RANGE	2.103
MINIMUM	1.623	MAXIMUM	3.727		
VALID CASES	163	MISSING CASES	0		

Nickel

MEAN	1.583	STD ERR	0.013	MEDIAN	1.590
MODE	1.477	STD DEV	0.170	VARIANCE	0.029
KURTOSIS	-0.229	SKEWNESS	-0.171	RANGE	0.860
MINIMUM	1.079	MAXIMUM	1.940		
VALID CASES	163	MISSING CASES	0		

Blei

MEAN	1.165	STD ERR	0.023	MEDIAN	1.151
MODE	1.079	STD DEV	0.299	VARIANCE	0.090
KURTOSIS	3.571	SKEWNESS	0.263	RANGE	2.431
MINIMUM	0.	MAXIMUM	2.431		
VALID CASES	163	MISSING CASES	0		

Zink

MEAN	1.833	STD ERR	0.020	MEDIAN	1.825
MODE	1.681	STD DEV	0.258	VARIANCE	0.066
KURTOSIS	8.570	SKEWNESS	1.913	RANGE	1.845
MINIMUM	1.398	MAXIMUM	3.243		
VALID CASES	163	MISSING CASES	0		

Kobalt

MEAN	1.346	STD ERR	0.013	MEDIAN	1.379
MODE	1.431	STD DEV	0.169	VARIANCE	0.029
KURTOSIS	0.170	SKEWNESS	-0.412	RANGE	0.954
MINIMUM	0.845	MAXIMUM	1.799		
VALID CASES	163	MISSING CASES	0		

Tabelle 9.6: Populationsstatistische Kenngrößen der Lognormal-Verteilungen der Einheit 1

**Gesamtmetall**

MEAN	2.431	STD ERR	0.022	MEDIAN	2.447
MODE	2.236	STD DEV	0.263	VARIANCE	0.069
KURTOSIS	0.733	SKEWNESS	-0.647	RANGE	1.426
MINIMUM	1.531	MAXIMUM	2.957		
VALID CASES	139	MISSING CASES	0		

**Kupfer**

MEAN	2.015	STD ERR	0.032	MEDIAN	2.041
MODE	1.881	STD DEV	0.378	VARIANCE	0.143
KURTOSIS	0.276	SKEWNESS	-0.445	RANGE	1.951
MINIMUM	0.903	MAXIMUM	2.854		
VALID CASES	139	MISSING CASES	0		

**Nickel**

MEAN	1.601	STD ERR	0.021	MEDIAN	1.614
MODE	1.279	STD DEV	0.252	VARIANCE	0.064
KURTOSIS	1.426	SKEWNESS	-0.163	RANGE	1.576
MINIMUM	0.778	MAXIMUM	2.354		
VALID CASES	139	MISSING CASES	0		

**Blei**

MEAN	1.069	STD ERR	0.026	MEDIAN	1.077
MODE	1.000	STD DEV	0.306	VARIANCE	0.094
KURTOSIS	1.468	SKEWNESS	-0.098	RANGE	2.083
MINIMUM	0.	MAXIMUM	2.083		
VALID CASES	139	MISSING CASES	0		

**Zink**

MEAN	1.841	STD ERR	0.026	MEDIAN	1.863
MODE	1.591	STD DEV	0.312	VARIANCE	0.098
KURTOSIS	0.586	SKEWNESS	-0.144	RANGE	1.796
MINIMUM	0.903	MAXIMUM	2.699		
VALID CASES	139	MISSING CASES	0		

**Kobalt**

MEAN	1.231	STD ERR	0.025	MEDIAN	1.277
MODE	1.362	STD DEV	0.294	VARIANCE	0.087
KURTOSIS	2.277	SKEWNESS	-1.085	RANGE	1.881
MINIMUM	0.	MAXIMUM	1.881		
VALID CASES	139	MISSING CASES	0		

Tabelle 9.7: Populationsstatistische Kenngrößen der Lognormal-Verteilungen der Einheit 2

### Gesamtmetall

MEAN	2.458	STD ERR	0.038	MEDIAN	2.405
MODE	2.127	STD DEV	0.259	VARIANCE	0.067
KURTOSIS	0.111	SKEWNESS	0.660	RANGE	1.106
MINIMUM	2.021	MAXIMUM	3.127		
VALID CASES	47	MISSING CASES	0		

### Kupfer

MEAN	1.967	STD ERR	0.051	MEDIAN	1.908
MODE	1.544	STD DEV	0.353	VARIANCE	0.124
KURTOSIS	1.049	SKEWNESS	0.517	RANGE	1.838
MINIMUM	1.079	MAXIMUM	2.918		
VALID CASES	47	MISSING CASES	0		

### Nickel

MEAN	1.519	STD ERR	0.022	MEDIAN	1.505
MODE	1.477	STD DEV	0.153	VARIANCE	0.023
KURTOSIS	0.184	SKEWNESS	0.311	RANGE	0.762
MINIMUM	1.146	MAXIMUM	1.908		
VALID CASES	47	MISSING CASES	0		

### Blei

MEAN	0.898	STD ERR	0.050	MEDIAN	0.908
MODE	0.903	STD DEV	0.340	VARIANCE	0.115
KURTOSIS	-0.126	SKEWNESS	-0.380	RANGE	1.613
MINIMUM	0.	MAXIMUM	1.613		
VALID CASES	47	MISSING CASES	0		

### Zink

MEAN	1.972	STD ERR	0.058	MEDIAN	1.892
MODE	1.633	STD DEV	0.396	VARIANCE	0.157
KURTOSIS	1.691	SKEWNESS	0.567	RANGE	2.183
MINIMUM	0.903	MAXIMUM	3.086		
VALID CASES	47	MISSING CASES	0		

### Kobalt

MEAN	1.096	STD ERR	0.039	MEDIAN	1.142
MODE	1.204	STD DEV	0.269	VARIANCE	0.072
KURTOSIS	5.413	SKEWNESS	-1.626	RANGE	1.643
MINIMUM	0.	MAXIMUM	1.643		
VALID CASES	47	MISSING CASES	0		

Tabelle 9.8: Populationsstatistische Kenngrößen der Lognormal-Verteilungen der Einheit 3

$\chi^1$ -Test: Einheiten 1, 2 und 3 gegen  
Gesamtverteilung

$\chi^1_{99,9}$      $\chi^1_{1.\text{Einh.}}$      $\chi^1_{2.\text{Einh.}}$      $\chi^1_{3.\text{Einh.}}$

Kupfer	27,9	104,9	29,5	110,6
Nickel	31,3	62,4	31,2	202,5
Blei	22,5	9,3	4,3	28,0
Zink	27,9	15,2	7,8	144,3
Kobalt	24,3	2296,3	582,4	151,0

$\chi^2$ -Test: Einheiten 1 und 2 gegen Gesamt-  
verteilung

$\chi^2_{99,9}$      $\chi^2_{1.\text{Einh.}}$      $\chi^2_{2.\text{Einh.}}$

20,3	34,1	149,1
29,6	15,2	20,1
20,5	3,3	4,4
20,5	7,4	9,8
22,5	25,1	35,8

$\chi^1_{99,9}$  ist der Tabellenvergleichswert. Liegt ein errechneter Wert über diesem Wert, so ist er mit einer Wahrscheinlichkeit von 99,9 % signifikant verschieden vom Erwartungswert.

Tabelle 9.9:  $\chi^2$ -Tests

Snedecor-F- Tabellenwert = 3,1

	$\frac{\text{S}z^2}{\text{SI}^2}$
Cu	34,5
Ni	4,1
Pb	15,2
Zn	8,9
Co	24,2

Tabelle 9.10: Varianzanalyse

	Einheit 1	Einheit 2
	Cu	Cu
Ni	0,22066	0,50425
Pb	0,23820	0,55558
Zn	0,41266	0,39878
Co	0,25298	0,52786

Tabelle 9.11: Vergleich der Korrelationskoeffizienten von Kupfer mit Pb, Zn, Co und Ni in den Einheiten 1 und 2

Einheit 1

	HM	Cu	Ni	Pb	Zn
Cu	0,89933				
Ni	0,42955	0,22066			
Pb	0,40568	0,23820	0,21245		
Zn	0,70813	0,41266	0,40665	0,34603	
Co	0,43241	0,25298	0,71052	0,43184	0,42980

Einheit 2

	HM	Cu	Ni	Pb	Zn
Cu	0,86645				
Ni	0,65867	0,50425			
Pb	0,56928	0,55558	0,35831		
Zn	0,74706	0,39878	0,46267	0,33491	
Co	0,57705	0,52786	0,71243	0,45556	0,35317

Tabelle 9.12: Korrelationskoeffizienten nach Pearson  
der Schwermetallkonzentrationen der Einheit 1 und 2

	Cu	Ni	Pb	Zn	Co
Durchschnitts- gehalt in Böden allgemein	15 - 40	0 - 500	15 - 20	50 - 100	10 - 15
Durchschnitts- gehalt in Roh- böden	2 - 10	20 - 30	11 - 80	70 - 100	0,3 - 1,5

Tabelle 9.13: Durchschnittlicher Schwermetallgehalt in  
Rohböden im Vergleich mit dem Durchschnitts-  
gehalt von Schwermetallen in Böden allgemein  
(nach AUBERT, PINTA)

**Tabelle 9.14: Populationsstatistische Kenngrößen der Lognormal-Verteilungen in Bodenproben-netz Nord**

**Zink**

MEAN	2.007	STD ERR	0.008	MEDIAN	2.008
MODE	1.468	STD DEV	0.163	VARIANCE	0.027
KURTOSIS	14.149	SKEWNESS	1.740	RANGE	1.922
MINIMUM	1.468	MAXIMUM	5.390		
VALID CASES	442	MISSING CASES	0		

**Kupfer**

MEAN	2.329	STD ERR	0.019	MEDIAN	2.400
MODE	0.590	STD DEV	0.403	VARIANCE	0.162
KURTOSIS	1.765	SKEWNESS	-0.976	RANGE	2.662
MINIMUM	0.590	MAXIMUM	3.252		
VALID CASES	442	MISSING CASES	0		

**Nickel**

MEAN	1.850	STD ERR	0.008	MEDIAN	1.859
MODE	1.899	STD DEV	0.166	VARIANCE	0.028
KURTOSIS	27.442	SKEWNESS	-2.410	RANGE	2.540
MINIMUM	0.128	MAXIMUM	2.668		
VALID CASES	442	MISSING CASES	0		

	Bodenproben	Einheit 1	Bachsedimentproben- punkte in Boden- probennetz Nord
Zink	101,6	68,1	85,7
Kupfer	213,3	181,1	235,5
Nickel	70,8	38,3	32,7

Tabelle 9.15: Vergleich der mittleren Metallgehalte der  
 Böden des Probennetzes Nord, Einheit 1 und  
 derjenigen Bachsedimentprobenpunkte, die in  
 das Bodenprobennetz Nord fallen

**Tabelle 9.16:** Populationsstatistische Kenngrößen der Lognormal-Verteilungen der Schwermetalle

Zn, Cu, Ni, der Bachsedimentproben, die ins Bodenprobennetz Nord fallen

### Zink

MEAN	1.933	STD ERR	0.051	MEDIAN	1.834
MODE	1.763	STD DEV	0.363	VARIANCE	0.132
KURTOSIS	4.055	SKEWNESS	1.655	RANGE	1.988
MINIMUM	1.255	MAXIMUM	3.243		
VALID CASES	50	MISSING CASES	0		

:

### Kupfer

MEAN	2.372	STD ERR	0.034	MEDIAN	2.440
MODE	2.494	STD DEV	0.241	VARIANCE	0.058
KURTOSIS	0.248	SKEWNESS	-0.755	RANGE	1.068
MINIMUM	1.699	MAXIMUM	2.767		
VALID CASES	50	MISSING CASES	0		

### Nickel

MEAN	1.514	STD ERR	0.021	MEDIAN	1.505
MODE	1.301	STD DEV	0.150	VARIANCE	0.023
KURTOSIS	-0.310	SKEWNESS	0.291	RANGE	0.665
MINIMUM	1.204	MAXIMUM	1.869		
VALID CASES	50	MISSING CASES	0		

**Fabelle 9.17:** Populationsstatistische Kenngrößen der Lognormal-Verteilungen in Bodenproben-netz Ost

### Zink

MEAN	1.657	STD ERR	0.015	MEDIAN	1.692
MODE	1.874	STD DEV	0.302	VARIANCE	0.091
KURTOSIS	1.373	SKEWNESS	-0.184	RANGE	2.411
MINIMUM	0.501	MAXIMUM	2.912		
VALID CASES	380	MISSING CASES	0		

### Kupfer

MEAN	1.519	STD ERR	0.031	MEDIAN	1.518
MODE	-0.857	STD DEV	0.608	VARIANCE	0.369
KURTOSIS	0.294	SKEWNESS	-0.019	RANGE	4.602
MINIMUM	-0.857	MAXIMUM	3.745		
VALID CASES	380	MISSING CASES	0		

### Nickel

MEAN	1.830	STD ERR	0.016	MEDIAN	1.839
MODE	0.691	STD DEV	0.308	VARIANCE	0.095
KURTOSIS	2.289	SKEWNESS	-0.038	RANGE	2.708
MINIMUM	0.691	MAXIMUM	3.399		
VALID CASES	380	MISSING CASES	0		

**Tabelle 9.18:** Populationsstatistische Kenngrößen der lognormal-Verteilungen der Schwermetalle Zn, Cu, Ni der Bachsedimentproben, die ins Bodenprobennetz Ost fallen

### Zink

MEAN	1.953	STD ERR	0.056	MEDIAN	1.946
MODE	1.544	STD DEV	0.309	VARIANCE	0.095
KURTOSIS	0.333	SKEWNESS	-0.152	RANGE	1.414
MINIMUM	1.204	MAXIMUM	2.618		
VALID CASES	30	MISSING CASES	0		

### Kupfer

MEAN	2.244	STD ERR	0.073	MEDIAN	2.282
MODE	2.210	STD DEV	0.402	VARIANCE	0.161
KURTOSIS	0.201	SKEWNESS	-0.714	RANGE	1.553
MINIMUM	1.301	MAXIMUM	2.854		
VALID CASES	30	MISSING CASES	0		

### Nickel

MEAN	1.573	STD ERR	0.026	MEDIAN	1.590
MODE	1.591	STD DEV	0.141	VARIANCE	0.020
KURTOSIS	0.596	SKEWNESS	-0.245	RANGE	0.633
MINIMUM	1.230	MAXIMUM	1.863		
VALID CASES	30	MISSING CASES	0		

	Bodenproben- netz Ost	Einheit 1	Einheit 2	Bachsedimentproben- punkte in Boden- probennetz Ost
Zn	45,4	68,1	69,4	89,7
Cu	33,0	181,1	103,5	175,4
Ni	67,6	38,3	39,9	37,4

Tabelle 9.19: Vergleich der mittleren Metallgehalte der  
 Böden des Probennetzes Ost, Einheit 1,  
 Einheit 2, mit den Bachsedimentprobenpunkten,  
 die in das Bodenprobennetz Ost fallen

### Gesamtmetall

MEAN	2.561	STD ERR	0.024	MEDIAN	2.559
MODE	2.369	STD DEV	0.235	VARIANCE	0.055
KURTOSIS	1.252	SKEWNESS	0.462	RANGE	1.330
MINIMUM	2.021	MAXIMUM	3.352		
VALID CASES	100	MISSING CASES	0		

### Kupfer

MEAN	2.241	STD ERR	0.032	MEDIAN	2.277
MODE	2.494	STD DEV	0.320	VARIANCE	0.102
KURTOSIS	-0.595	SKEWNESS	-0.531	RANGE	1.387
MINIMUM	1.380	MAXIMUM	2.767		
VALID CASES	100	MISSING CASES	0		

### Nickel

MEAN	1.542	STD ERR	0.016	MEDIAN	1.532
MODE	1.415	STD DEV	0.163	VARIANCE	0.026
KURTOSIS	-0.208	SKEWNESS	0.203	RANGE	0.793
MINIMUM	1.146	MAXIMUM	1.940		
VALID CASES	100	MISSING CASES	0		

### Blei

MEAN	1.064	STD ERR	0.041	MEDIAN	1.080
MODE	0.903	STD DEV	0.410	VARIANCE	0.168
KURTOSIS	1.263	SKEWNESS	0.135	RANGE	2.431
MINIMUM	0.	MAXIMUM	2.431		
VALID CASES	100	MISSING CASES	0		

### Zink

MEAN	1.940	STD ERR	0.033	MEDIAN	1.893
MODE	1.978	STD DEV	0.328	VARIANCE	0.107
KURTOSIS	4.975	SKEWNESS	1.770	RANGE	1.988
MINIMUM	1.255	MAXIMUM	3.243		
VALID CASES	100	MISSING CASES	0		

### Kobalt

MEAN	1.245	STD ERR	0.026	MEDIAN	1.277
MODE	1.204	STD DEV	0.259	VARIANCE	0.067
KURTOSIS	4.860	SKEWNESS	-1.452	RANGE	1.799
MINIMUM	0.	MAXIMUM	1.799		
VALID CASES	100	MISSING CASES	0		

Tabelle 10.1: Populationsstatistische Kenngrößen der Lognormalverteilungen in der Kupferanomalie Nord

**Gesamtmetall**

MEAN	2.538	STD ERR	0.058	MEDIAN	2.562
MODE	2.465	STD DEV	0.310	VARIANCE	0.096
KURTOSIS	1.053	SKEWNESS	-1.065	RANGE	1.240
MINIMUM	1.740	MAXIMUM	2.980		
VALID CASES	28	MISSING CASES	0		

**Kupfer**

MEAN	2.182	STD ERR	0.090	MEDIAN	2.230
MODE	2.215	STD DEV	0.478	VARIANCE	0.229
KURTOSIS	0.900	SKEWNESS	-0.950	RANGE	2.014
MINIMUM	0.903	MAXIMUM	2.918		
VALID CASES	28	MISSING CASES	0		

**Nickel**

MEAN	1.571	STD ERR	0.045	MEDIAN	1.580
MODE	1.681	STD DEV	0.236	VARIANCE	0.056
KURTOSIS	0.834	SKEWNESS	-0.637	RANGE	1.037
MINIMUM	1.000	MAXIMUM	2.037		
VALID CASES	28	MISSING CASES	0		

**Blei**

MEAN	1.269	STD ERR	0.050	MEDIAN	1.310
MODE	1.380	STD DEV	0.267	VARIANCE	0.071
KURTOSIS	-0.713	SKEWNESS	-0.494	RANGE	0.982
MINIMUM	0.699	MAXIMUM	1.681		
VALID CASES	28	MISSING CASES	0		

**Zink**

MEAN	1.971	STD ERR	0.040	MEDIAN	2.006
MODE	1.431	STD DEV	0.213	VARIANCE	0.045
KURTOSIS	1.391	SKEWNESS	-1.298	RANGE	0.781
MINIMUM	1.431	MAXIMUM	2.212		
VALID CASES	28	MISSING CASES	0		

**Kobalt**

MEAN	1.189	STD ERR	0.051	MEDIAN	1.230
MODE	1.146	STD DEV	0.267	VARIANCE	0.071
KURTOSIS	3.986	SKEWNESS	-1.565	RANGE	1.301
MINIMUM	0.301	MAXIMUM	1.602		
VALID CASES	28	MISSING CASES	0		

Tabelle 10.2: Populationsstatistische Kenngrößen der Lognormal-Verteilungen in der Kupferanomalie Südwest

### Gesamtmetall

MEAN	2.556	STD ERR	0.051	MEDIAN	2.512
MODE	1.672	STD DEV	0.278	VARIANCE	0.077
KURTOSIS	2.322	SKEWNESS	-1.123	RANGE	1.285
MINIMUM	1.672	MAXIMUM	2.957		
VALID CASES	30	MISSING CASES	0		

### Kupfer

MEAN	2.341	STD ERR	0.059	MEDIAN	2.319
MODE	2.210	STD DEV	0.321	VARIANCE	0.103
KURTOSIS	0.953	SKEWNESS	-0.705	RANGE	1.423
MINIMUM	1.431	MAXIMUM	2.854		
VALID CASES	30	MISSING CASES	0		

### Nickel

MEAN	1.544	STD ERR	0.037	MEDIAN	1.580
MODE	1.519	STD DEV	0.202	VARIANCE	0.041
KURTOSIS	3.902	SKEWNESS	-1.435	RANGE	1.018
MINIMUM	0.845	MAXIMUM	1.863		
VALID CASES	30	MISSING CASES	0		

### Blei

MEAN	1.050	STD ERR	0.050	MEDIAN	1.079
MODE	1.000	STD DEV	0.275	VARIANCE	0.076
KURTOSIS	2.624	SKEWNESS	-0.240	RANGE	1.512
MINIMUM	0.301	MAXIMUM	1.813		
VALID CASES	30	MISSING CASES	0		

### Zink

MEAN	1.771	STD ERR	0.061	MEDIAN	1.854
MODE	0.903	STD DEV	0.333	VARIANCE	0.111
KURTOSIS	0.492	SKEWNESS	-0.668	RANGE	1.541
MINIMUM	0.903	MAXIMUM	2.444		
VALID CASES	30	MISSING CASES	0		

### Kobalt

MEAN	1.201	STD ERR	0.057	MEDIAN	1.152
MODE	1.114	STD DEV	0.313	VARIANCE	0.098
KURTOSIS	0.747	SKEWNESS	-0.483	RANGE	1.404
MINIMUM	0.477	MAXIMUM	1.881		
VALID CASES	30	MISSING CASES	0		

Tabelle 10.3: Populationsstatistische Kenngrößen der Lognormalverteilungen in der Kupferanomalie Ost

**Gesamtmetall**

MEAN	2.551	STD ERR	0.047	MEDIAN	2.477
MODE	2.025	STD DEV	0.222	VARIANCE	0.050
KURTOSIS	0.084	SKEWNESS	-0.183	RANGE	0.928
MINIMUM	2.025	MAXIMUM	2.954		
VALID CASES	22	MISSING CASES	0		

**Kupfer**

MEAN	2.319	STD ERR	0.057	MEDIAN	2.283
MODE	2.210	STD DEV	0.268	VARIANCE	0.072
KURTOSIS	-0.142	SKEWNESS	-0.046	RANGE	1.073
MINIMUM	1.740	MAXIMUM	2.813		
VALID CASES	22	MISSING CASES	0		

**Nickel**

MEAN	1.576	STD ERR	0.027	MEDIAN	1.580
MODE	1.519	STD DEV	0.128	VARIANCE	0.016
KURTOSIS	0.699	SKEWNESS	0.204	RANGE	0.562
MINIMUM	1.301	MAXIMUM	1.863		
VALID CASES	22	MISSING CASES	0		

**Blei**

MEAN	1.051	STD ERR	0.056	MEDIAN	1.016
MODE	0.845	STD DEV	0.264	VARIANCE	0.070
KURTOSIS	2.871	SKEWNESS	0.684	RANGE	1.336
MINIMUM	0.477	MAXIMUM	1.813		
VALID CASES	22	MISSING CASES	0		

**Zink**

MEAN	1.816	STD ERR	0.060	MEDIAN	1.884
MODE	1.230	STD DEV	0.280	VARIANCE	0.078
KURTOSIS	0.174	SKEWNESS	-0.035	RANGE	1.214
MINIMUM	1.230	MAXIMUM	2.444		
VALID CASES	22	MISSING CASES	0		

**Kobalt**

MEAN	1.241	STD ERR	0.043	MEDIAN	1.204
MODE	1.146	STD DEV	0.201	VARIANCE	0.040
KURTOSIS	-0.625	SKEWNESS	0.065	RANGE	0.768
MINIMUM	0.845	MAXIMUM	1.613		
VALID CASES	22	MISSING CASES	0		

Tabelle 10.4: Populationsstatistische Kenngrößen der Lognormal-Verteilungen derjenigen Probenpunkte von Anomalie Ost, die in Einheit 1 fallen

**Gesamtmetall**

MEAN	2.568	STD ERR	0.146	MEDIAN	2.653
MODE	1.672	STD DEV	0.413	VARIANCE	0.171
KURTOSIS	3.152	SKEWNESS	-1.733	RANGE	1.285
MINIMUM	1.672	MAXIMUM	2.957		
VALID CASES	8	MISSING CASES	0		

**Kupfer**

MEAN	2.403	STD ERR	0.161	MEDIAN	2.462
MODE	1.431	STD DEV	0.454	VARIANCE	0.206
KURTOSIS	2.848	SKEWNESS	-1.594	RANGE	1.423
MINIMUM	1.431	MAXIMUM	2.854		
VALID CASES	8	MISSING CASES	0		

**Nickel**

MEAN	1.453	STD ERR	0.116	MEDIAN	1.457
MODE	0.845	STD DEV	0.328	VARIANCE	0.108
KURTOSIS	0.165	SKEWNESS	-0.826	RANGE	0.994
MINIMUM	0.845	MAXIMUM	1.839		
VALID CASES	8	MISSING CASES	0		

**Blei**

MEAN	1.044	STD ERR	0.115	MEDIAN	1.161
MODE	1.176	STD DEV	0.325	VARIANCE	0.106
KURTOSIS	4.775	SKEWNESS	-2.065	RANGE	1.000
MINIMUM	0.301	MAXIMUM	1.301		
VALID CASES	8	MISSING CASES	0		

**Zink**

MEAN	1.646	STD ERR	0.158	MEDIAN	1.798
MODE	0.903	STD DEV	0.447	VARIANCE	0.199
KURTOSIS	-1.162	SKEWNESS	-0.727	RANGE	1.165
MINIMUM	0.903	MAXIMUM	2.068		
VALID CASES	8	MISSING CASES	0		

**Kobalt**

MEAN	1.090	STD ERR	0.182	MEDIAN	1.097
MODE	0.477	STD DEV	0.516	VARIANCE	0.266
KURTOSIS	-1.247	SKEWNESS	0.159	RANGE	1.404
MINIMUM	0.477	MAXIMUM	1.881		
VALID CASES	8	MISSING CASES	0		

Tabelle 10.5: Populationsstatistische Kenngrößen der Lognormalverteilungen derjenigen Probenpunkte von Anomalie Ost, die in Einheit 2 fallen

	HM	Cu	Ni	Pb	Zn
Cu	0,77246				
Ni	0,48417	0,30969			
Pb	0,67734	0,48987	0,35729		
Zn	0,58366	0,02987	0,33312	0,43014	
Co	0,61871	0,54899	0,52201	0,52953	0,33287

Tabelle 10.6: Korrelationskoeffizienten nach Pearson  
der Schwermetallkonzentrationen in der  
Kupferanomalie Nord

	HM	Cu	Ni	Pb	Zn
Cu	0,97466				
Ni	0,82627	0,75670			
Pb	0,64587	0,54050	0,64211		
Zn	0,76875	0,64904	0,87194	0,66055	
Co	0,77765	0,71658	0,91902	0,57086	0,88089

Tabelle 10.7: Korrelationskoeffizienten nach Pearson  
der Schwermetallkonzentrationen in der  
Kupferanomalie Südwest

	HM	Cu	Ni	Pb	Zn
Cu	0,97293				
Ni	0,69390	0,63645			
Pb	0,52719	0,44294	0,43802		
Zn	0,78467	0,65674	0,63643	0,39393	
Co	0,56781	0,47100	0,69023	0,37205	0,60665

Tabelle 10.8: Korrelationskoeffizienten nach Pearson  
der Schwermetallkonzentrationen in der  
Kupferanomalie Ost

	HM	Cu	Ni	Pb	Zn
Cu	0,96528				
Ni	0,54379	0,60976			
Pb	0,34330	0,22461	0,22313		
Zn	0,84165	0,71293	0,17686	0,24383	
Co	0,69835	0,62858	0,63313	0,50976	0,58295

Tabelle 10.9: Korrelationskoeffizienten nach Pearson  
der Schwermetallkonzentrationen in der  
Anomalie Ost, Einheit 1

	HM	Cu	Ni	Pb	Zn
Cu	0,99022				
Ni	0,86059	0,78763			
Pb	0,79481	0,78107	0,72925		
Zn	0,78808	0,70262	0,96108	0,65174	
Co	0,53015	0,45061	0,68951	0,30471	0,61668

Tabelle 10.10: Korrelationskoeffizienten nach Pearson  
 der Schwermetallkonzentrationen in der  
 Anomalie Ost, Einheit 2

Theoretische Werte	A n o m a l i e N o r d      N = 442									
	Z i n k				K u p f e r				N i c k e l	
	%	Anzahl Fälle	Konz.Ber.	Anzahl Fälle	%	Konz.Ber.	Anzahl Fälle	%	Konz.Ber.	Anzahl Fälle
50,8	225	0 - 103	226	51,13	0 - 254	225	50,90	0 - 72	223	50,56
76,2	112	104 - 127	113	25,56	255 - 396	112	25,34	73 - 86	114	25,95
88,9	56	128 - 143	54	12,22	397 - 578	56	12,67	87 - 99	55	12,47
95,2	28	144 - 159	29	6,56	579 - 772	28	6,33	100 - 117	30	6,80
98,4	14	160 - 210	13	2,94	773 - 1197	14	3,17	118 - 141	13	2,95
100,0	7	211 -	7	1,58	1198 - 1788	7	1,58	142 - 465	6	1,86
A n o m a l i e O s t      N = 380										
50,8	193	0 - 49	192	50,53	0 - 35	194	51,05	0 - 70	192	50,53
76,2	97	50 - 70	100	26,32	36 - 93	97	25,52	71 - 108	99	26,05
88,9	48	71 - 97	46	12,10	94 - 177	48	12,63	109 - 145	47	12,36
95,2	24	98 - 128	24	6,32	178 - 287	23	6,05	146 - 184	24	6,31
98,4	12	129 - 166	12	3,15	288 - 535	12	3,15	185 - 322	12	3,15
100,0	6	167 - 817	7	1,84	536 - 5563	6	1,57	323 - 2508	6	1,57

Tabelle 11.1: Einteilung der Anomalienkarten der Bodenproben (nach Bölviken)

	Zn	Cu
Cu	0,46079	
Ni	0,49604	0,42176

Tabelle 11.2: Korrelationskoeffizienten nach Pearson  
der Zn, Cu und Ni-Konzentrationen des  
Bodenprobennetzes Nord

	HM	Cu	Ni	Pb	Zn
Cu	0,57759				
Ni	0,49608	0,34521			
Pb	0,65316	0,33157	0,34333		
Zn	0,71821	-0,06526	0,31663	0,50410	
Co	0,52842	0,48648	0,50374	0,48208	0,29814

Tabelle 11.3: Korrelationskoeffizienten nach Pearson  
der Schwermetallkonzentrationen derjenigen  
Bachsedimentproben, die in das Bodenproben-  
netz Nord fallen

Tabelle 11.4: Populationsstatistische Kenngrößen

der Lognormal-Verteilungen der Zn, Cu und Ni-Konzentrationen in Bodenproben-  
netz Ost, Punkte in Einheit 1

### Zink

MEAN	1.688	STD ERR	0.026	MEDIAN	1.730
MODE	0.501	STD DEV	0.324	VARIANCE	0.105
KURTOSIS	2.411	SKEWNESS	-0.174	RANGE	2.411
MINIMUM	0.501	MAXIMUM	2.912		
VALID CASES	159	MISSING CASES	0		

### Kupfer

MEAN	1.604	STD ERR	0.046	MEDIAN	1.636
MODE	0.252	STD DEV	0.577	VARIANCE	0.333
KURTOSIS	0.815	SKEWNESS	0.322	RANGE	3.493
MINIMUM	0.252	MAXIMUM	3.745		
VALID CASES	159	MISSING CASES	0		

### Nickel

MEAN	1.773	STD ERR	0.025	MEDIAN	1.783
MODE	0.691	STD DEV	0.318	VARIANCE	0.101
KURTOSIS	4.940	SKEWNESS	0.112	RANGE	2.708
MINIMUM	0.691	MAXIMUM	3.399		
VALID CASES	159	MISSING CASES	0		

**Tabelle 11.5: Populationssstatistische Kenngrößen der Lognormal-Verteilungen der Zn, Cu und Ni-Konzentrationen in Bodenprobennetz Ost, Punkte in Einheit 2**

### Zink

MEAN	1.635	STD ERR	0.019	MEDIAN	1.669
MODE	0.733	STD DEV	0.284	VARIANCE	0.081
KURTOSIS	0.081	SKEWNESS	-0.268	RANGE	1.637
MINIMUM	0.733	MAXIMUM	2.370		
VALID CASES	221	MISSING CASES	0		

### Kupfer

MEAN	1.457	STD ERR	0.042	MEDIAN	1.483
MODE	-0.857	STD DEV	0.623	VARIANCE	0.388
KURTOSIS	-0.134	SKEWNESS	-0.173	RANGE	3.664
MINIMUM	-0.857	MAXIMUM	2.807		
VALID CASES	221	MISSING CASES	0		

### Nickel

MEAN	1.870	STD ERR	0.020	MEDIAN	1.882
MODE	1.066	STD DEV	0.295	VARIANCE	0.087
KURTOSIS	0.163	SKEWNESS	-0.107	RANGE	1.662
MINIMUM	1.066	MAXIMUM	2.728		
VALID CASES	221	MISSING CASES	0		

	Zn	Cu
Cu	0,68189	
Ni	0,59421	0,58999

**Tabelle 11.6:** Korrelationskoeffizienten nach Pearson  
der Zn, Cu und Ni-Konzentrationen in den  
Bodenproben des Netzes Ost

	Zn	Cu
Cu	0,52604	
Ni	0,56181	0,63022

**Tabelle 11.7:** Korrelationskoeffizienten nach Pearson  
der Zn, Cu und Ni-Konzentrationen in den  
Bodenproben des Netzes Ost, Punkte in  
Einheit 1

	Zn	Cu
Cu	0,80133	
Ni	0,66699	0,61644

**Tabelle 11.8:** Korrelationskoeffizienten nach Pearson  
der Zn, Cu und Ni-Konzentrationen in den  
Bodenproben des Netzes Ost, Punkte in  
Einheit 2

	HM	Cu	Ni	Pb	Zn
Cu	0,79945				
Ni	0,51127	0,48179			
Pb	0,48136	0,62037	0,26775		
Zn	0,42985	-0,13027	0,10055	-0,13813	
Co	0,49309	0,63058	0,50286	0,39620	-0,15675

Tabelle 11.9: Korrelationskoeffizienten nach Pearson  
der Schwermetallkonzentrationen derjenigen  
Bachsedimentproben, die ins Bodenprobennetz  
Ost fallen

## Geol. Querprofil



Abb. 21: Querprofil A-B (Profilverlauf siehe Anlage 2)

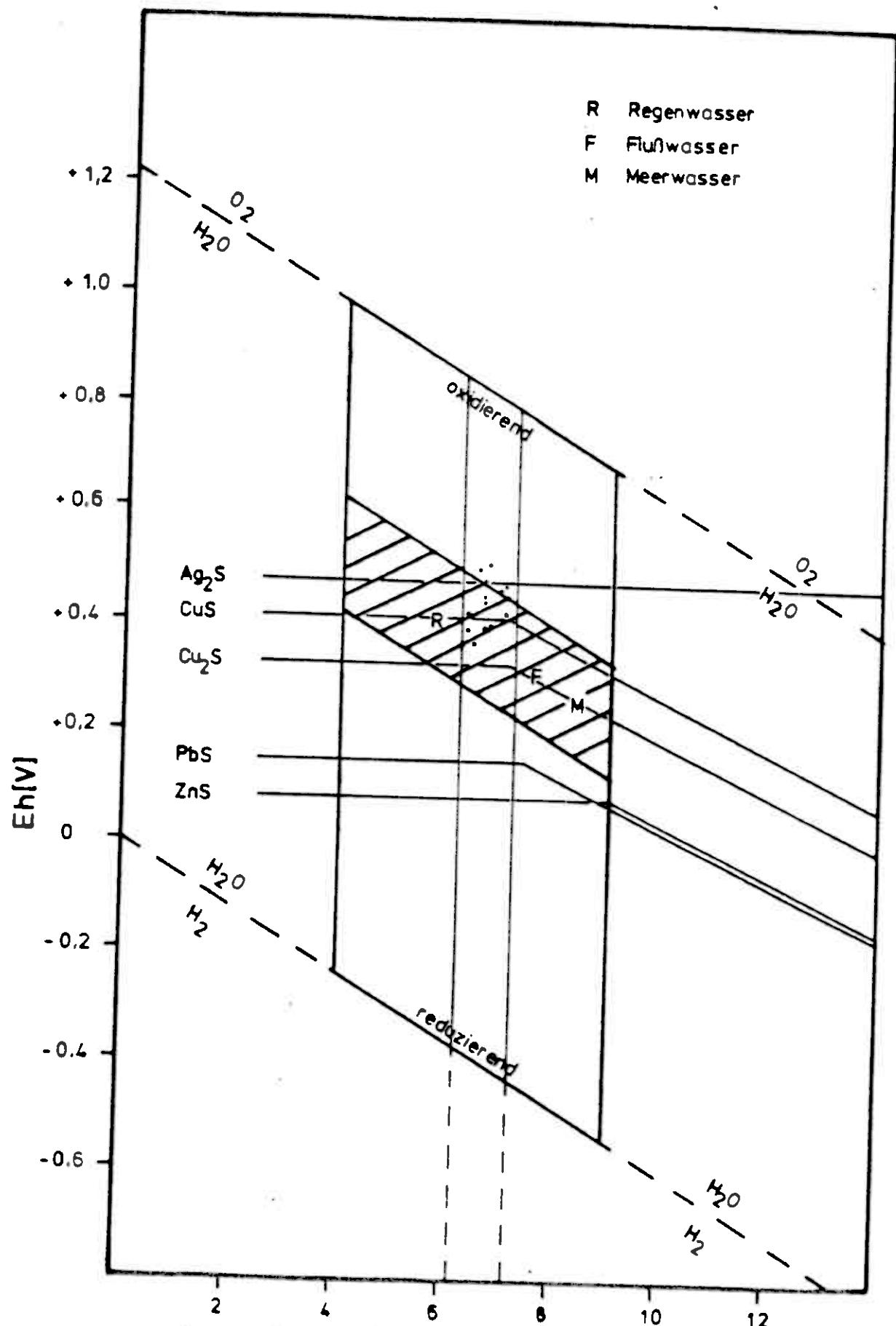
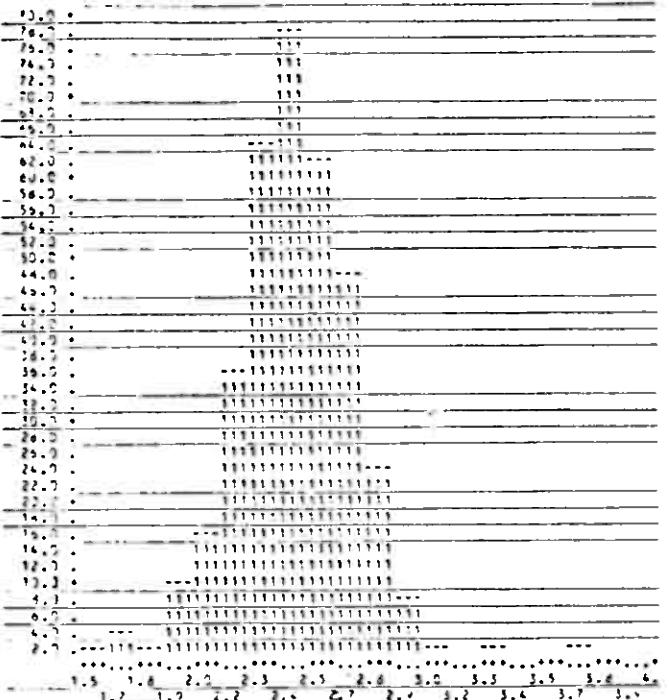
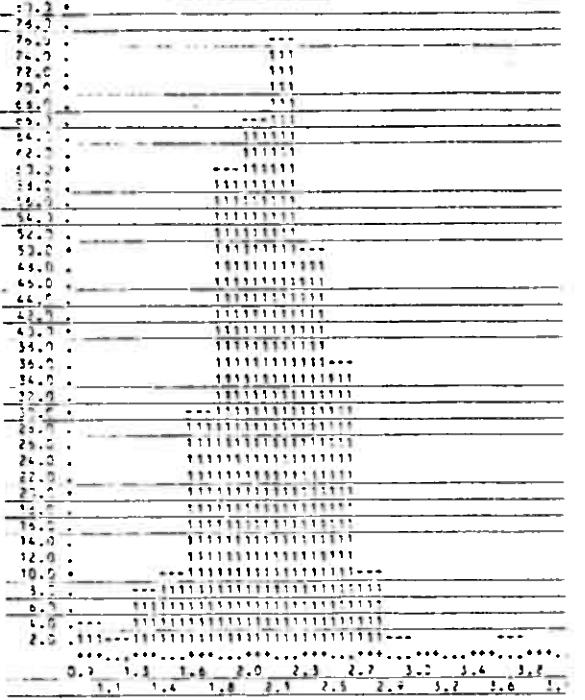


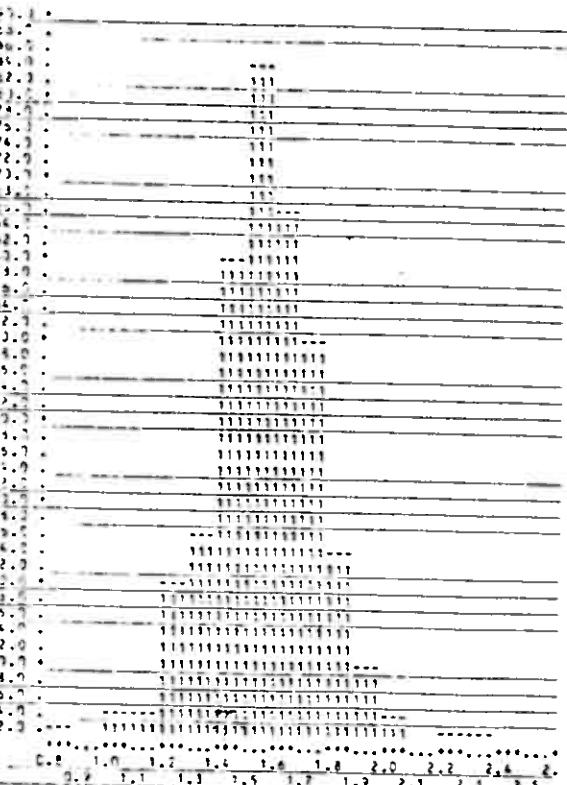
Abb. 31: Eh-pH Diagramm mit Redoxpotentialen einiger wichtiger Sulfide (nach LEVINSON, 1974). Schraffiert: Eh-pH Bereich der Verwitterungszone  
Punkte: gemessene Eh/pH Werte



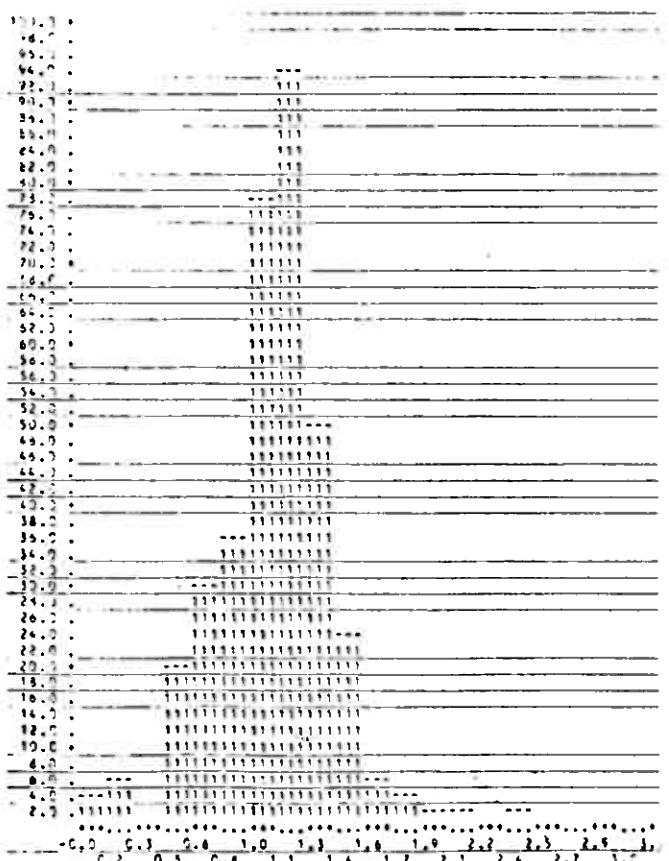
## Gesamtmetall



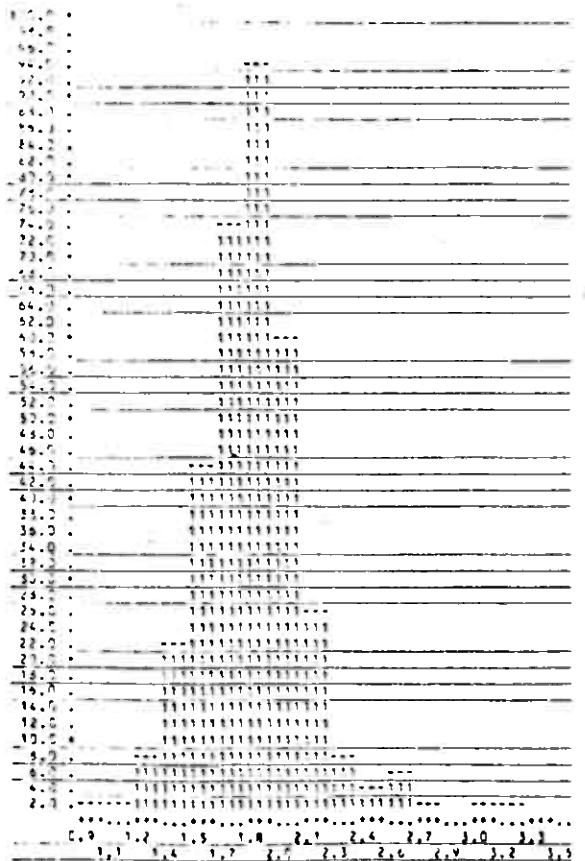
Kupfer



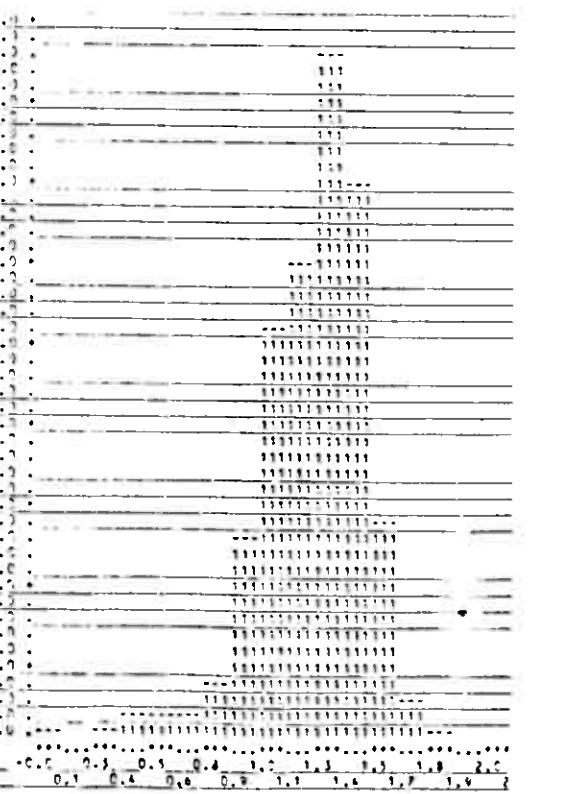
## Nickel



Blei

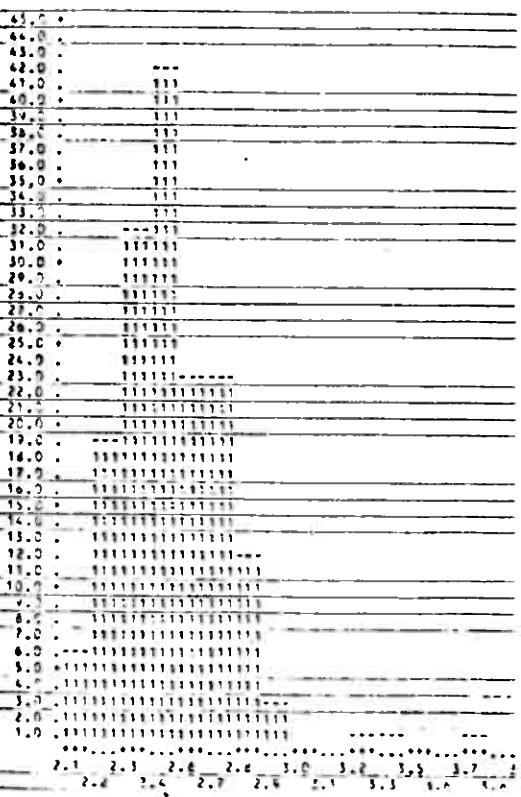


## Zink

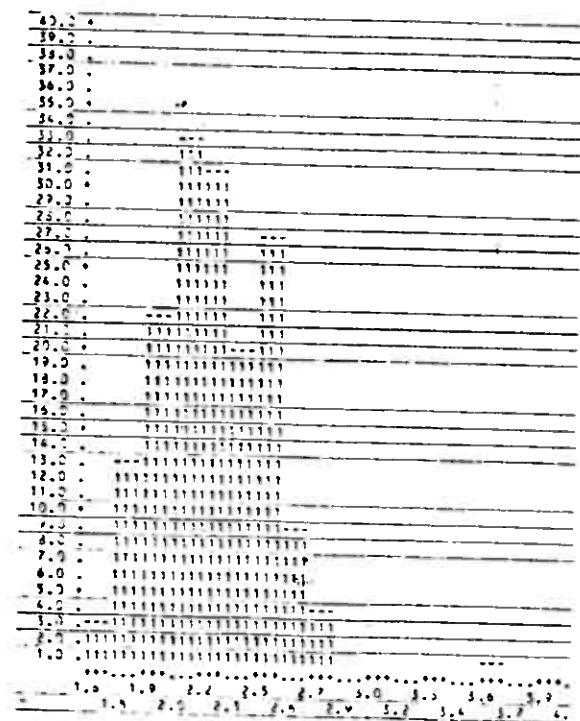


Kobalt

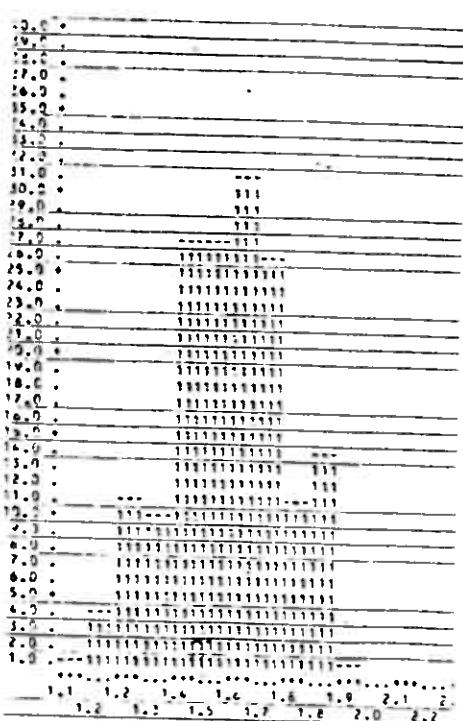
Abb. 9-1: Häufigkeitshistogramme der Schwermetallkonzentrationen des gesamten Arbeitsgebietes ( Grenzwertbreite =  $1/2 s$  )



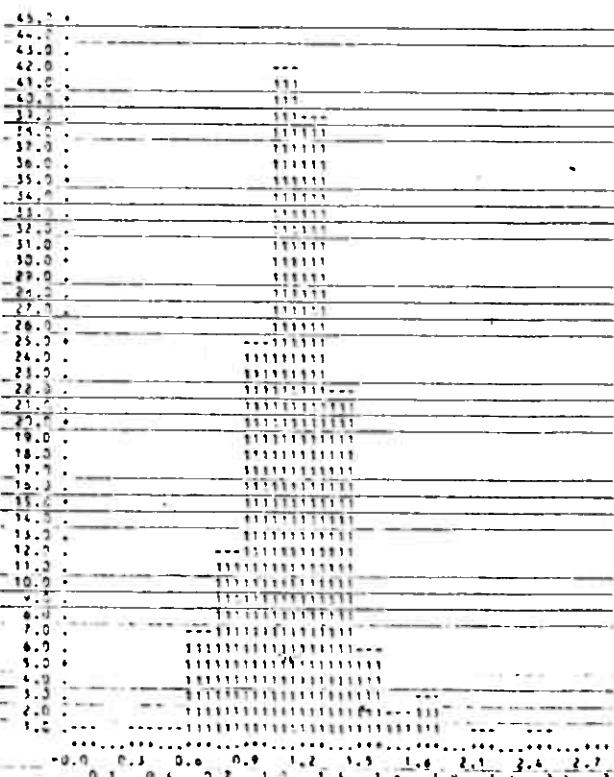
## Gesamtmetall



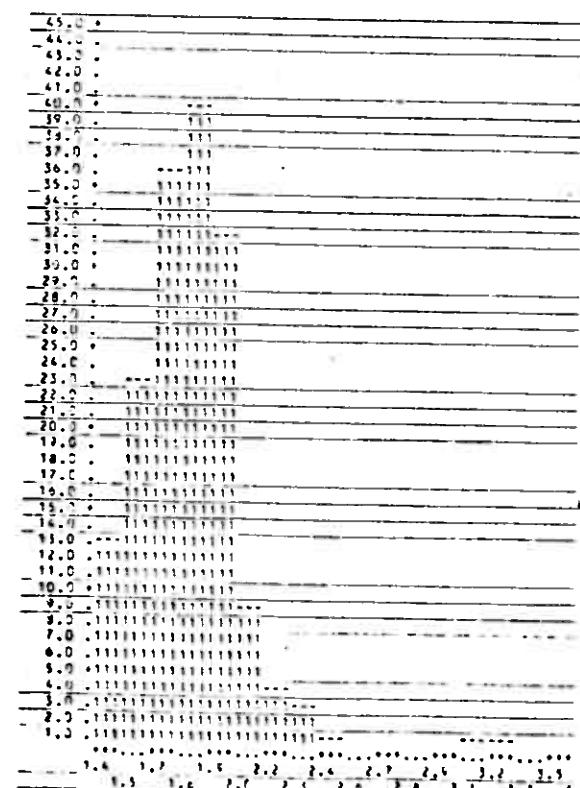
Kupfer



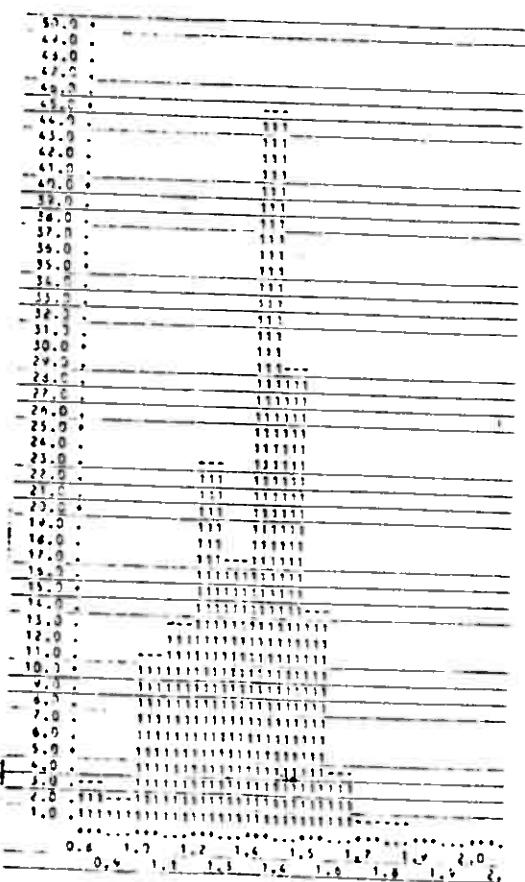
## Nickel



Ble1

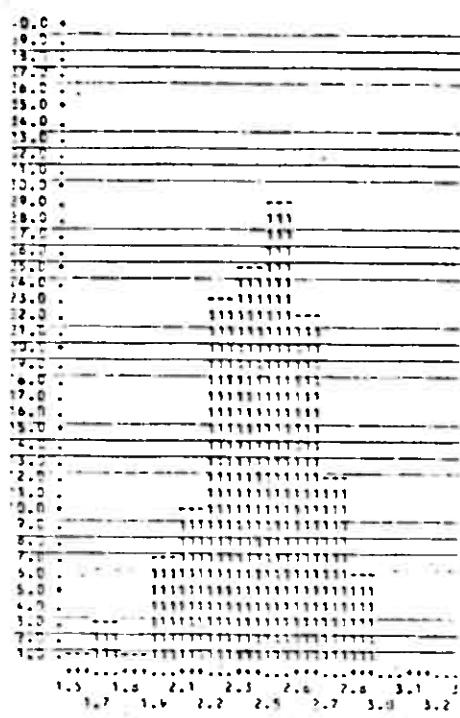


Zink

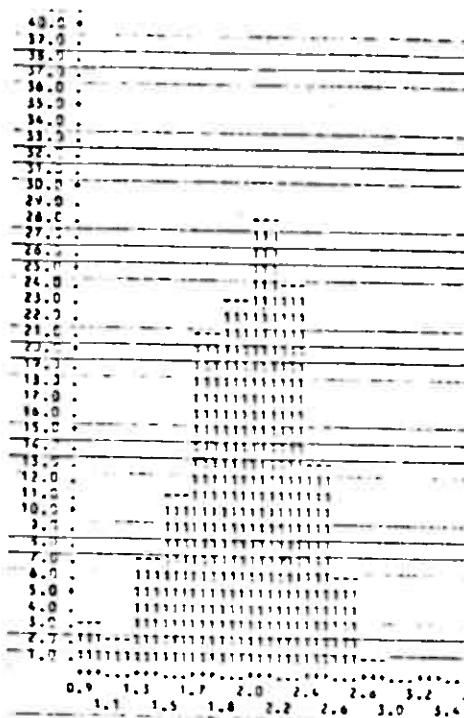


## Kobalt

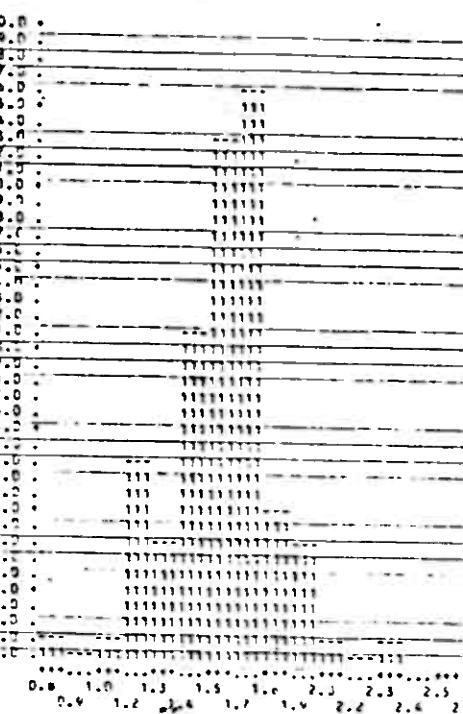
Abb.9-2: Häufigkeitshistogramme der Schwermetallkonzentrationen der Einheit 1 ( Grenzwertbreite = 1/2 s)



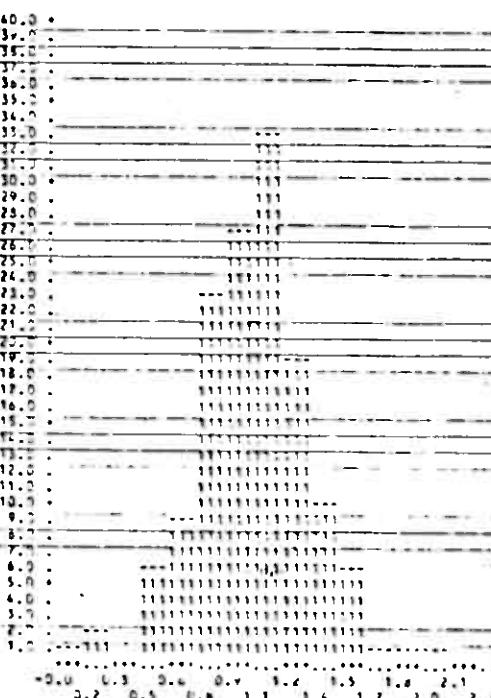
Gesamtmetall



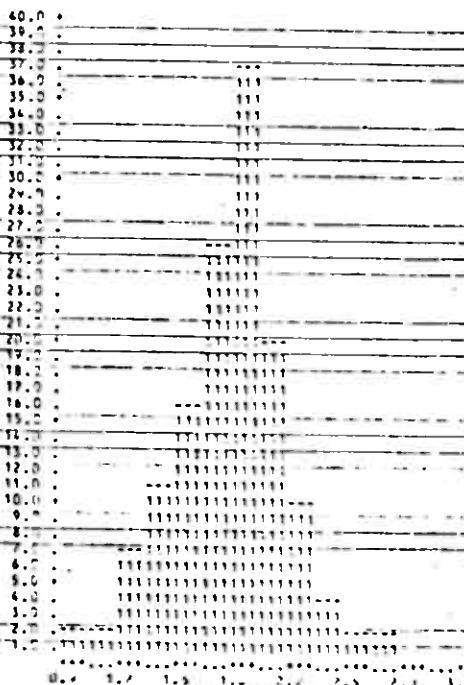
Kupfer



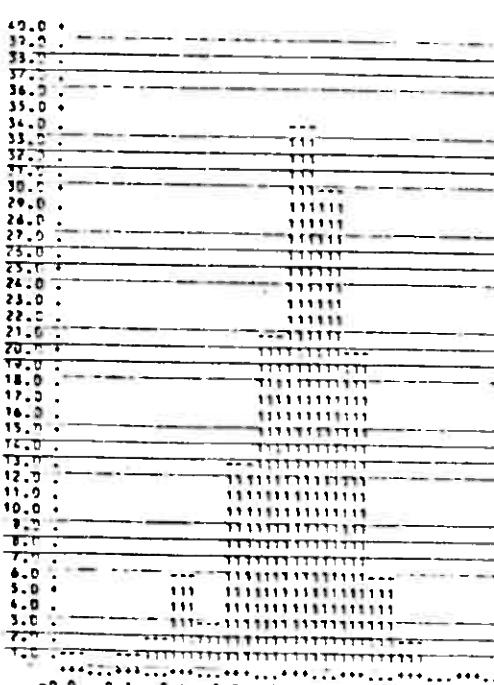
Nickel



Blei



Zink



Kobalt

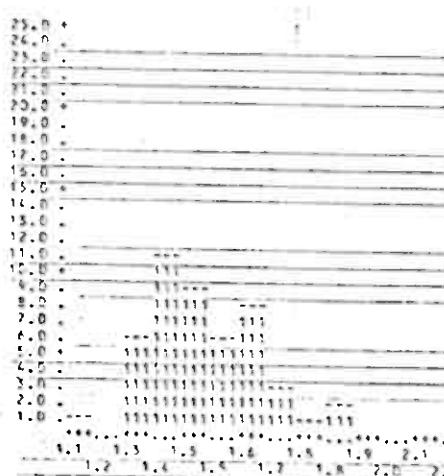
Abb.9-3 : Häufigkeitshistogramme der Schwermetallkonzentrationen der Einheit 2 ( Grenzwertbreite = 1/2 s )



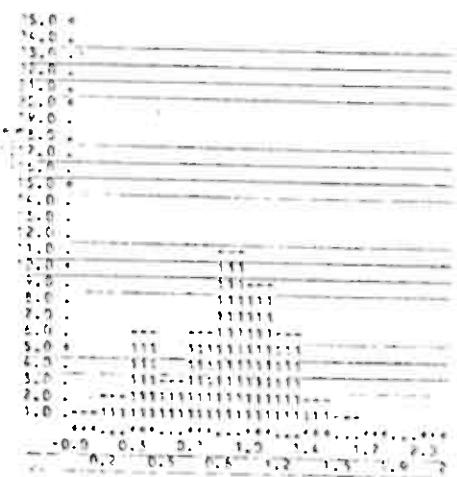
Gesamtmetall



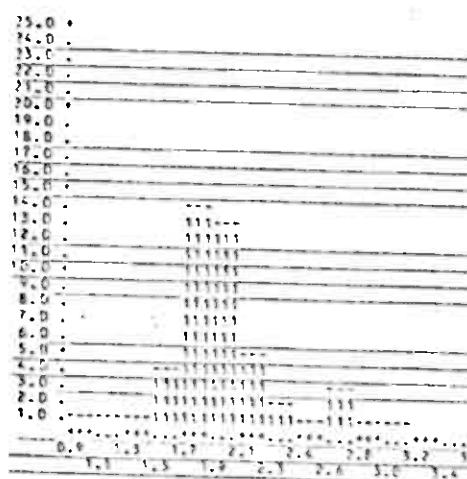
Kupfer



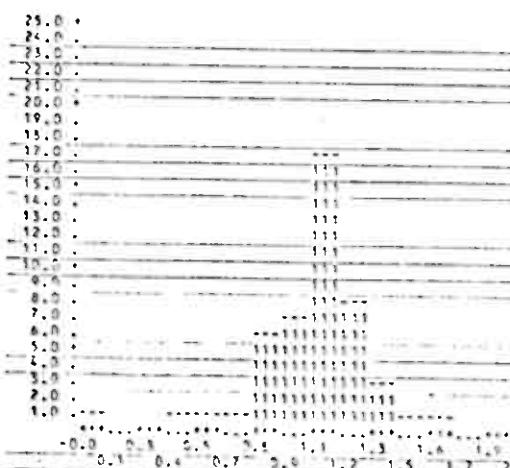
Nickel



Blei



Zink



Kobalt

Abb. 9-4: Häufigkeitshistogramme der Schwermetallkonzentrationen der Einheit 3 ( Grenzwertbreite = 1/2 s )

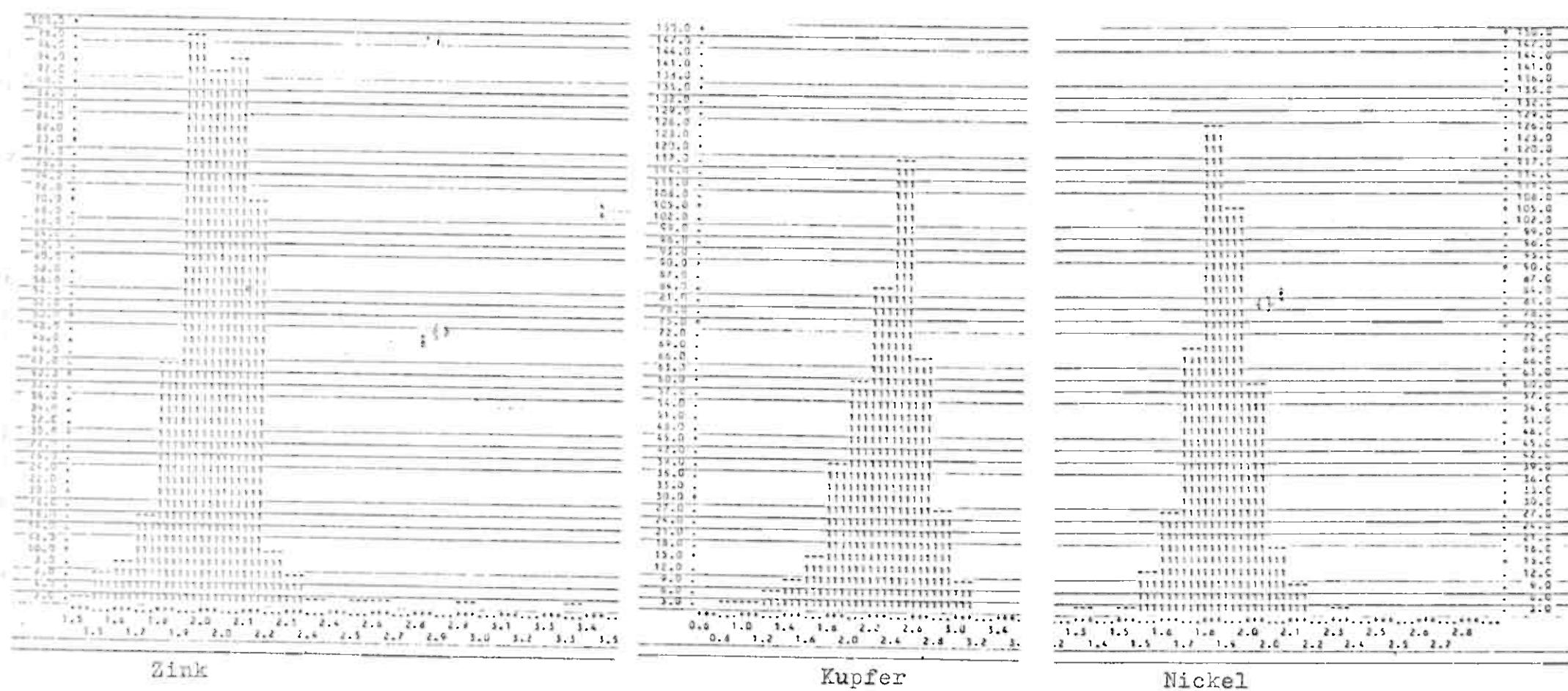
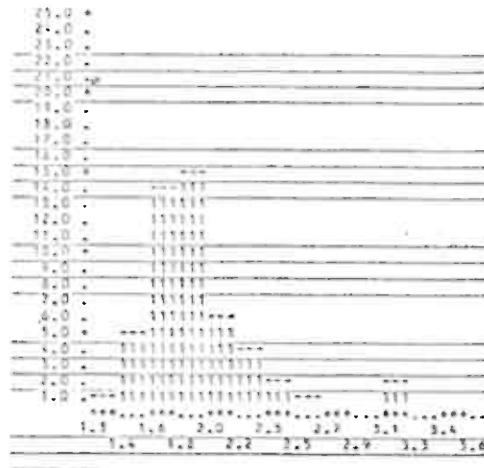
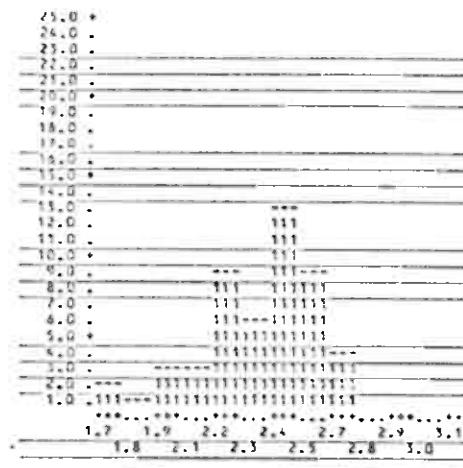


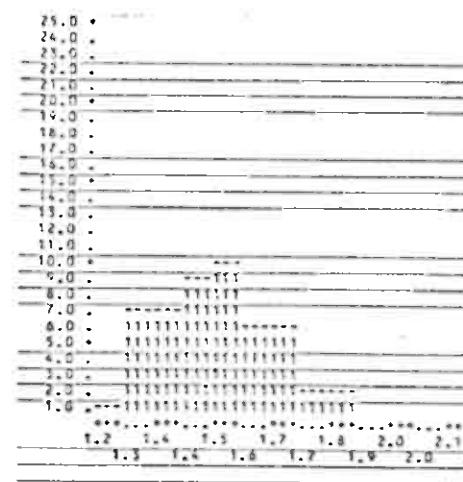
Abb. 9-5: Häufigkeitshistogramme der Schwermetallkonzentrationen des Bodenprobennetzes Nord ( Grenzwert-Breite = 1/2 s )



Zink



Kupfer

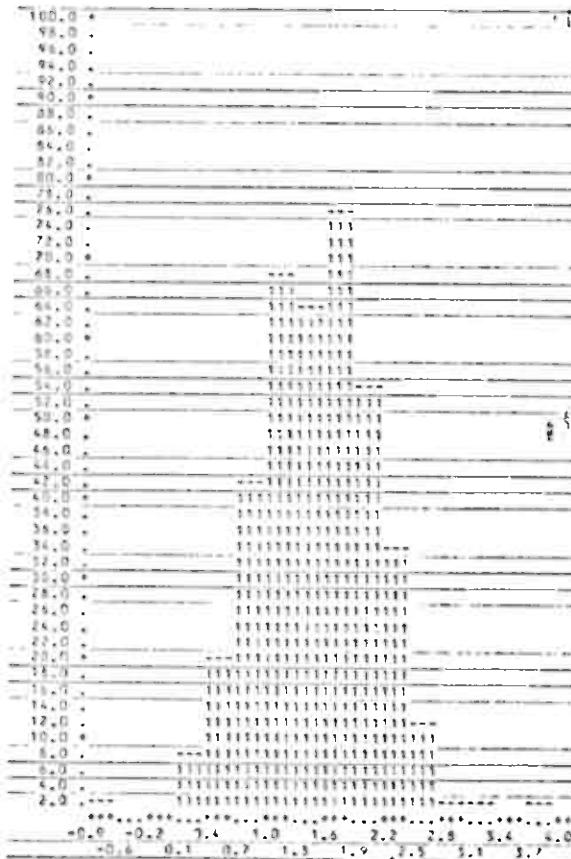


Nickel

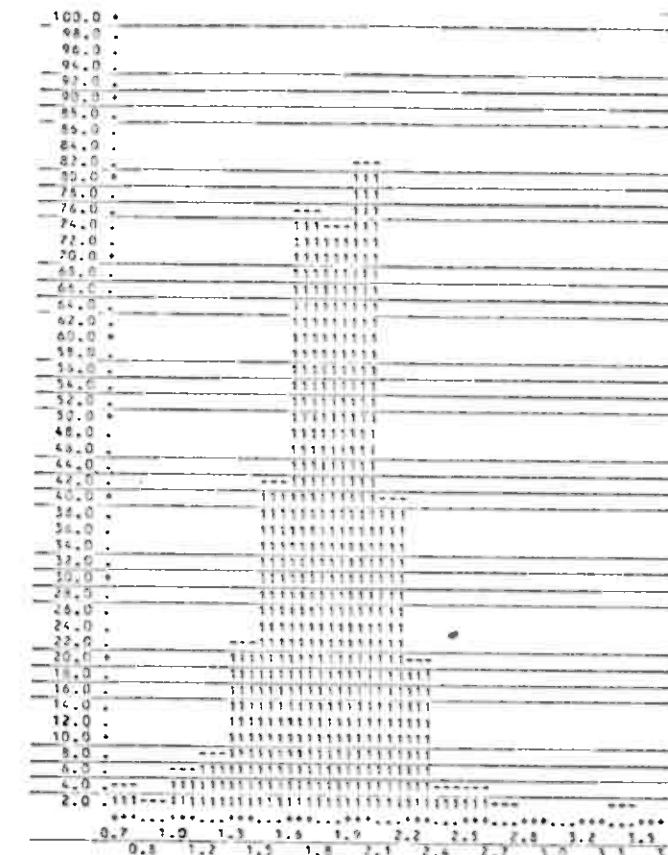
Abb. 9-6 : Häufigkeitshistogramme der Schwermetallkonzentrationen ( Zn,Cu,Ni) jener Bachsedimente,  
Die ins Bodenprobennetz Nord fallen ( Grenzwertbreite = 1/2 s )



Zink



Kupfer



Nickel

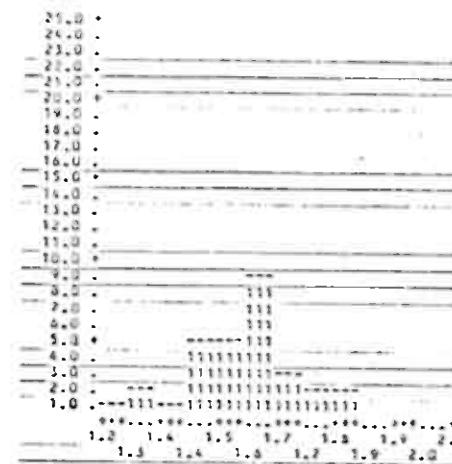
Abb.9-7: Häufigkeitshistogramme der Schwermetallkonzentrationen des Bosenprobennetzes Ost( Grenzwert- Breite = 1/2 s )



Zink

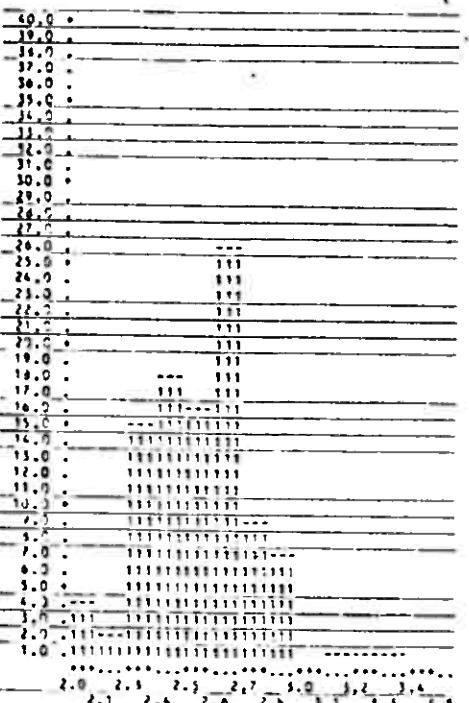


Kupfer

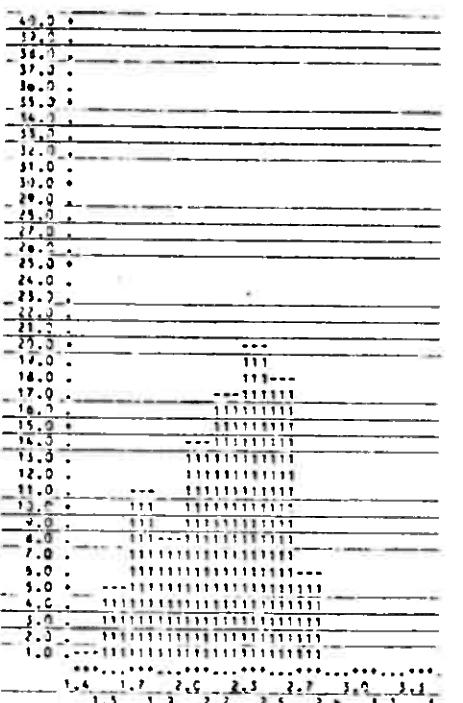


Nickel

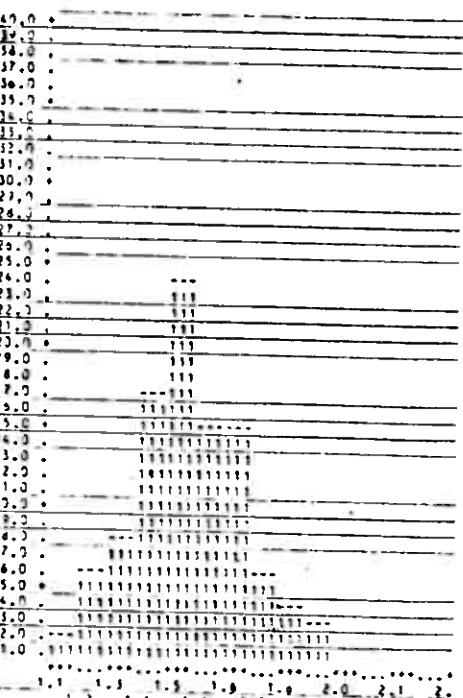
Abb. 9-8 : Häufigkeitshistogramme der Schwermetallkonzentrationen ( Zn,Cu,Ni ) jener Bachsedimente, die ins Bodenprobennetz Ost fallen ( Grenzwertbreite = 1/2 s )



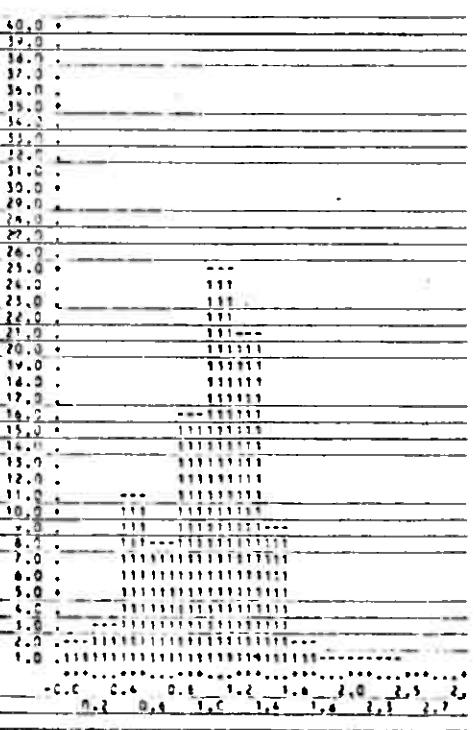
Gesamtmetall



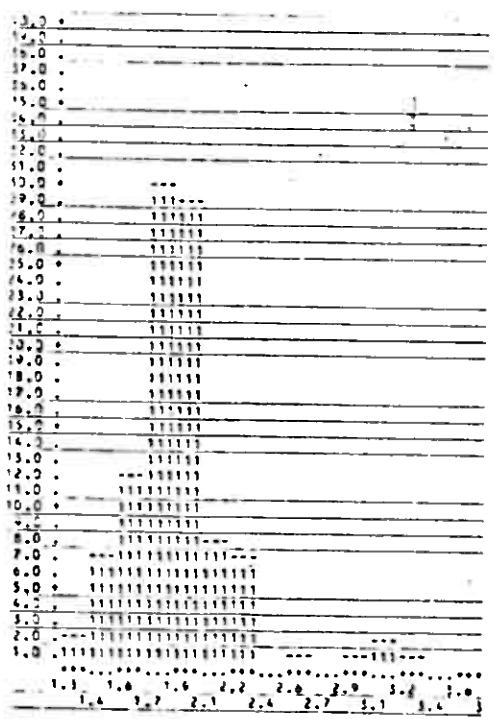
Kupfer



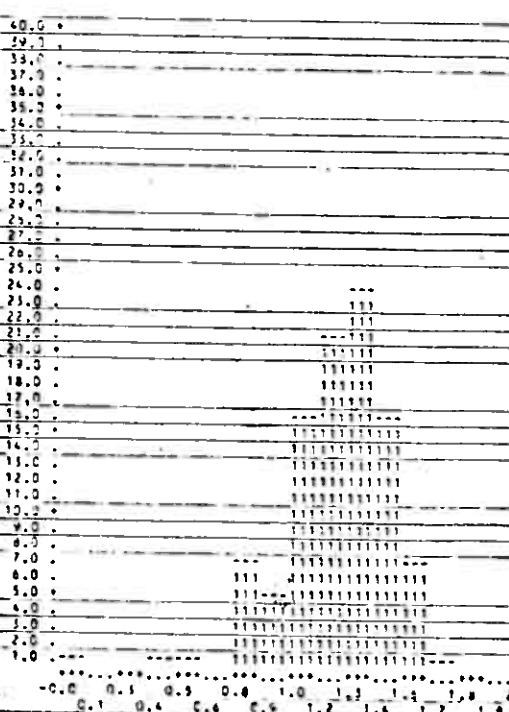
Nickel



Blei



Zink



Kobalt

Abb.10-1: Häufigkeitshistogramme der Schwermetallkonzentrationen der Kupferanomalie Nord ( Grenzwertbreite = 1/2 s )



Gesamtmetall



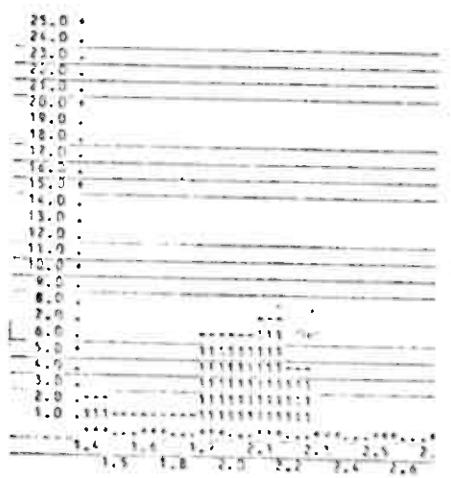
Kupfer



Nickel



Blei

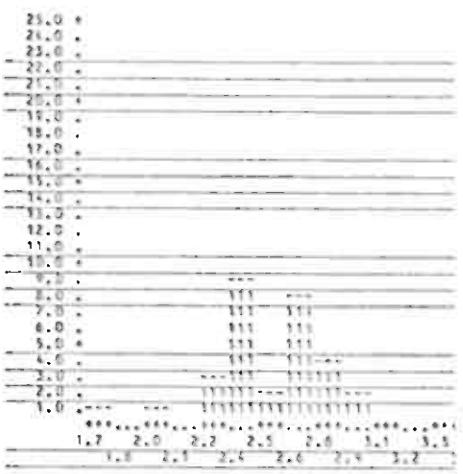


Zink



Kobalt

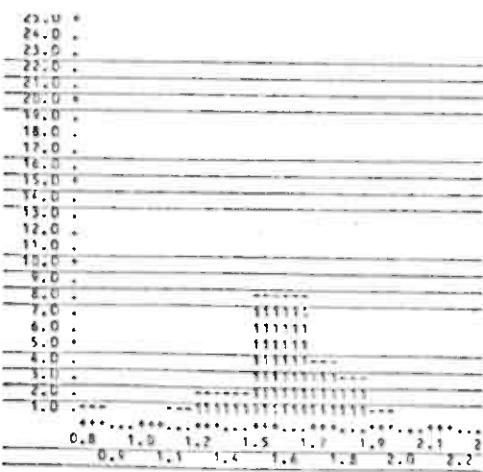
Abb.1o-2: Häufigkeitshistogramme der Schwermetallkonzentrationen der Kupferanomalie Südwest ( Grenzwertbreite = 1/2 s )



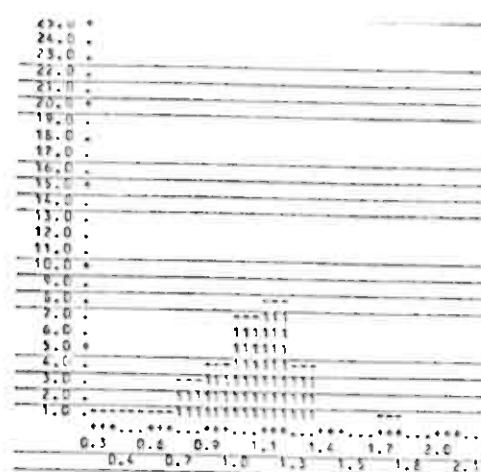
Gesamtmetall



Kupfer



Nickel



Blei



Zink



Kobalt

Abb. 1o-3 : Häufigkeitshistogramme der Schwermetallkonzentrationen der Kupferanomalie Ost ( Grenzwertbreite = 1/2 s )

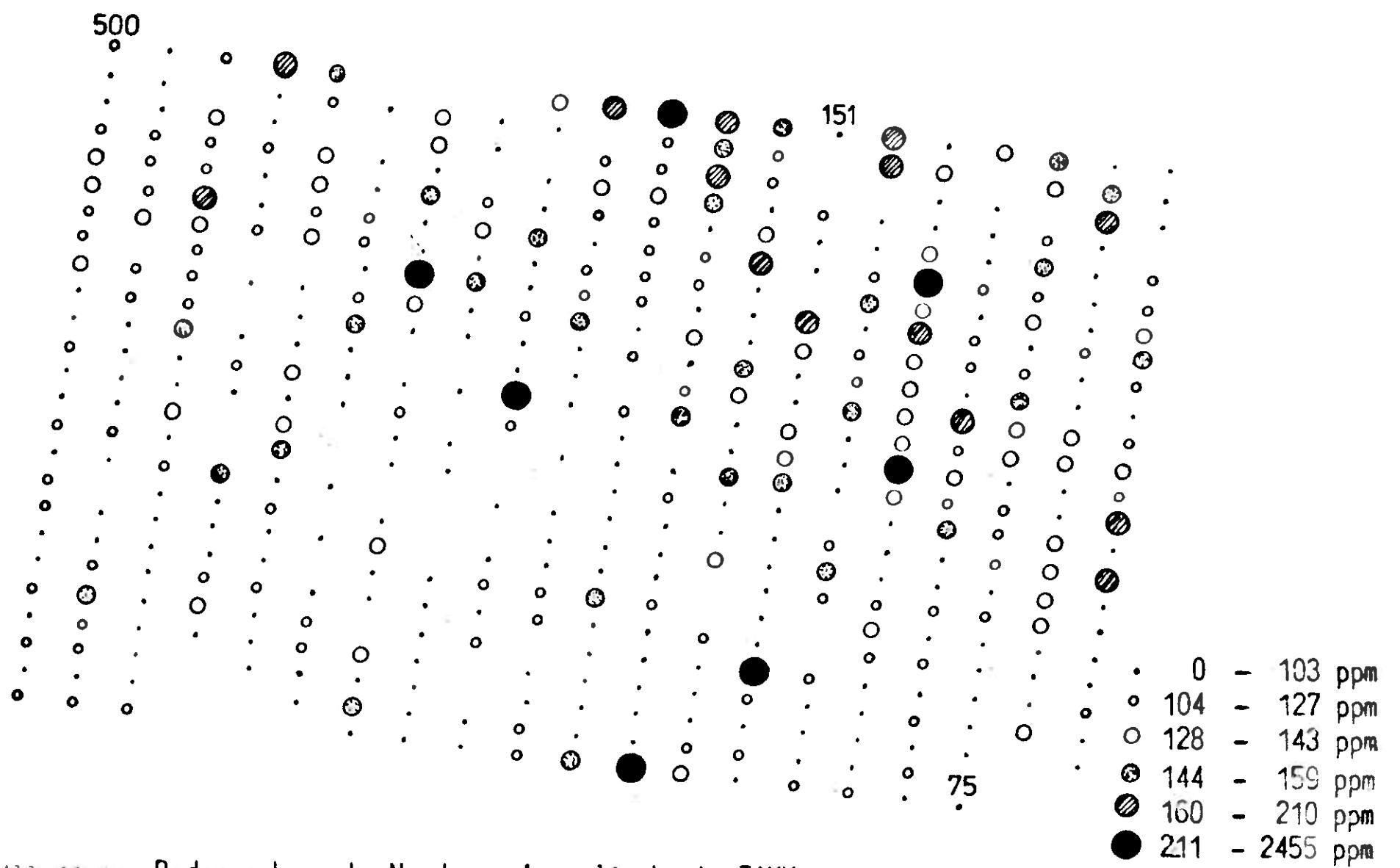


Abb. 11-1: Bodenprobennetz Nord - Anomalienkarte ZINK

Maßstab 1:10 000

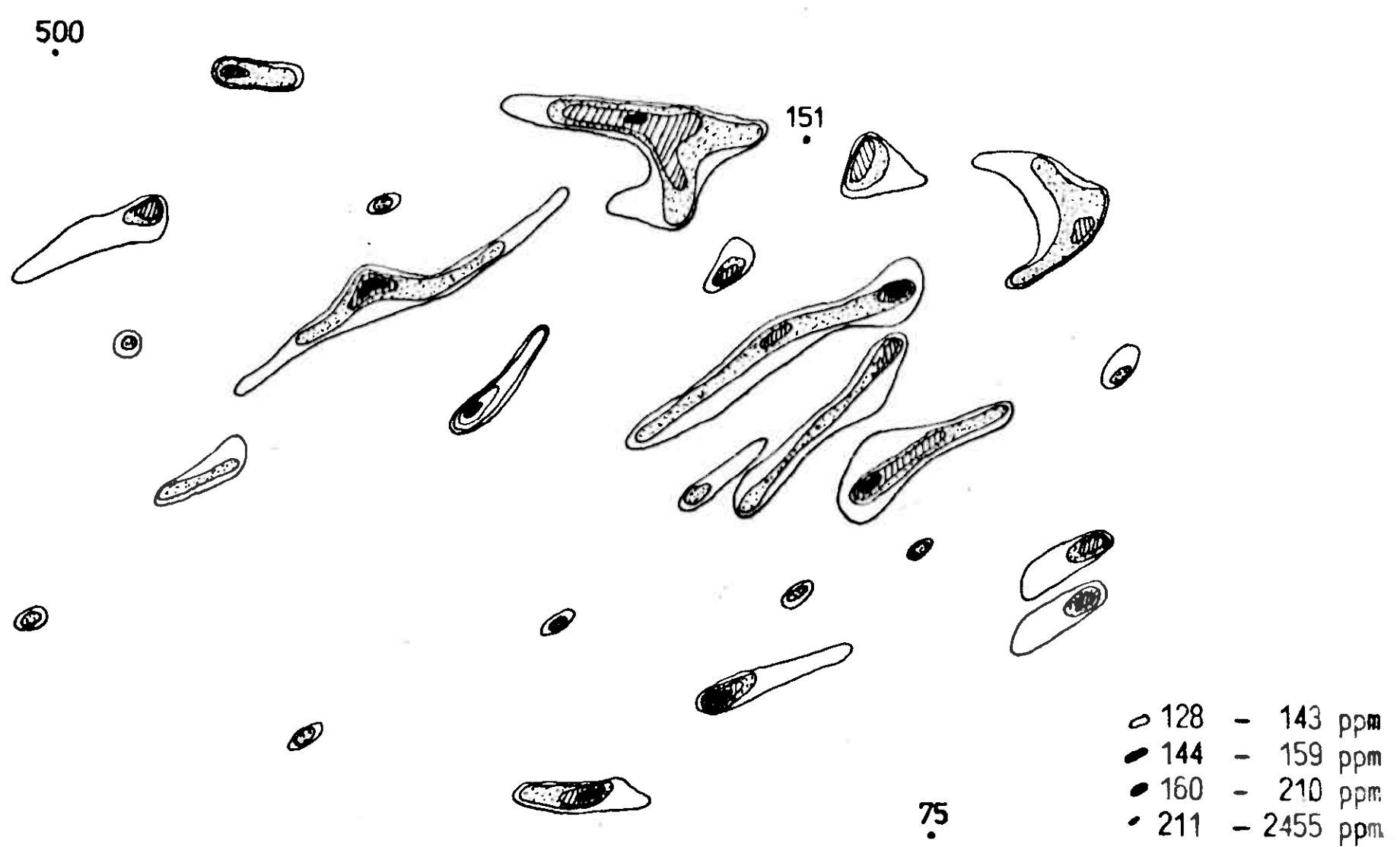


Abb. 11-2: Bodenprobennetz Nord - Trendkarte ZINK

Maßstab 1:10 000

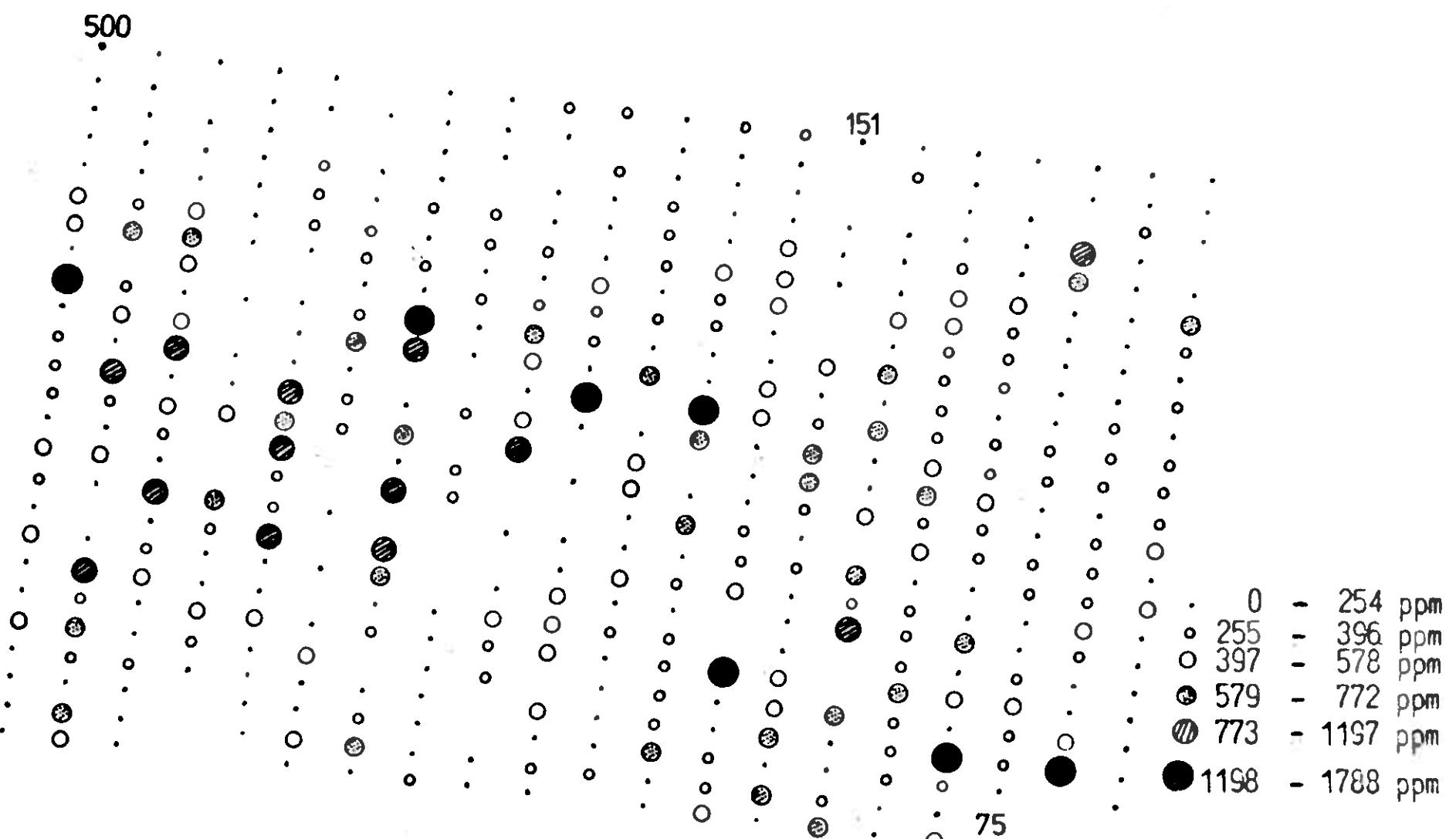


Abb.11-3: Bodenprobennetz Nord - Anomalienkarte KUPFER

Maßstab 1:10 000

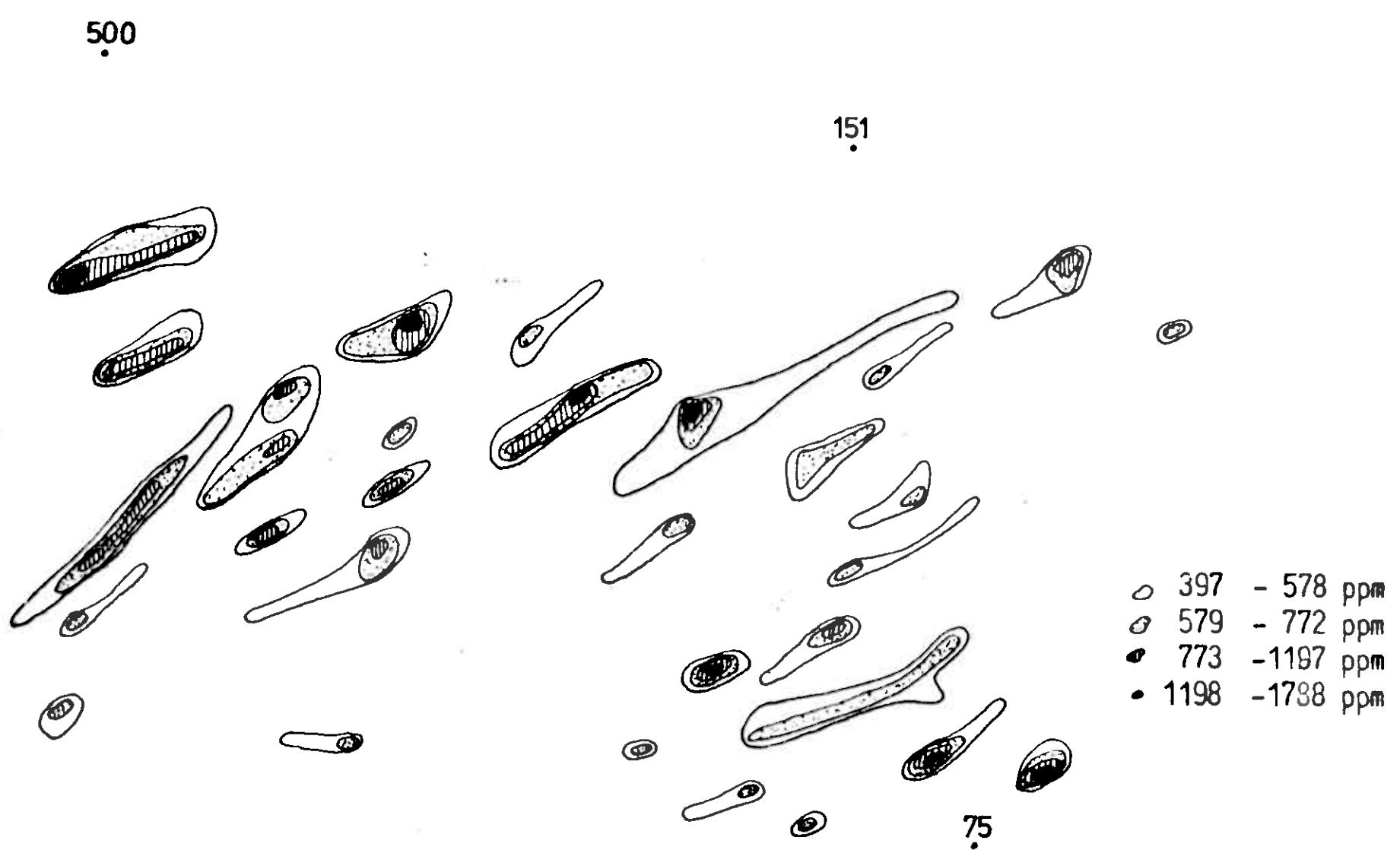


Abb.11-4: Bodenprobennetz Nord - Trendkarte KUPFER

Maßstab 1:10 000

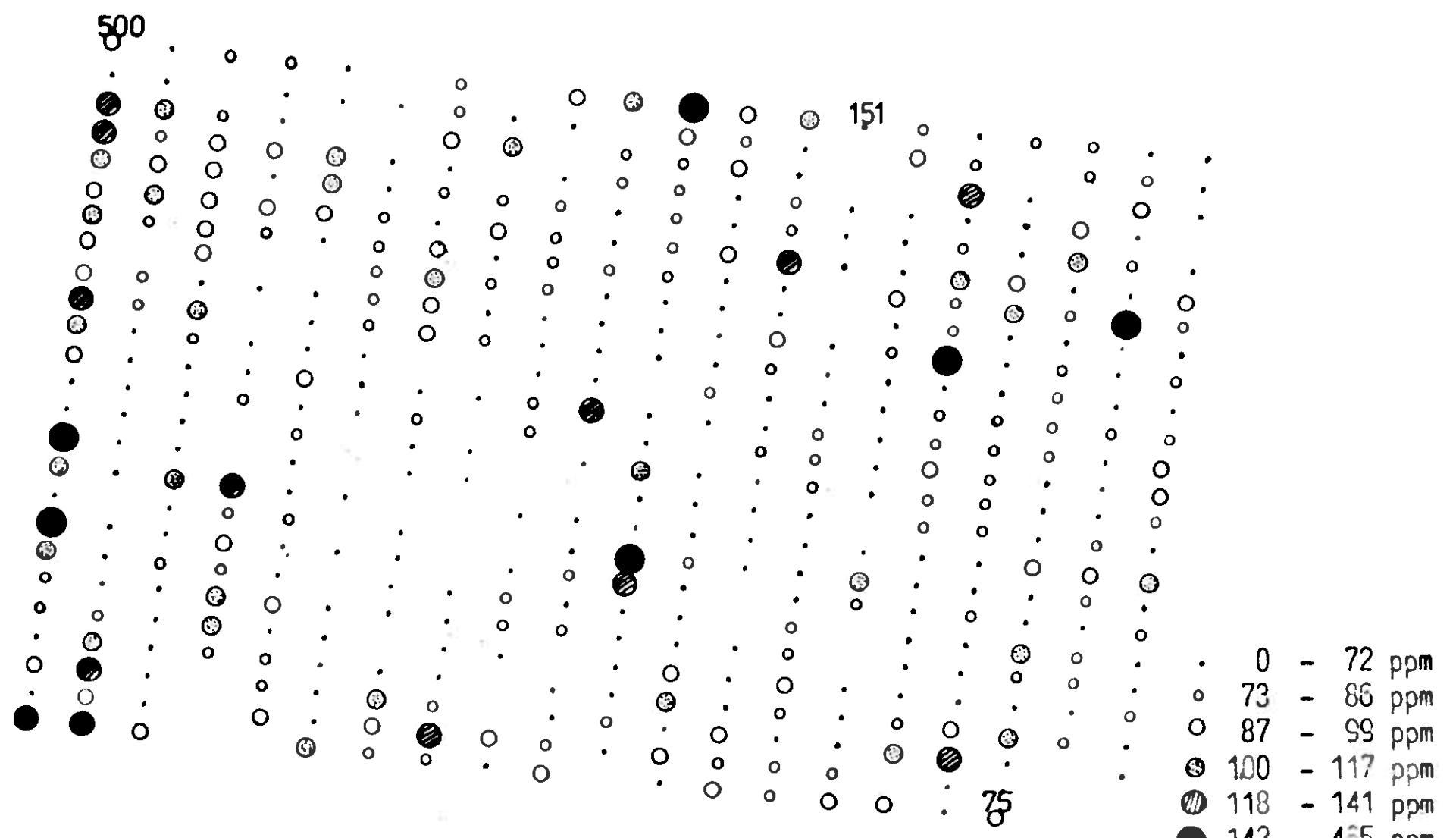


Abb.11-5: Bodenprobennetz Nord - Anomalienkarte NICKEL

Maßstab 1:10 000



Abb.11-6: Bodenprobennetz Nord - Trendkarte NICKEL

Maßstab 1:10 000

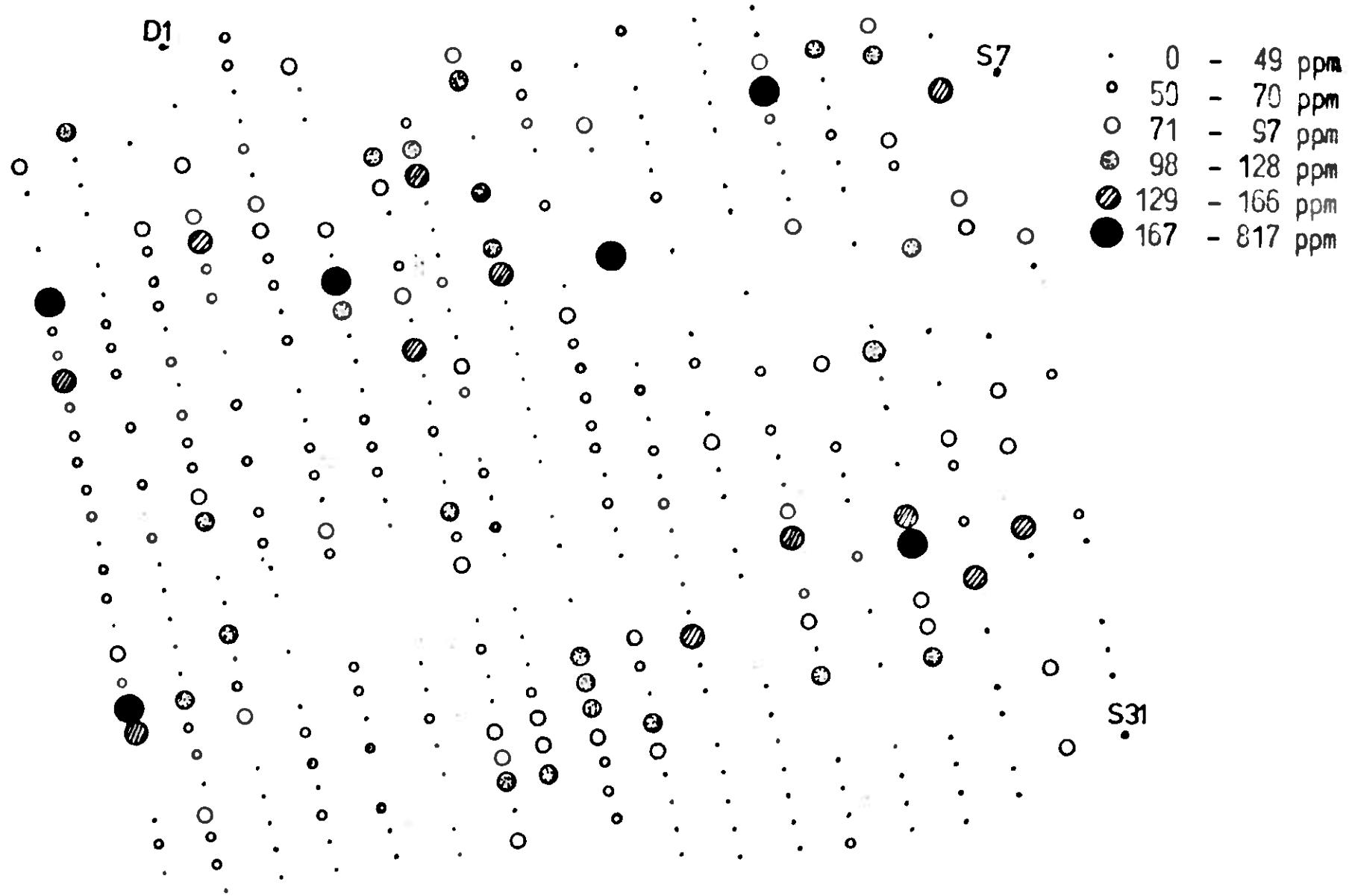


Abb. 11-7: Bodenprobennetz Ost - Anomalienkarte ZINK

Maßstab 1:10 000

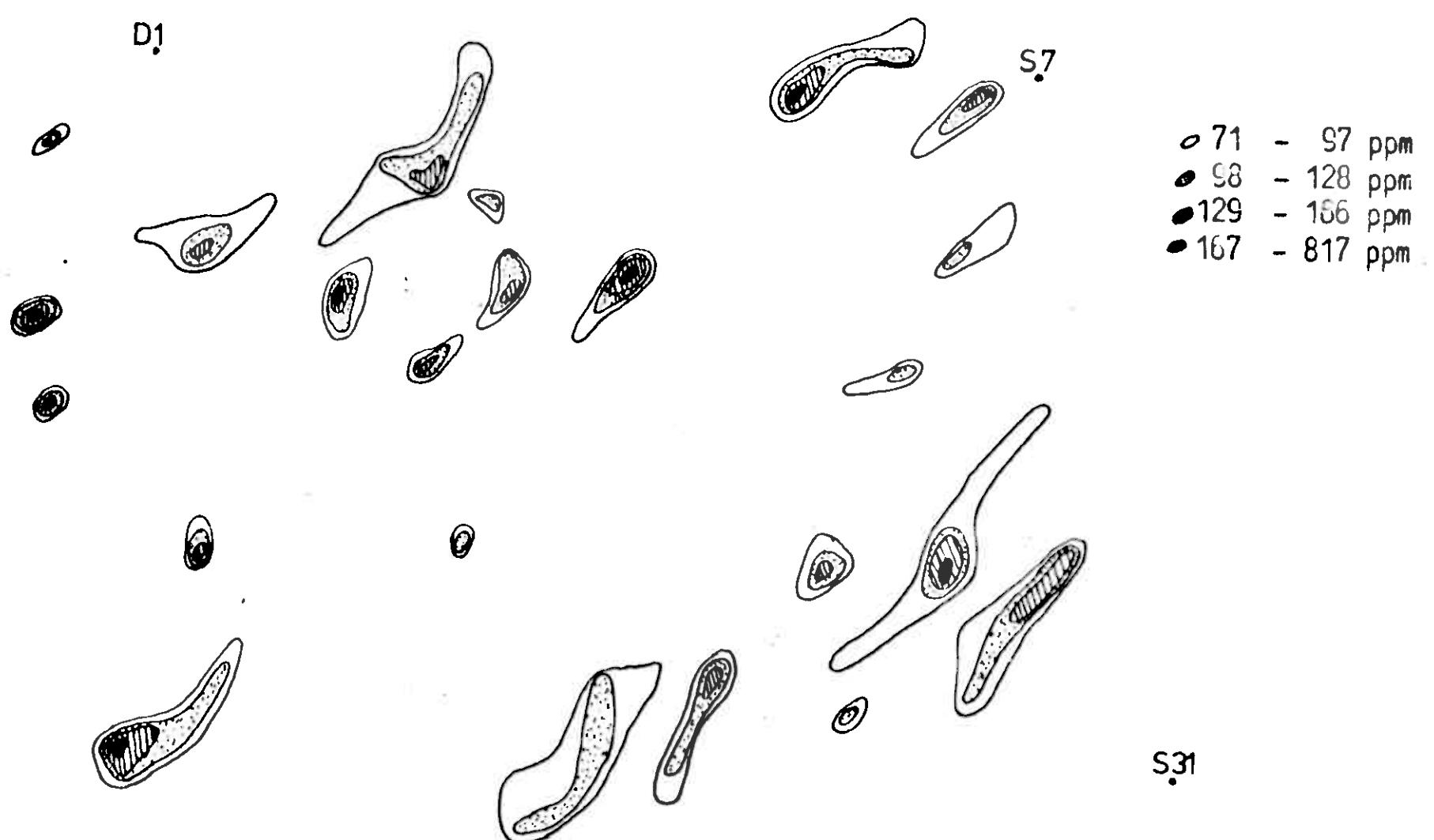
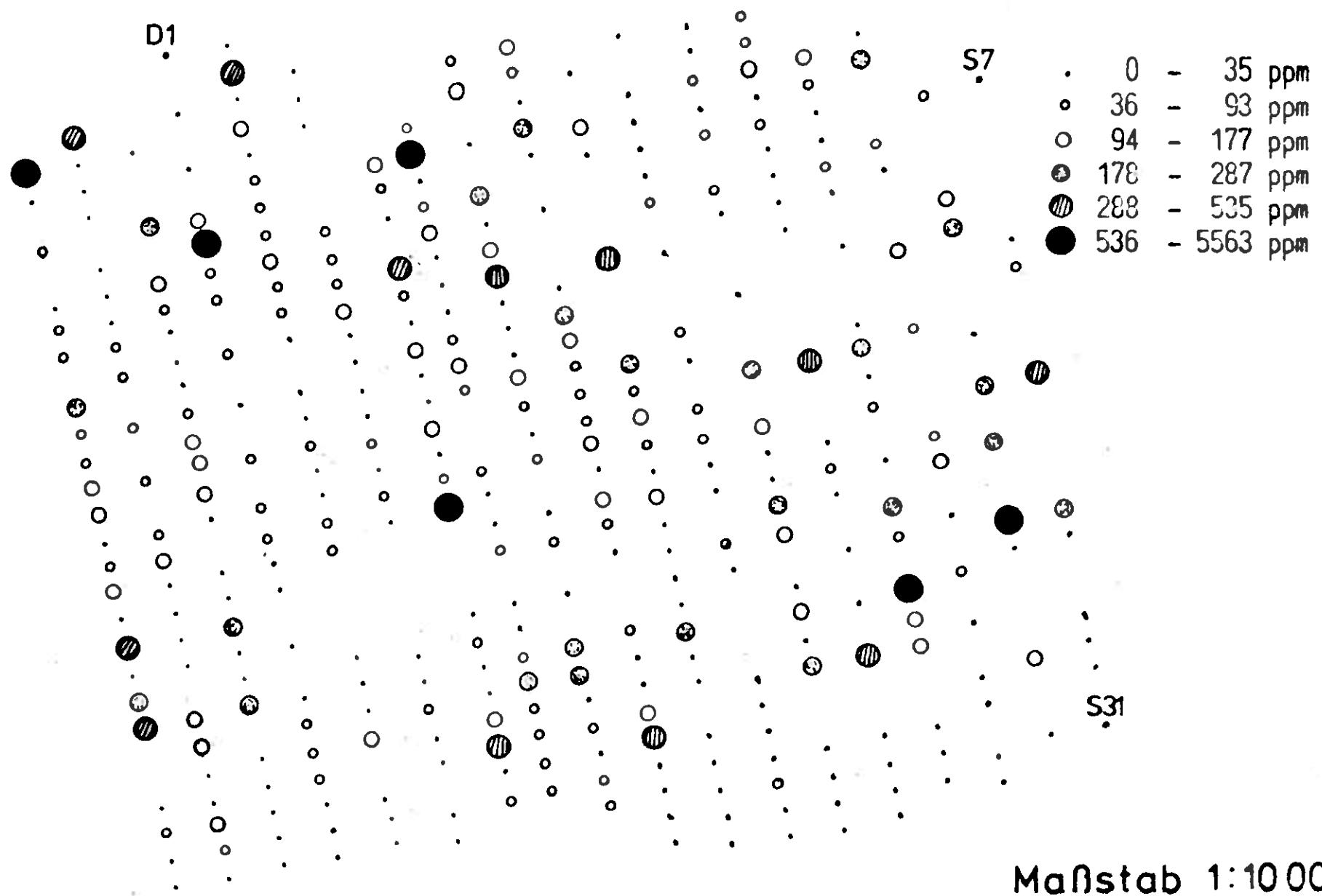


Abb. 11-8: Bodenprobennetz Ost - Trendkarte ZINK

Maßstab 1:10 000



Maßstab 1:10 000

Abb. 11-9: Bodenprobennetz Ost - Anomalienkarte KUPFER

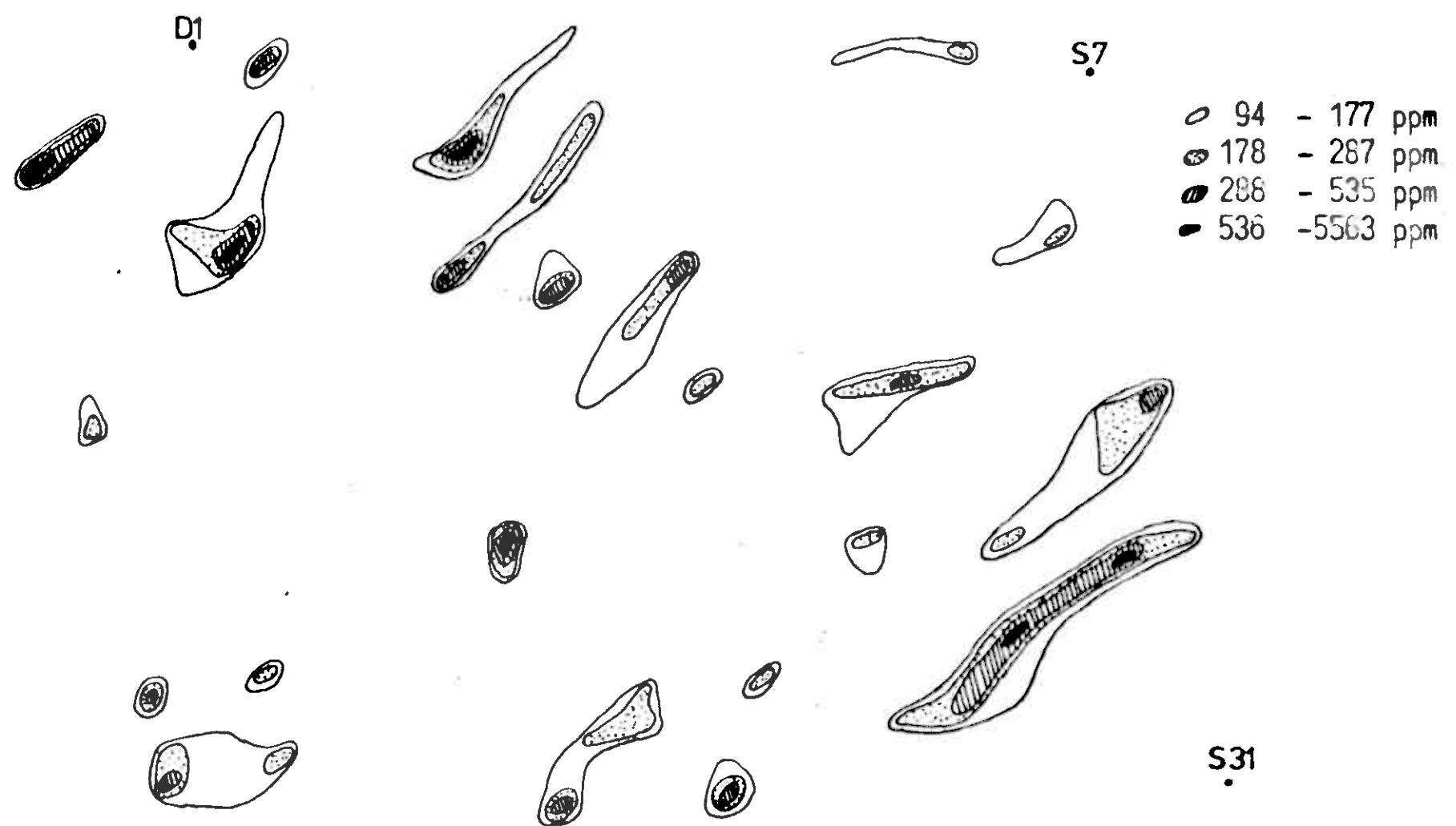


Abb. 11-10 Bodenprobennetz Ost - Trendkarte KUPFER

Maßstab 1:10 000

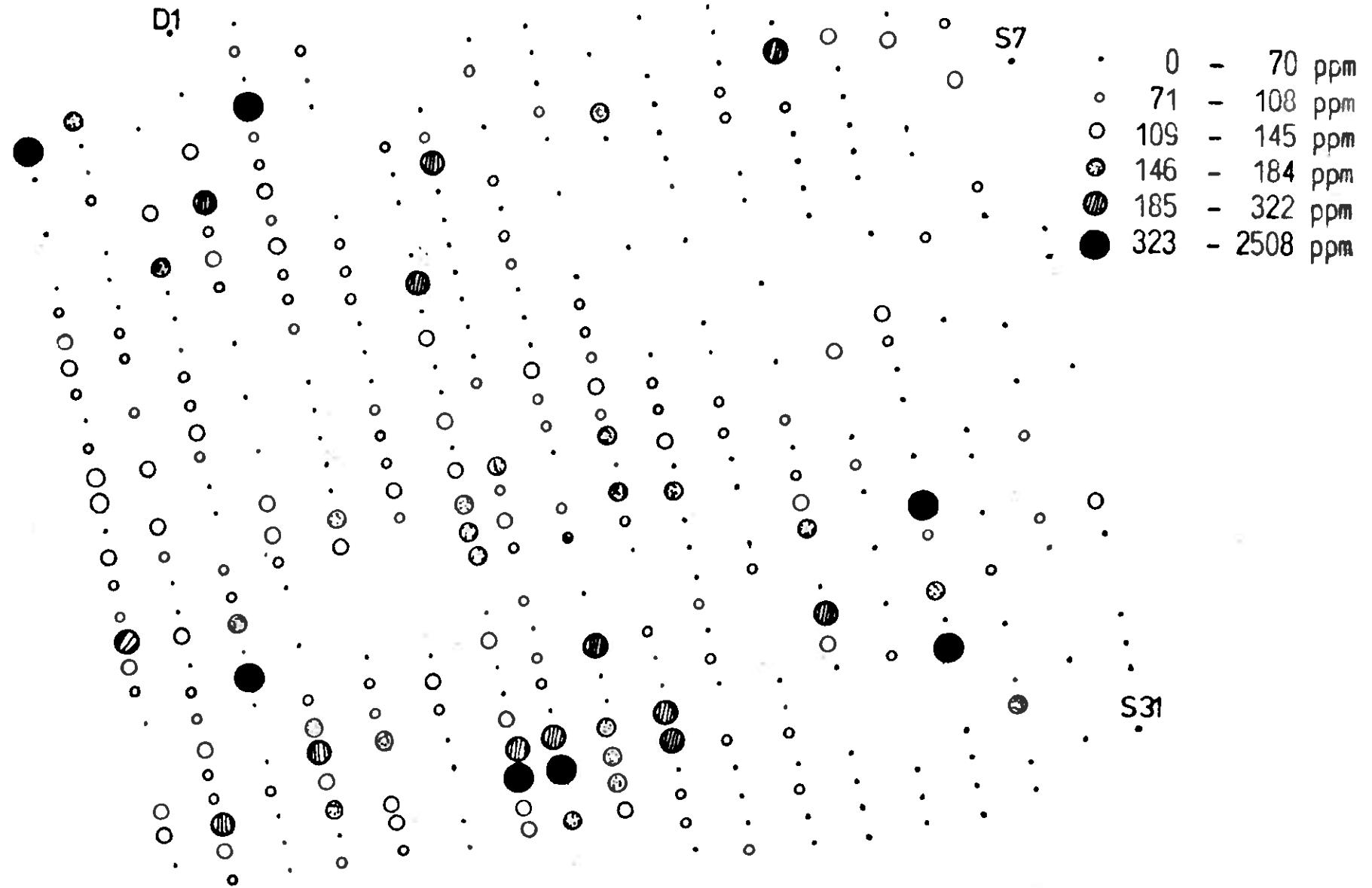


Abb 11-11: Bodenprobennetz Ost - Anomalienkarte NICKEL

Maßstab 1:10 000

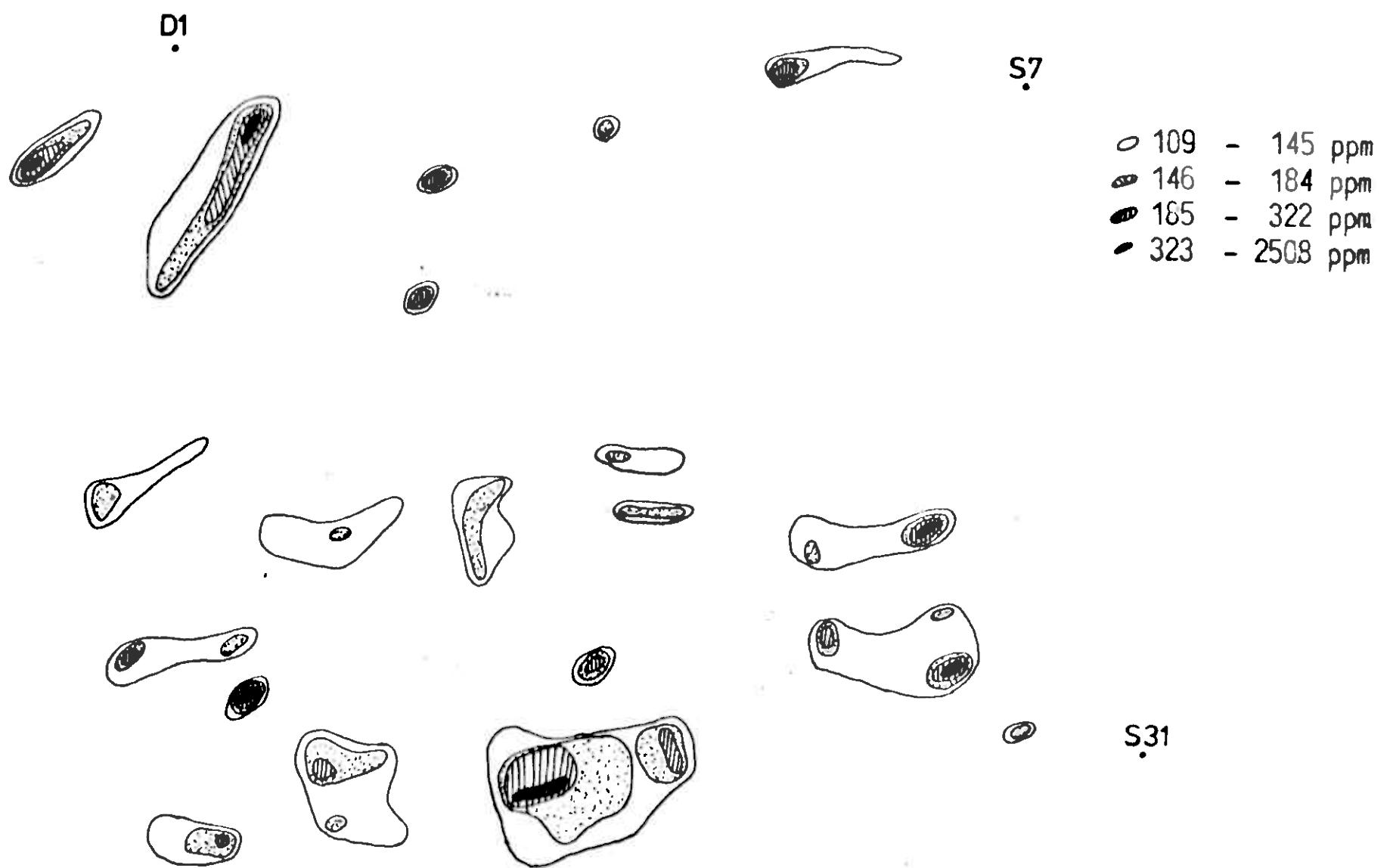
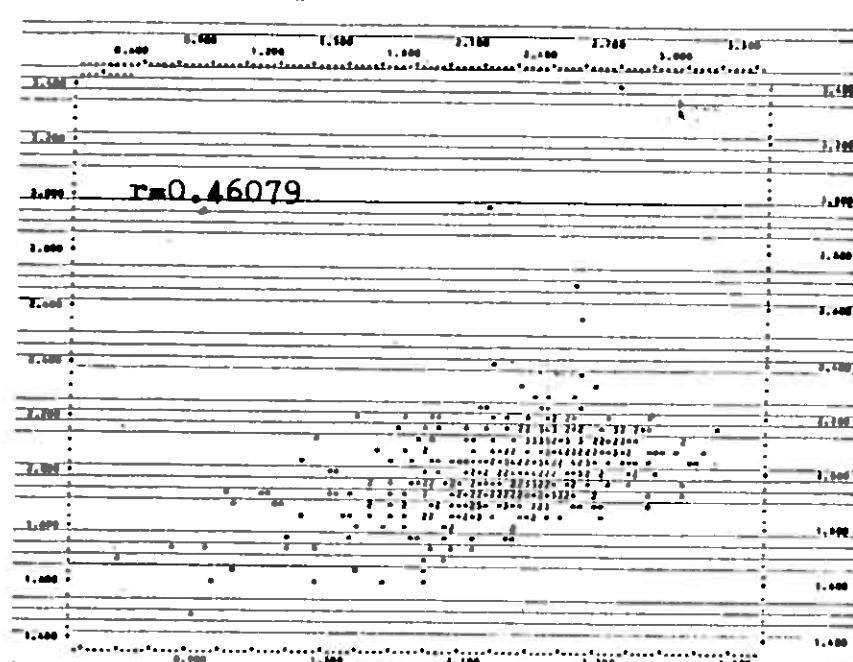


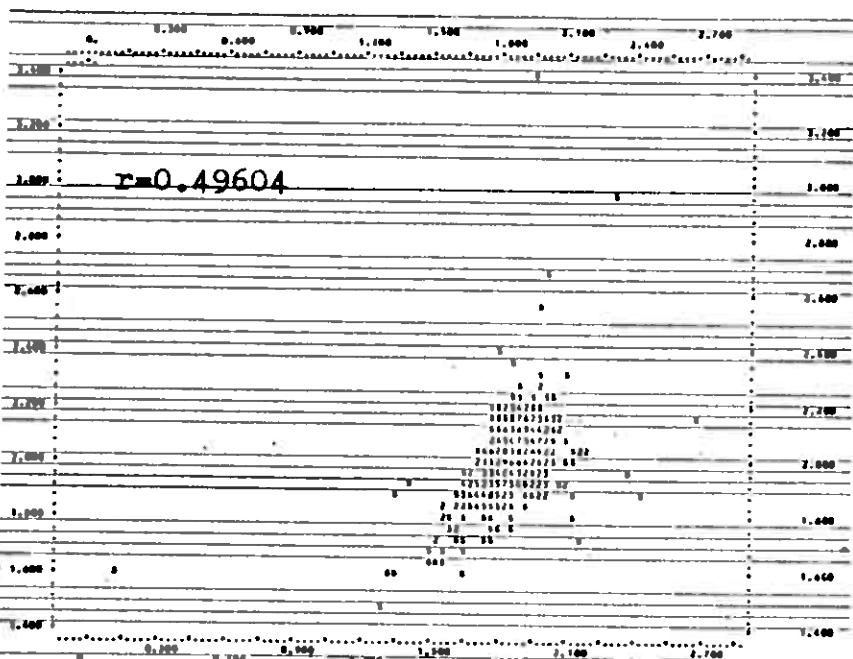
Abb 11-12: Bodenprobennetz Ost - Trendkarte NICKEL

Maßstab 1:10 000

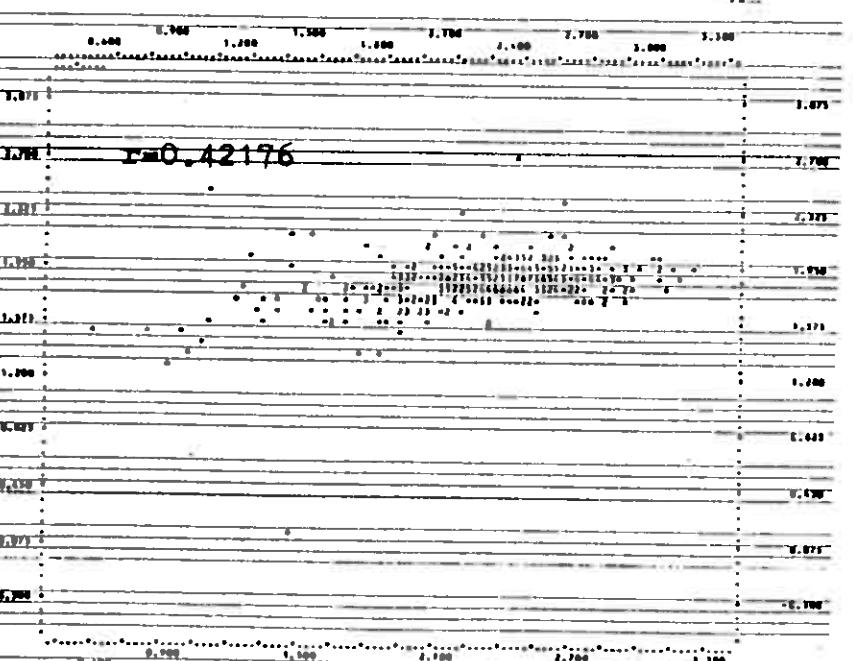
Nickelkonz. (ppm)



Zinkkonz. (ppm)

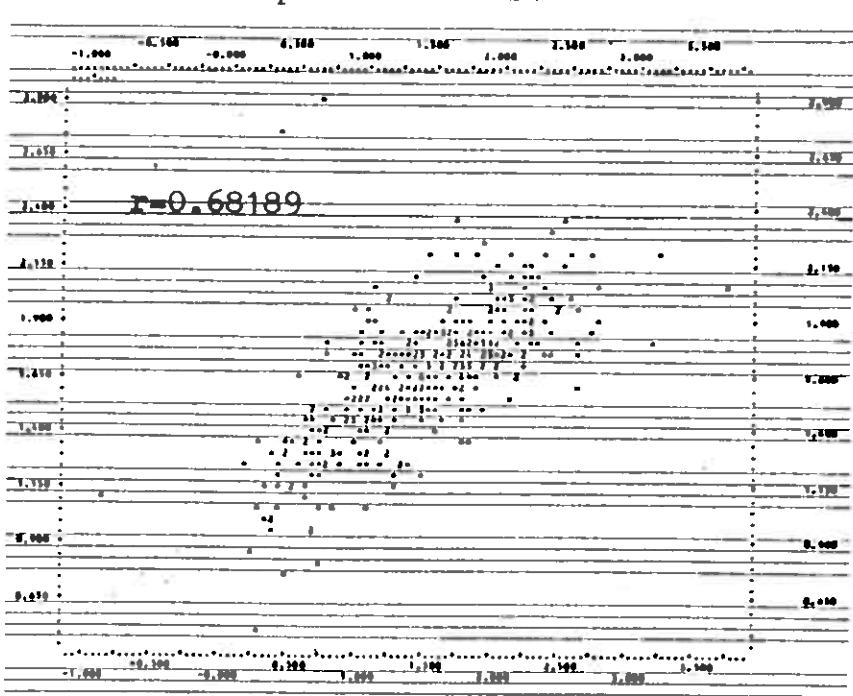


Zinkkonz. (ppm)

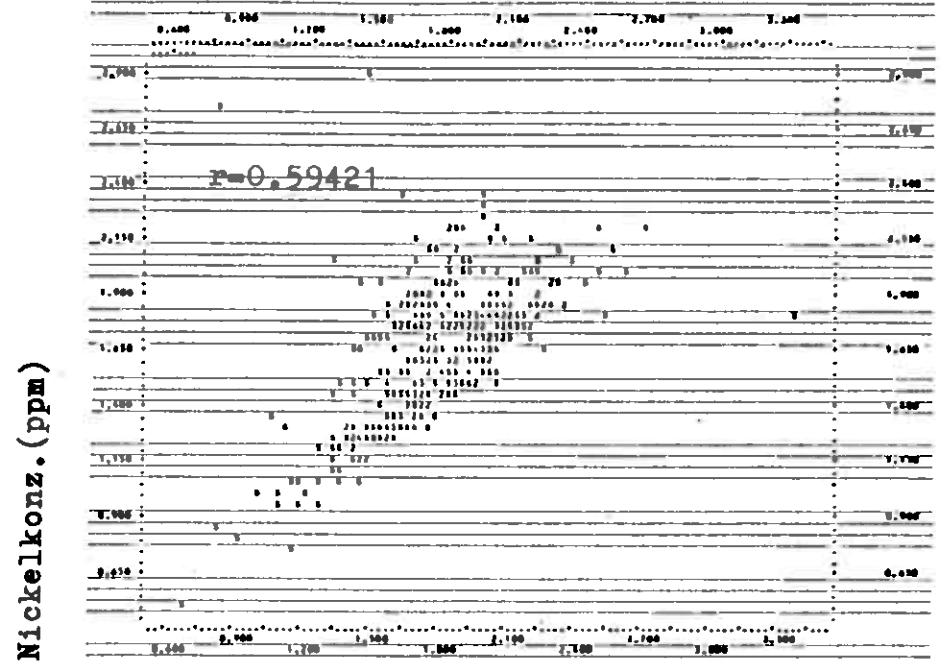


Kupferkonz. (ppm)

Kupferkonz. (ppm)

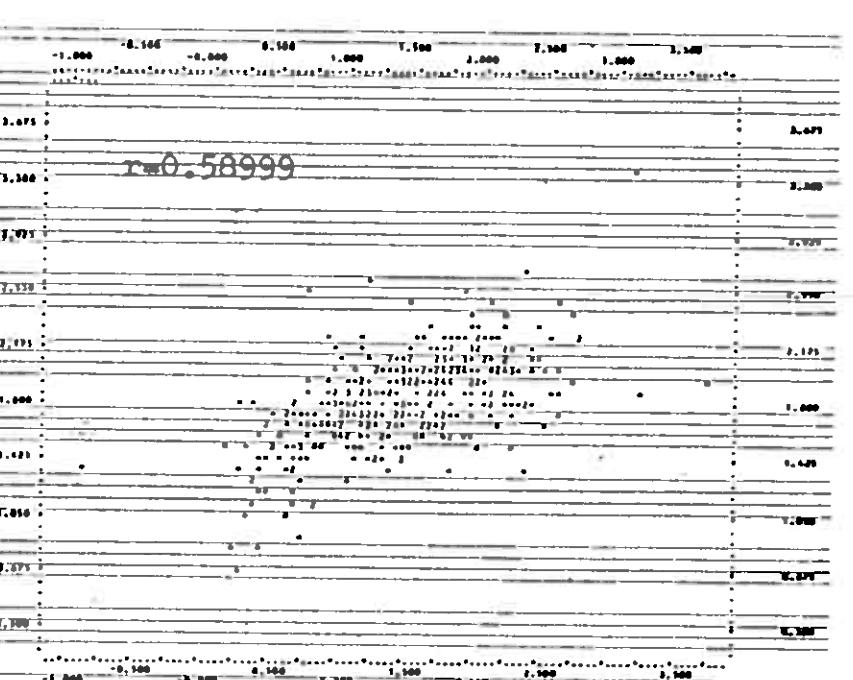


Zinkkonz. (ppm)



Zinkkonz. (ppm)

Nickelkonz. (ppm)



Kupferkonz. (ppm)

Abb. 11-13: Die Kovarianz der Konzentrationen der Schwermetalle Zn,Cu,Ni in den Bodenprobennetzen Nord ( Probenanzahl=442) und Ost ( Probenanzahl=380)

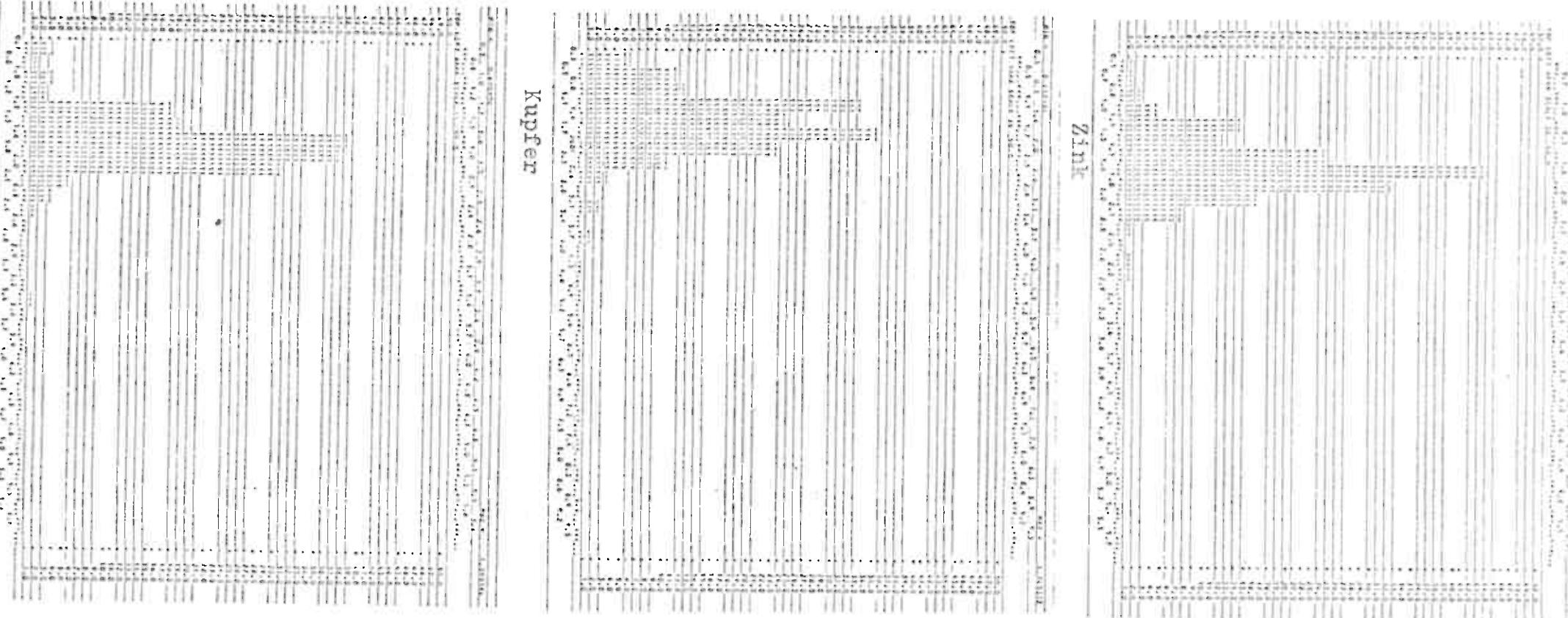
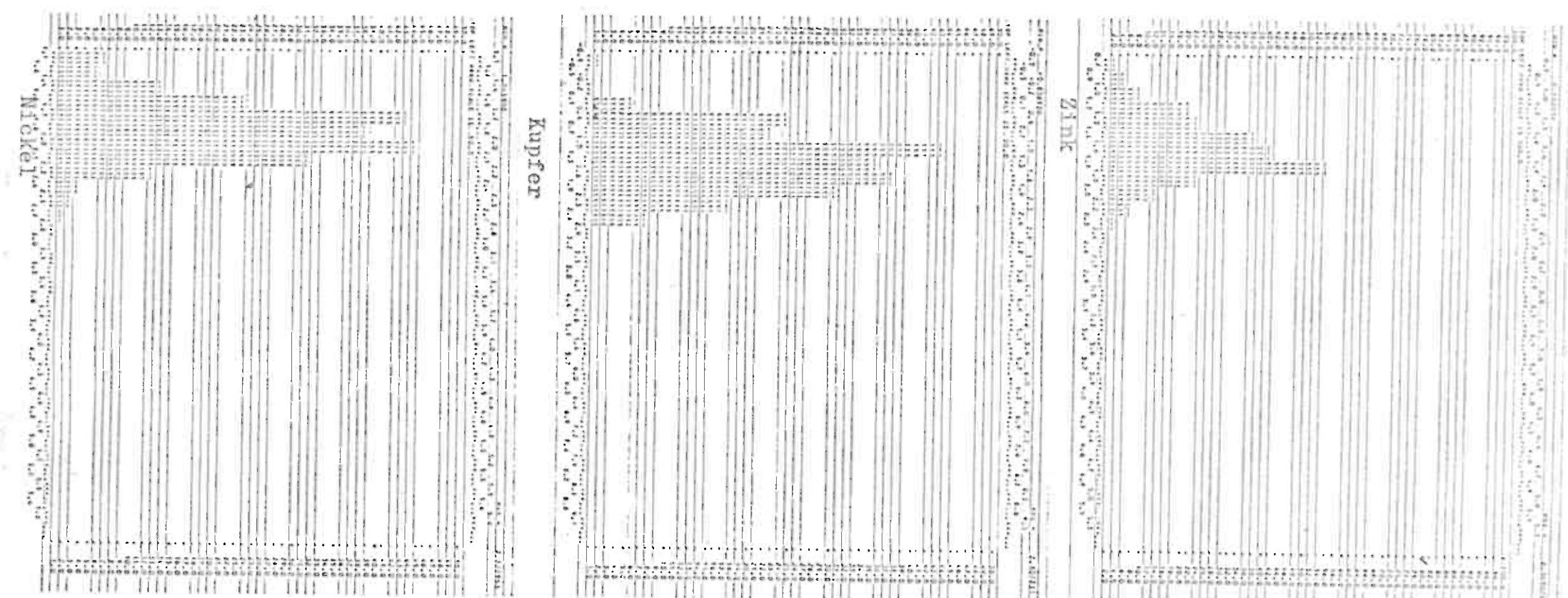
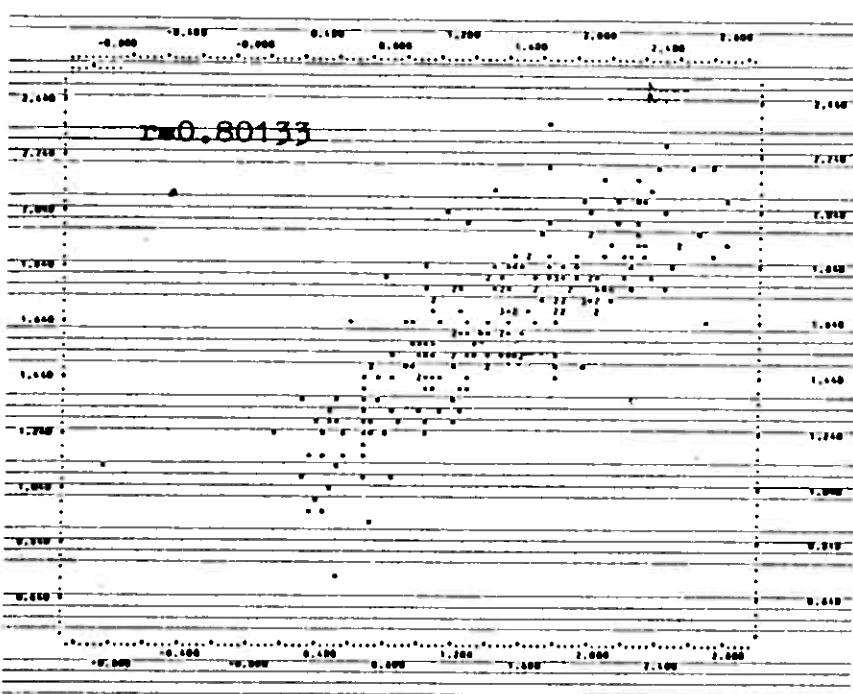


Abb. 11-14 Häufigkeitshistogramme der Schwermetallkonzentrationen des Bodenprobennetzes Ost, Einheit 1  
Grenzwertbreite =  $1/2$  s )

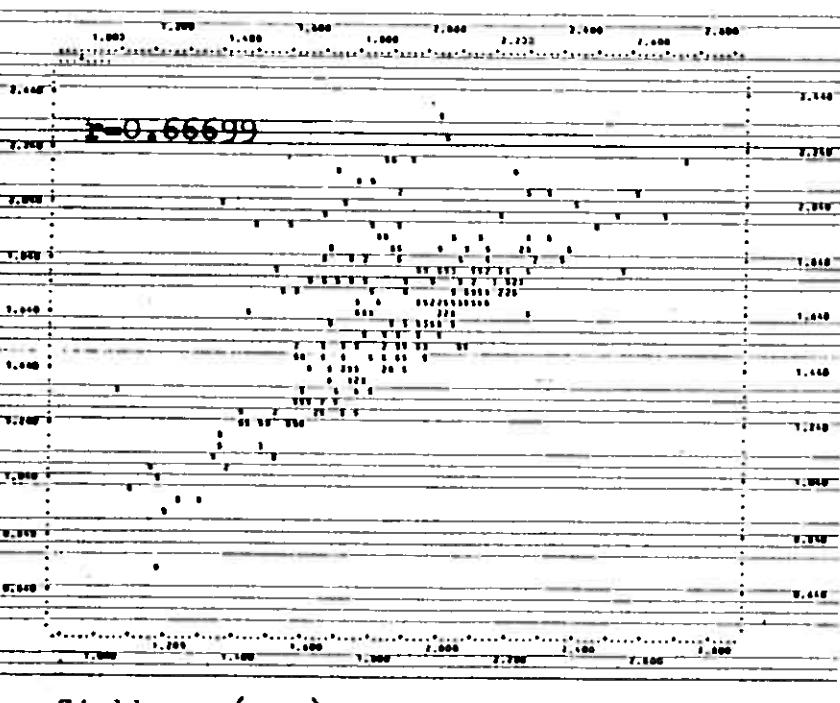
Abb. 11-15 Häufigkeitshistogramme der Schwermetallkonzentrationen des Bodenprobennetzes Ost, Einheit 2  
(Grenzwertbreite = 1/2 s)



Kupferkonz. (ppm)

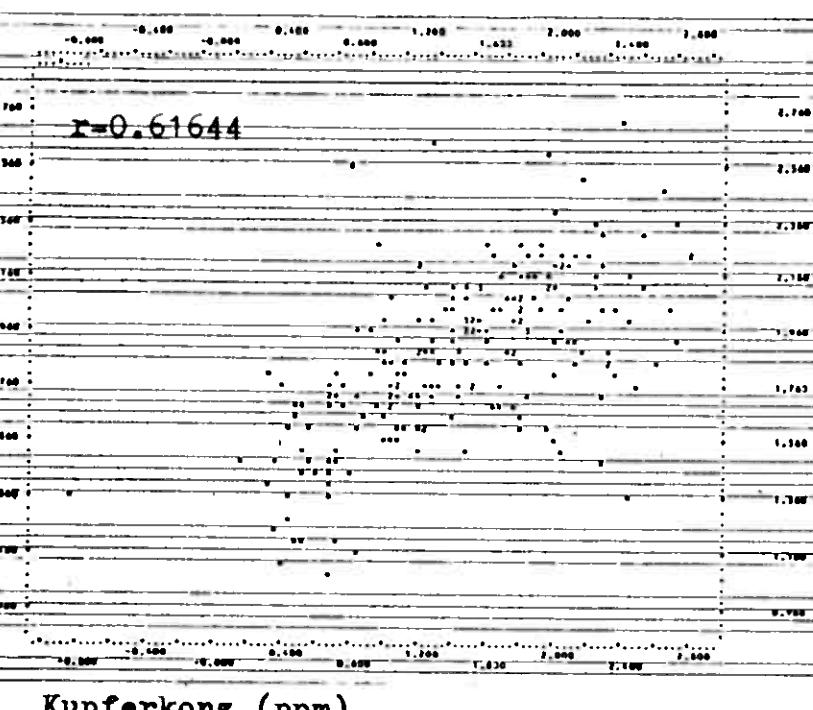


Zinkkonz. (ppm)



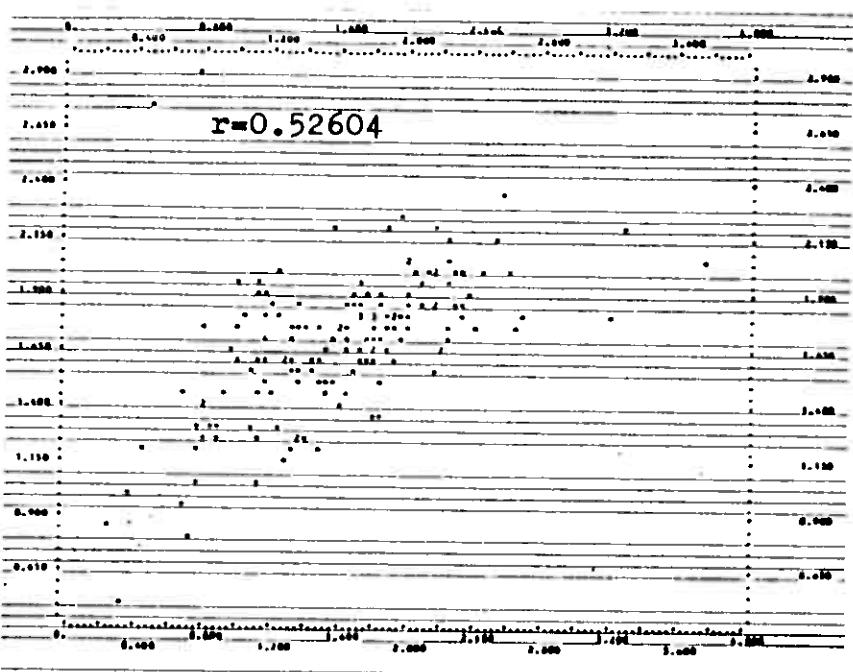
Zinkkonz. (ppm)

Nickelkonz. (ppm)



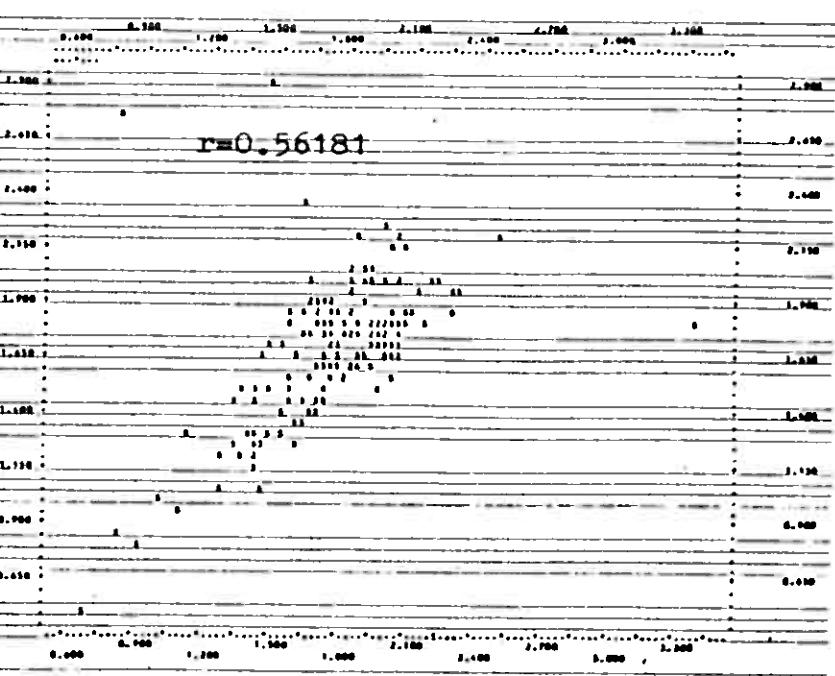
Kupferkonz. (ppm)

Einheit 1



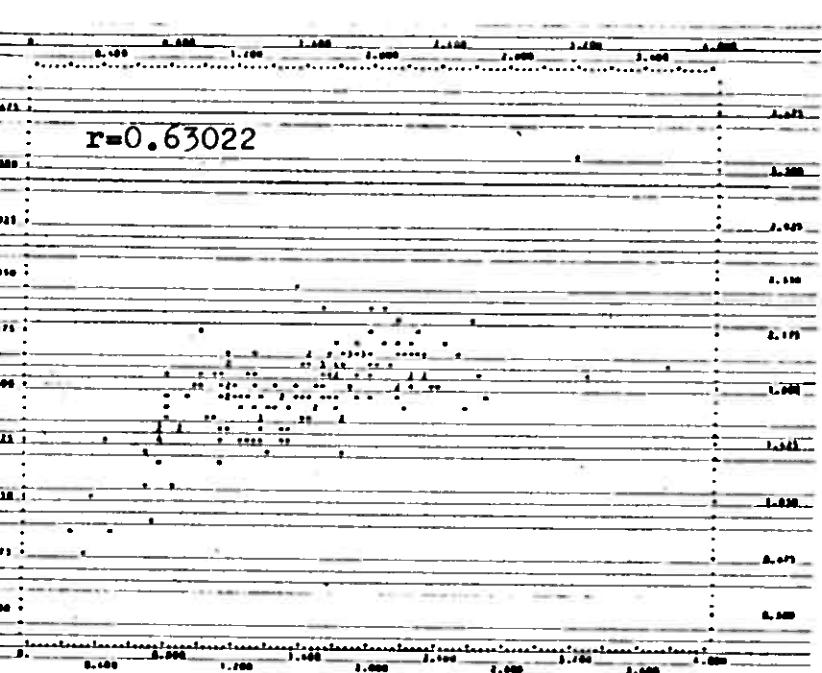
Zinkkonz. (ppm)

Kupferkonz. (ppm)



Zinkkonz. (ppm)

Nickelkonz. (ppm)



Kupferkonz. (ppm)

Abb. 11-16 : Die Kovarianz der Konzentrationen der Schwermetalle Zn,Cu,Ni im Bodenprobennetz Ost, Einheit 1 ( Probenanzahl=159) und Einheit 2( Probenanzahl=221)

Anhang

- A 1 Ergebnisse der Dithizon-Tests und AAS-Analysen  
(Bachsedimente und -wässer)
- A 2 Bachsedimentprobenpunkte der Kupferanomalie Nord
- A 3 Bachsedimentprobenpunkte der Kupferanomalie Südwest
- A 4 Bachsedimentprobenpunkte der Kupferanomalie Ost,  
Einheit 1 und 2
- A 5 Ergebnisse der XRF-Analysen, Bodenproben des Netzes  
Nord
- A 6 Ergebnisse der XRF-Analysen, Bodenproben des  
Netzes Ost
- A 7 Nicht entnommene Proben bzw. Proben mit einem An-  
teil der Fraktion  $< 63 \mu$  unter 4 g
- A 8 Den Einheiten 1 bzw 2 zugeordnete Probenpunkte des  
Bodenprobennetzes Ost
- A 9 Bachsedimentprobenpunkte, die in das Bodenprobennetz  
Nord fallen
- A 10 Bachsedimentprobenpunkte, die in das Bodenprobennetz  
Ost fallen
- A 11 Photos des Arbeitsgebietes

A 1 Ergebnisse der Dithizon-Tests und AAS-Analysen (Bachsedimente und -wässer)

Proben- nummer	AAS ANALYSEN-DATEN						DITHIZON ANALYSEN-DATEN			
	HM	Cu	Ni	Pb	Zn	Co	Sedimentdaten cxHM	Sediment- beschaff. cxCu	Wasserdaten (Angaben in ppb) cxHM	
1	106	55	24	3	17	7	Bodenprobe			
2	254	87	31	65	48	23	8	5	0	
3	5515	5330	77	20	68	20	Bodenprobe			
4	581	265	20	7	278	11	15	8		5,0
5	619	391	38	13	147	30	5	5	-	2,5
6	320	162	42	16	76	24	5	5	-	<2,5
7	423	262	30	25	79	27	9	7	-	2,5
8	494	332	40	19	81	22	16	12	-	2,5
9	173	57	47	5	44	20	Bodenprobe			
10	393	270	39	11	70	8	8	7	0	<2,5
11	498	280	53	20	117	28	9	5	-	<2,5
12	kein Sediment						5	<5		<2,5
13	448	261	45	9	98	35	7	5	0	<2,5
14	906	715	43	10	62	76	22	12	-	2,5
15	kein Sediment						14	11		<2,5
16	47	27	7	2	8	3	4	3	+	<2,5
17	kein Sediment						9	5		<2,5

Proben- nummer	AAS ANALYSEN DATEN						DITHIZON ANALYSEN DATEN			
	HM	Cu	Ni	Pb	Zn	Co	Sedimentdaten cxHM	Sediment- beschaff. cxCu	Wasserdaten (Angaben in ppb) cxHM	
18	152	65	44	2	26	15	4	4	0	<2,5
19	57	15	19	1	13	9	4	<3	0	<2,5
20	449	330	28	15	71	5	26	20	-	2,5
21	765	550	69	20	114	12	23	20	-	2,5
22	193	132	17	15	16	13	5	<3	--	<2,5
23	552	497	18	14	20	5	Bodenprobe			
24	476	300	40	14	102	20	11	11	--	<2,5
25	577	350	58	14	105	30	8	8	--	2,5
26	757	589	48	16	88	16	11	11	--	<2,5
27	kein Sediment						13	10	kein Wasser	
28	325	204	35	5	60	21	6	5	--	2,5
29	294	160	34	8	78	14	6	3	--	2,5
30	299	142	32	9	100	16	6	5	--	<2,5
31	263	164	29	12	45	13	8	5	--	2,5
32	kein Sediment						14	14	kein Wasser	
33	286	208	33	7	29	9	10	5	0	2,5
34	kein Sediment						13	9	kein Wasser	

Proben- nummer	AAS ANALYSEN-DATEN						DITHIZON ANALYSEN-DATEN			
	HM	(Angaben in ppm)	Cu	Ni	Pb	Zn	Co	Sedimentdaten (Angaben in ppm) cxHM	Sediment- beschaff. cxCu	Sediment- beschaff. Wasserdaten (Angaben in ppb) cxHM
35	899	650	73	12	128	36	10	7	0	2,5
36	kein Sediment						10	9		kein Wasser
37	643	436	60	10	96	41	25	23	-	2,5
38	kein Sediment						12	12		kein Wasser
39	282	162	39	9	58	14	11	6	-	2,5
40	kein Sediment						4	4		kein Wasser
41	297	191	46	14	35	11	5	5	-	2,5
42	kein Sediment						13	13		kein Wasser
43	251	143	42	10	43	13	6	6	+	2,5
44	185	99	38	7	27	14	5	3	+	2,5
45	208	120	33	10	33	12	7	6	0	2,5
46	kein Sediment						10	7		kein Wasser
47	kein Sediment						3	3		kein Wasser
48	187	93	28	12	37	17	<3	<3	+	5,0
49	226	125	31	10	43	17	3	<3	0	<2,5
50	130	67	19	7	29	8	3	<3	0	2,5
51	248	102	45	12	71	18	3	<3	+	<2,5

Proben- nummer	AAS ANALYSEN-DATEN						DITHIZON ANALYSEN-DATEN			
	HM	Cu	Ni	Pb	Zn	Co	Sedimentdaten cxHM	Sediment- beschaff.	Wasserdaten (Angaben in ppb) cxHM	
52	309	134	54	14	86	21	3	<3	0	2,5
53	271	106	61	6	74	24	3	<3	+	2,5
54	kein Sediment						3	3		kein Wasser
55	334	129	71	10	97	27	15	<3	+	2,5
56	364	149	84	17	87	27	<3	<3	+	2,5
57	310	173	34	13	66	24	5	5	0	2,5
58	kein Sediment						3	3		kein Wasser
59	315	149	30	12	96	28	5	3	-	<2,5
60	267	135	28	9	73	22	6	3	0	2,5
61	187	71	39	11	52	14	<3	<3	+	2,5
62	256	111	41	15	69	20	3	<3	0	2,5
63	207	96	27	12	56	16	3	<3	0	<2,5
64	231	105	28	23	59	16	<3	<3	0	2,5
65	205	115	25	6	43	16	<3	<3	+	2,5
66	132	76	17	6	25	8	3	<3	+	2,5
67	202	97	30	10	53	12	<3	<3	+	2,5
68	211	69	46	8	65	23	<3	<3	0	2,5

Proben- nummer	AAS ANALYSEN DATEN						DITHIZON ANALYSEN DATEN			
	HM	Cu (Angaben in ppm)	Ni	Pb	Zn	Co	Sedimentdaten (Angaben in ppm) cxHM	Sediment- beschaff. cxCu	Sediment- beschaff. Wasserdaten (Angaben in ppb) cxHM	
69	304	121	74	6	75	28	3	<3	+	2,5
70	356	183	46	13	87	27	3	<3	0	2,5
71	632	461	40	20	90	21	5	3	-	2,5
72	346	255	32	6	41	12	3	<3	0	2,5
73	571	416	48	26	58	23	7	5	-	2,5
74	422	303	28	16	61	14	7	3	0	2,5
75	263	183	20	12	38	10	<3	<3	0	2,5
76	133	74	18	8	26	7	<3	<3	0	2,5
77	172	77	39	8	35	13	5	6	+	<2,5
78	428	82	42	8	280	16	9	8	-	<2,5
79	kein Sediment						<3	<3		<2,5
80	230	20	23	3	180	4	5	<3	+	<2,5
81	260	42	32	8	168	10	3	<3	+	<2,5
82	231	22	26	6	171	6	3	<3	+	2,5
83	236	97	36	3	91	9	5	5	+	<2,5
84	493	164	83	21	211	14	11	7	0	2,5
85	kein Sediment									2,5

Proben- nummer	HM	AAS ANALYSEN DATEN					DITHIZON ANALYSEN DATEN				
		Cu (Angaben in ppm)	Ni	Pb	Zn	Co	Sedimentdaten cxHM	Sedimentdaten cxCu	beschaff.	Wasserdaten cxHM (Angaben in ppb)	
86	92	30	22	6	26	8	5	<3	0	<2,5	
87	229	62	37	3	122	5	8	4	0	<2,5	
88	504	302	40	7	142	13	10	5	0	<2,5	
89	kein Sediment						11	5		kein Wasser	
90	591	116	39	14	415	7	9	5	0	<2,5	
91	179	42	16	3	114	4	3	<3	+	2,5	
92	151	25	20	8	93	5	<3	<3	++	2,5	
93	376	215	36	14	86	25	6	3	0	<2,5	
94	593	406	40	12	108	27	6	4	+	2,5	
95	454	238	52	28	103	33	7	5	0	2,5	
96	497	279	57	30	95	36	6	3	+	2,5	
97	776	530	87	25	71	63	7	5	0	<2,5	
98	467	348	34	22	38	25	13	11	--	<2,5	
99	463	317	32	18	70	26	5	5	0	<2,5	
100	442	257	38	16	105	26	6	6	-	2,5	
101	363	215	38	12	75	24	3	<3	0	2,5	
102	kein Sediment						3	3		kein Wasser	

Proben- nummer	HM	AAS ANALYSEN DATEN				DITHIZON ANALYSEN DATEN			
		Cu (Angaben in ppm)	Ni	Pb	Zn	Co	Sedimentdaten cxHM	Sediment- beschaff. cxCu	Wasserdaten (Angaben in ppb) cxHM
103	548	203	28	18	69	25	2	<2	<2,5
104	178	42	53	16	43	19	<2	<2	+ kein Wasser
105	406	209	71	26	65	35	Bodenprobe		
106	421	241	74	15	54	37	Bodenprobe		
107	378	238	39	19	56	26	6	6	- <2,5
108	132	47	25	15	28	17	3	<2	0 2,5
109	143	72	12	16	36	12	<2	<2	0 2,5
110	194	92	30	15	38	21	2	<2	0 2,5
111	388	195	52	28	75	38	Bodenprobe		
112	315	168	35	31	54	27	Bodenprobe		
113	270	154	34	14	41	27	Bodenprobe		
114	172	90	17	18	25	22	2	<2	0 2,5
115	191	35	25	8	109	14	Bodenprobe		
116	323	142	34	14	110	23	3	3	+ 2,5
117	403	174	31	12	159	27	3	<3	++ 2,5
118	346	204	35	18	60	29	4	3	+ 2,5
119	473	260	50	29	104	30	5	4	+ <2,5

Proben- nummer	HM	AAS ANALYSEN-DATEN					DITHIZON ANALYSEN-DATEN				
		(Angaben in ppm)			Pb	Zn	Co	Sedimentdaten cxHM	(Angaben in ppm) cxCu	Sediment- beschaff.	Wasserdaten (Angaben in ppb) cxHM
120	239	116	40	17	46	20	2	<2		0	<2,5
121	340	184	26	55	50	25			Bodenprobe		
122	462	275	50	12	86	39			Bodenprobe		
123	411	253	40	19	63	31			Bodenprobe		
124	308	146	35	11	89	27	5	3		+	2,5
125	297	147	26	17	95	12			Bodenprobe		
126	412	150	24	17	189	32	6	3		--	5,0
127	186	66	27	13	67	13	7	5		++	5,0
128	238	73	46	25	73	16	6	5		+	<2,5
129	234	55	26	4	138	11	4	<3		+	<2,5
130	210	69	30	15	86	10	5	5		+	2,5
131	179	59	24	12	74	10	7	<3		+	<2,5
132	199	70	35	10	71	13	5	<3		+	<2,5
133	200	61	30	3	93	8	3	<3		+	<2,5
134	185	64	23	3	87	8	6	4		0	<2,5
135	265	66	38	10	135	16	3	3		+	<2,5
136	309	48	52	6	193	10	6	<3		+	<2,5

Proben- nummer	HM	AAS ANALYSEN DATEN					DITHIZON ANALYSEN DATEN				
		Cu (Angaben in ppm)	Ni	Pb	Zn	Co	Sedimentdaten cxHM	Sedimentdaten cxCu	Wasserdaten beschaff.	Wasserdaten (Angaben in ppb) cxHM	
137	247	71	55	8	97	16	6	<3	0	2,5	
138	582	114	81	11	151	25	9	6	0	2,5	
139	718	206	34	8	450	20	7	5	+	2,5	
140	254	76	44	15	103	16	5	<3	+	<2,5	
141	331	110	51	18	132	20	9	5	0	<2,5	
142	295	96	33	18	104	44	5	<3	--	2,5	
143	510	325	46	21	86	32	Bodenprobe				
144	562	177	27	13	127	18	3	<3	-	2,5	
145	694	572	35	9	52	26	Bodenprobe				
145.1	439	146	26	11	240	16	<3	<3	-	5,0	
146	491	304	48	17	91	31	Bodenprobe				
147	785	585	49	25	89	37	Bodenprobe				
148	134	53	25	1	43	12	<3	<3	+	<2,5	
149	194	81	33	2	59	19	5	3	0	<2,5	
150	453	362	25	3	56	7	14	11	++	10,0	
151	351	214	34	12	67	24	5	5	+	2,5	
152	270	174	27	4	48	17	<3	<3	+	2,5	

Proben- nummer	HM	AAS ANALYSEN DATEN					DITHIZON ANALYSEN DATEN				
		(Angaben in ppm)			Zn	Co	Sedimentdaten (Angaben in ppm)		Sediment- beschaff.	Wasserdaten (Angaben in ppb)	
		Cu	Ni	Pb			cxHM	cxCu			cxHM
153	270	189	25	2	42	12	3	<3	0	<2,5	
154	493	182	36	8	250	17	4	3	0	2,5	
155	105	36	22	2	37	8	5	4	+	<2,5	
156	106	24	14	3	57	8	<3	<3	+	<2,5	
157	409	312	69	4	18	6	20	19	--	2,5	
158	189	119	21	1	36	12	3	<3	+	<2,5	
159	225	153	20	4	37	11	3	4	0	<2,5	
160	193	122	16	9	35	11	5	4	+	<2,5	
161	373	283	20	11	46	13	5	5	-	<2,5	
162	430	321	29	7	58	15	5	<3	+	<2,5	
163	491	341	39	16	71	24	5	6	+	<2,5	
164	246	159	35	5	32	15	4	5	+	2,5	
165	847	467	21	162	179	18	9	8	--	<2,5	
166	481	335	30	3	95	18	5	4	+	<2,5	
167	577	463	24	9	66	15	7	6	+	<2,5	
168	498	382	20	25	58	13	9	7	+	<2,5	
169	473	306	31	19	93	24	9	7	+	<2,5	

Proben- nummer	HM	AAS ANALYSEN DATEN					DITHIZON ANALYSEN DATEN				
		(Angaben in ppm)	Cu	Ni	Pb	Zn	Co	Sedimentdaten cxHM	(Angaben in ppm) cxCu	Sediment- beschaff.	Wasserdaten (Angaben in ppb) cxHM
170	266	178	20	10	43	15	4	3	-		<2,5
171	256	113	44	11	72	16	5	5	+		5,0
172	228	117	43	6	59	3	4	3	+		<2,5
173	138	50	21	5	61	1	<3	<3	+		<2,5
174	234	104	26	5	95	4	4	<3	+		<2,5
175	332	211	32	8	61	20	<3	<3	+		<2,5
176	352	255	28	3	47	19	<3	<3	+		<2,5
177	437	310	31	7	66	23	5	4	+		<2,5
178	414	279	32	13	70	20	9	6	0		<2,5
179	557	394	34	32	77	20	11	9	0		2,5
180	865	381	42	270	149	23	9	7	-		2,5
181	618	396	41	35	117	29	10	6	-		5,0
182	782	453	53	60	178	38	10	9	-		2,5
183	645	423	54	22	116	30	9	5	--		<2,5
184	2247	312	59	86	1750	40	6	5	--		<2,5
185	300	130	62	4	79	25	4	3	0		<2,5
186	1951	343	79	38	1450	41	8	5	--		<2,5

Proben- nummer	HM	AAS ANALYSEN DATEN					DITHIZON ANALYSEN DATEN				
		(Angaben in ppm)		Pb	Zn	Co	Sedimentdaten (Angaben in ppm)		Sediment- beschaff.	Wasserdaten (Angaben in ppb)	cxHM
		Cu	Ni				cxHM	cxCu			cxHM
187	538	312	64	34	97	31	5	4	-	< 2,5	
188	465	265	71	14	87	28	5	3	+	2,5	
189	261	137	47	6	53	18	4	< 3	+	2,5	
189.1	468	357	30	26	40	15	Bodenprobe				
190	702	355	74	33	210	30	7	5	0	2,5	
191	538	222	26	11	60	19	6	6	0	2,5	
192	231	43	41	6	128	13	8	5	+	5,0	
193	196	75	45	7	60	9	5	3	+	5,0	
194	263	85	40	8	114	16	3	< 3	0	< 2,5	
195	455	305	43	18	65	24	Bodenprobe				
196	1341	65	28	14	1220	14	< 3	< 3	+	2,5	
197	118	35	35	8	29	11	Bodenprobe				
198	202	86	30	10	63	13	< 3	< 3	+	2,5	
199	695	82	31	14	550	18	10	4	--	< 2,5	
200	901	118	33	12	72P	18	5	4	-	5,0	
201	483	368	26	14	57	18	16	16	+	< 2,5	
202	297	178	25	22	48	24	4	3	+	5,0	

Proben- nummer	HM	AAS ANALYSEN-DATEN					DITHIZON ANALYSEN-DATEN				
		(Angaben in ppm)			Zn	Co	Sedimentdaten (Angaben in ppm)		Sediment- beschaff.	Wasserdaten (Angaben in ppb)	
		Cu	Ni	Pb			cxHM	cxCu			cxHM
203	631	134	60	21	400	16	6	3	0	2,5	
204	534	12	22	8	480	12	<3	<3	0	<2,5	
205	134	45	22	3	56	8	5	4	+	<2,5	
206	227	106	27	4	75	15	5	5	0	<2,5	
207	265	181	19	15	30	20	3	2	+	2,5	
208	186	108	17	17	27	17	<2	<2	+	2,5	
209	345	188	36	18	75	28	4	2	+	2,5	
210	292	122	23	12	112	18	4	3	+	2,5	
211	244	128	30	17	51	18	3	<2	+	2,5	
212	239	109	42	13	48	27	3	<2	+	2,5	
213	449	220	42	17	142	28	5	5	0	2,5	
214	481	278	43	10	125	25	5	5	0	2,5	
215	283	100	51	14	94	24	5	4	+	2,5	
216	352	150	77	10	77	38	Bodenprobe				
217	354	143	55	25	104	27	5	4	+	2,5	
218	380	199	49	23	74	35	Bodenprobe				
219	321	162	39	20	69	31	Bodenprobe				

Proben- nummer	AAS ANALYSEN DATEN						DITHIZON ANALYSEN DATEN					
	HM	(Angaben in ppm)			Zn	Co	Sedimentdaten (Angaben in ppm)		Sediment- beschaff.	Wasserdaten (Angaben in ppb)		
		Cu	Ni	Pb			cxHM	cxCu		cxHM		
220	347	131	49	27	67	23	Bodenprobe					
221	369	122	72	10	137	28	<3	<3	+		2,5	
222	263	70	57	12	91	33	<3	<3	++		<2,5	
223	267	90	32	34	88	23	Bodenprobe					
224	348	166	48	20	91	23	Bodenprobe					
225	377	145	102	15	83	32	Bodenprobe					
226	301	124	39	17	91	30	6	4	0		<2,5	
227	163	46	32	6	56	23	<3	<3	+		<2,5	
228	273	165	29	19	43	17	Bodenprobe					
229	395	195	55	28	76	41	10	5	-		2,5	
230	282	105	53	20	74	30	Bodenprobe					
231	204	58	55	10	57	24	4	<3	+		2,5	
232	168	61	38	15	39	15	3	<3	0		2,5	
233	182	76	43	9	40	14	<3	<3	0		2,5	
234	293	123	56	15	74	25	Bodenprobe					
235	144	58	35	5	35	11	<3	<3	0		2,5	
236	366	196	40	12	86	31	Bodenprobe					

Proben- nummer	HM	AAS ANALYSEN DATEN					DITHIZON ANALYSEN DATEN				
		Cu (Angaben in ppm)	Ni	Pb	Zn	Co	Sedimentdaten cxHM	Sedimentdaten cxCu	beschaff.	Wasserdaten (Angaben in ppb) cxHM	
237	425	100	190	8	84	43	5	3	+	2,5	
238	457	128	207	10	72	40	<3	<3	+	2,5	
239	170	43	69	10	33	15	3	3	0	2,5	
240	323	109	116	13	60	25	5	3	0	2,5	
241	424	207	114	8	73	22	7	7	+	2,5	
242	183	74	50	6	45	13	5	4	0	5,0	
243	229	87	60	7	57	18	8	4	0	5,0	
244	338	46	33	5	240	14	3	<3	+	2,5	
245	219	12	16	10	172	9	5	3	+	2,5	
246	190	34	44	11	70	31	Bodenprobe				
247	367	150	47	15	134	21	12	3	0	2,5	
248	557	266	61	39	160	31	14	3	0	2,5	
249	485	193	65	39	157	31	28	8	0	2,5	
250	139	65	17	8	39	10	7	3	0	2,5	
251	490	232	71	25	155	27	8	4	0	2,5	
252	629	330	82	24	160	33	22	10	0	2,5	
253	718	382	109	24	163	40	22	18	0	2,5	

Proben- nummer	HM	AAS ANALYSEN-DATEN					DITHIZON ANALYSEN-DATEN				
		Cu (Angaben in ppm)	Ni	Pb	Zn	Co	Sedimentdaten cxHM	Sedimentdaten cxCu	Sediment- beschaff.	Wasserdaten (Angaben in ppb) cxHM	
254	313	164	41	13	76	19	7	4	0	2,5	
255	330	169	46	11	85	19	8	7	0	2,5	
256	277	56	36	39	129	17	8	<3	0	2,5	
257	292	76	34	48	118	16	7	<3	0	2,5	
258	55	8	11	7	27	2	Bodenprobe				
259	145	46	23	8	54	12	Bodenprobe				
260	146	29	19	10	80	8	Bodenprobe				
261	63	15	10	7	27	4	Bodenprobe				
262	364	164	34	32	120	14	6	<3	0	2,5	
263	292	110	30	16	116	20	7	3	0	2,5	
264	229	85	27	5	98	14	7	6	0	2,5	
265	526	283	58	18	149	18	16	7	0	5,0	
266	431	261	36	20	101	13	22	7	0	5,0	
267	653	418	48	35	129	23	32	14	0	5,0	
268	889	699	48	22	103	17	24	21	0	5,0	
269	759	580	38	14	107	20	35	28	0	10,0	
270	956	827	30	24	64	11	22	10	0	2,5	

Proben- nummer	HM	AAS ANALYSEN DATEN					DITHIZON ANALYSEN DATEN				
		(Angaben in ppm)			Zn	Co	Sedimentdaten (Angaben in ppm) cxHM		Sediment- beschaff. cxCu	Wasserdaten (Angaben in ppb) cxHM	
271	454	286	38	32	86	12	3	<3	0	2,5	
272	317	148	43	28	75	18	3	<3	0	2,5	
273	364	190	42	28	89	15	3	<3	0	2,5	
274	527	356	37	20	100	14	25	16	0	2,5	
274.1	531	460	19	12	32	8	Bodenprobe				
275	221	92	32	12	68	17	4	<3	0	2,5	
276	357	174	47	21	83	27	8	4	0	2,5	
277	341	193	45	15	70	18	3	<3	0	5,0	
278	34	8	6	8	11	1	Bodenprobe				
279	172	26	34	12	81	19	<3	<3	0	2,5	
280	155	67	39	7	33	9	Bodenprobe				
281	292	160	19	14	83	11	Bodenprobe				
282	185	100	29	15	33	6	<3	<3	0	2,5	
283	192	66	28	14	63	21	Bodenprobe				
284	99	43	22	5	21	8	Bodenprobe				
285	472	243	46	61	87	35	5	3	0	2,5	
286	290	173	32	11	55	19	<3	<3	0	2,5	

Proben- nummer	HM	AAS ANALYSEN DATEN					DITHIZON ANALYSEN DATEN				
		Cu (Angaben in ppm)	Ni	Pb	Zn	Co	Sedimentdaten cxHM	Sediment- beschaff. cxCu	Sediment- beschaff.	Wasserdaten (Angaben in ppb) cxHM	
287	426	252	45	25	77	27	Bodenprobe				
288	540	227	65	73	129	46	5	<3	0	2,5	
289	383	182	47	28	93	33	3	<3	0	2,5	
290	279	125	46	18	68	22	3	<3	0	2,5	
291	268	113	52	18	62	23	3	<3	0	2,5	
292	412	234	45	16	94	23	14	10	-	5,0	
293	275	132	55	10	56	22	7	5	0	2,5	
294	225	91	48	10	50	26	5	4	0	2,5	
295	251	109	58	10	62	12	5	5	-	2,5	
296	201	79	66	6	35	15	<3	<3	+	2,5	
297	477	83	226	15	104	49	3	<3	+	2,5	
298	204	60	60	10	56	18	3	<3	+	2,5	
299	168	22	87	8	36	15	<3	<3	+	<2,5	
300	377	183	62	13	82	37	4	<3	0	<2,5	
301	178	63	38	4	48	20	<3	<3	+	2,5	
302	345	177	46	13	80	29	<3	<3	+	<2,5	
303	329	158	52	18	75	26	Bodenprobe				

Proben- nummer	HM	AAS ANALYSEN DATEN					DITHIZON ANALYSEN DATEN				
		(Angaben in ppm)					Sedimentdaten (Angaben in ppm)		Sediment- beschaff.	Wasserdaten (Angaben in ppb)	
		Cu	Ni	Pb	Zn	Co	cxHM	cxCu			
304	528	203	101	121	63	40	Bodenprobe				
305	314	145	49	31	61	28	3	<3	++	2,5	
306	259	60	58	23	80	38	<3	<3	0	<2,5	
307	302	140	51	12	68	31	Bodenprobe				
308	248	80	49	15	76	28	<3	<3	-	<2,5	
309	291	81	36	20	139	15	<3	<3	+	<2,5	
310	237	105	40	14	54	24	<3	<3	-	2,5	
311	214	73	49	13	54	25	Bodenprobe				
312	184	63	39	33	32	17	<3	<3	+	<2,5	
313	264	144	37	20	44	19	Bodenprobe				
314	221	76	40	19	61	25	<3	<3	+	<2,5	
315	294	115	54	18	63	44	Bodenprobe				
316	582	177	55	9	310	31	4	<3	+	2,5	
317	295	148	46	13	65	23	Bodenprobe				
318	491	269	61	14	113	34	Bodenprobe				
319	175	61	32	10	53	19	5	3	++	<2,5	
320	428	207	48	11	140	22	5	3	+	2,5	

Proben- nummer	HM	AAS ANALYSEN-DATEN					DITHIZON ANALYSEN-DATEN				
		Cu (Angaben in ppm)	Ni	Pb	Zn	Co	Sedimentdaten (Angaben in ppm) cxHM	Sediment- beschaff. cxCu	Sediment- beschaff. cxHM	Wasserdaten (Angaben in ppb) cxHM	
321	669	150	60	9	420	30	3	3	+	2,5	
322	816	219	54	13	500	30	<3	<3	+	2,5	
323	280	103	87	20	46	24	6	6	-	<2,5	
324	213	98	31	8	51	25	<3	<3	-	<2,5	
325	479	234	80	19	95	51	<3	<3	+	2,5	
326	kein Sediment						<3	<3		<2,5	
327	139	53	26	5	37	18	4	<3	-	<2,5	
328	106	37	23	5	31	10	<3	<3	-	2,5	
329	172	66	28	14	39	25	3	<3	+	<2,5	
330	92	37	19	6	17	13	<3	<3	-	<2,5	
331	108	44	15	11	23	15	<3	3	++	<2,5	
332	112	40	13	11	18	30	<3	<3	+	2,5	
333	150	67	19	14	31	19	<3	<3	+	<2,5	
334	144	76	19	10	22	17	<3	<3	0	<2,5	
335	150	74	23	9	30	14	3	<3	+	kein Wasser	
336	102	41	28	4	20	9	Bodenprobe				
337	356	68	37	5	230	16	7	<3	0	<2,5	

Proben- nummer	AAS ANALYSEN DATEN						DITHIZON ANALYSEN DATEN					
	HM	(Angaben in ppm)			Zn	Co	Sedimentdaten (Angaben in ppm)		Sediment- beschaff.	Wasserdaten (Angaben in ppb)		
		Cu	Ni	Pb			cxHM	cxCu				
338	448	216	69	18	98	47	Bodenprobe					
339	728	456	88	20	105	59	Bodenprobe					
340	215	90	50	8	48	19	3	<3	+	2,5		
341	278	134	48	5	68	23	<3	<3	0	2,5		
342	203	111	23	20	37	12	Bodenprobe					
343	504	268	73	21	92	45	Bodenprobe					
344	624	401	71	12	100	40	3	<3	0	<2,5		
345	210	68	62	5	49	26	<3	<3	++	2,5		
346	248	106	41	23	50	28	4	<3	0	2,5		
347	131	55	21	9	25	21	<3	<3	+	2,5		
348	171	66	29	14	35	27	<3	<3	-	2,5		
349	216	86	40	15	47	28	<3	<3	++	2,5		
350	334	225	59	16	39	15	Bodenprobe					
351	231	86	58	15	49	23	Bodenprobe					
352	233	72	72	14	50	25	<3	<3	+	2,5		
353	266	108	61	9	59	29	3	<3	0	2,5		
354	238	64	60	25	59	30	3	<3	0	2,5		

Proben- nummer	HM	AAS ANALYSEN DATEN					DITHIZON ANALYSEN DATEN				
		Cu (Angaben in ppm)	Ni	Pb	Zn	Co	Sedimentdaten exHM	(Angaben in ppm) exCu	Sediment- beschaff.	Wasserdaten (Angaben in ppb) exHM	
355	263	105	49	18	63	28	3	<3	+	2,5	
356	318	140	60	17	67	34	3	<3	+	2,5	
357	291	124	57	16	64	30	3	<3	+	2,5	
358	215	111	40	5	41	18	Bodenprobe				
359	229	102	46	12	46	23	5	3	-	2,5	
360	547	339	52	27	73	56	5	4	-	2,5	
361	258	136	37	16	42	27	<2	<2	++	2,5	
362	303	180	44	10	49	20	Bodenprobe				
363	561	372	51	30	77	31	4	2	-	<2,5	
364	228	116	30	15	40	27	<2	<2	+	<2,5	
365	320	151	43	10	93	23	Bodenprobe				

A 2 Bachsedimentprobenpunkte der Kupferanomalie Nord  
(Anzahl = 100)

70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 93, 94, 95, 96, 97,  
98, 99, 100, 101, 115 - 196

A 3 Bachsedimentproben der Kupferanomalie Südwest  
(Anzahl = 28)

247 - 274

A 4 Bachsedimentproben der Kupferanomalie Ost  
(Anzahl = 30)

Einheit 1 (Anzahl = 22)

1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31,  
33, 35, 37, 39, 41, 43, 44, 45

Einheit 2 (Anzahl = 8)

11, 13, 14, 16, 20, 21, 22, 23

A 5 Metallkonzentrationen (ppm) der Bodenproben in  
Netz Nord

Probenpunkt	Zink	Kupfer	Nickel
PROBE 1	29.403	8.564	19.354
PROBE 2	82.061	16.972	49.176
PROBE 3	90.758	75.073	66.662
PROBE 5	114.420	25.173	50.926
PROBE 6	121.128	673.429	89.655
PROBE 7	134.712	282.997	79.465
PROBE 8	152.767	251.963	71.413
PROBE 9	118.753	330.035	76.874
PROBE 10	68.378	61.705	53.375
PROBE 11	127.254	319.315	77.050
PROBE 12	127.876	368.369	83.262
PROBE 13	123.054	346.965	95.919
PROBE 14	197.326	404.476	80.004
PROBE 15	101.468	222.716	64.378
PROBE 16	161.493	443.762	99.043
PROBE 17	76.319	102.819	49.446
PROBE 18	73.401	158.536	73.955
PROBE 19	77.217	203.351	53.229
PROBE 20	62.129	114.764	37.549
PROBE 21	127.444	137.131	75.289
PROBE 22	45.089	92.192	51.774
PROBE 23	38.473	56.939	21.561
PROBE 24	104.264	275.671	75.151
PROBE 25	40.453	88.165	43.766
PROBE 29 ?	131.073	1204.213	85.670
PROBE 30	100.331	528.180	53.450
PROBE 31	80.767	203.191	77.928
PROBE 32	96.910	202.228	75.942
PROBE 33	134.266	256.485	65.894
PROBE 34	136.437	513.953	84.678
PROBE 35	134.257	364.313	94.291
PROBE 36	135.339	306.066	76.931
PROBE 37	87.132	266.067	69.141
PROBE 38	71.114	52.264	35.200
PROBE 39	130.750	266.857	67.295
PROBE 40	132.005	303.467	83.205
PROBE 41	99.628	316.429	69.013
PROBE 42	73.648	207.200	53.324
PROBE 43	106.624	63.322	54.681
PROBE 44	72.701	12.497	277.493
PROBE 45	101.460	160.814	67.500
PROBE 45 ]	101.315	160.758	70.050
PROBE 46	85.130	144.085	74.542
PROBE 47	90.152	51.502	56.527
PROBE 48	197.676	276.352	97.345
PROBE 49	154.617	105.693	76.623
PROBE 50	42.107	13.016	34.702
PROBE 51	146.495	89.835	76.321
PROBE 52	125.666	84.359	83.473
PROBE 54	119.565	921.213	95.794
PROBE 55	150.435	602.821	113.760
PROBE 56	125.745	182.272	69.083
PROBE 57	141.352	240.276	73.520
PROBE 58	77.153	52.039	43.523
PROBE 59	120.920	210.360	74.728

PROBE 60	155.945	176.729	74.225
PROBE 61	130.635	323.193	77.677
PROBE 62	142.224	256.870	82.975
PROBE 63	81.690	40.273	50.614
PROBE 64	106.213	251.116	68.497
PROBE 65	122.565	313.733	72.336
PROBE 66	124.065	398.354	94.325
PROBE 67	75.536	203.495	61.923
PROBE 68	124.896	202.251	70.974
PROBE 69	85.952	287.235	104.398
PROBE 70	96.315	474.223	78.694
PROBE 71	92.951	296.756	68.487
PROBE 72	86.441	330.087	105.536
PROBE 73	85.855	225.295	65.653
PROBE 74	103.129	289.473	53.382
PROBE 75	85.320	336.860	94.901
PROBE 76	71.188	532.143	72.208
PROBE 77	112.190	175.109	55.812
PROBE 78	85.478	331.413	126.331
PROBE 79	106.261	1386.322	90.102
PROBE 80	67.130	135.898	48.422
PROBE 81	111.904	473.287	72.379
PROBE 82	62.621	46.202	40.263
PROBE 83	114.809	772.155	75.137
PROBE 84	63.987	221.445	36.137
PROBE 85	68.595	97.738	41.035
PROBE 86	158.761	383.862	79.240
PROBE 87	114.150	359.110	73.307
PROBE 88	138.448	432.962	83.101
PROBE 89	118.500	390.922	73.372
PROBE 90	166.667	293.833	75.043
PROBE 91	94.995	82.846	64.180
PROBE 92	120.219	363.397	72.027
PROBE 93	120.384	354.490	72.015
PROBE 94	100.798	302.571	113.401
PROBE 95	123.051	439.454	94.480
PROBE 96	72.995	63.602	52.063
PROBE 97	51.536	9.610	32.935
PROBE 98	68.304	26.267	46.030
PROBE 100	136.758	94.394	81.408
PROBE 101	89.654	52.388	65.888
PROBE 102	143.132	103.777	85.092
PROBE 103	51.966	30.049	140.524
PROBE 104	41.051	10.381	21.933
PROBE 105	140.801	335.215	72.867
PROBE 106	458.380	413.962	102.061
PROBE 107	134.352	499.357	84.040
PROBE 108	162.190	334.790	79.240
PROBE 109	141.595	293.652	465.245
PROBE 110	133.493	269.558	67.606
PROBE 111	133.955	381.040	73.459
PROBE 112	138.212	441.855	82.067
PROBE 113	2455.235	616.515	83.339
PROBE 114	138.046	391.681	73.710
PROBE 115	99.201	549.511	79.006
PROBE 116	94.190	213.040	67.339
PROBE 117	68.726	344.623	50.354
PROBE 118	111.228	329.080	70.727
PROBE 119	129.686	313.534	67.952
PROBE 120	125.248	561.014	67.100
PROBE 121	72.768	266.484	61.599
PROBE 122	89.866	295.593	77.540
PROBE 123	89.371	376.887	101.486
PROBE 125	120.250	247.280	95.347
PROBE 126	111.765	578.782	83.011

PROBE 127	89.976	331.647	73.436
PROBE 128	95.261	241.819	65.597
PROBE 129	81.675	166.571	51.333
PROBE 130	109.799	710.647	57.553
PROBE 133	122.406	910.504	81.613
PROBE 134	150.325	280.071	108.046
PROBE 135	123.487	701.637	56.930
PROBE 137	101.881	425.225	67.848
PROBE 138	87.710	217.846	55.922
PROBE 139	87.083	123.945	53.604
PROBE 140	149.397	658.094	70.684
PROBE 141	116.596	172.249	65.812
PROBE 142	126.591	628.795	73.494
PROBE 143	45.280	44.691	56.726
PROBE 144	148.083	549.360	88.454
PROBE 145	123.145	213.182	71.472
PROBE 146	96.049	105.824	53.816
PROBE 147	58.880	110.819	42.361
PROBE 148 A	156.537	71.870	59.464
PROBE 149	162.459	333.351	97.044
PROBE 150	165.223	44.732	81.056
PROBE 154	105.680	172.274	68.644
PROBE 155	80.555	86.526	53.047
PROBE 156	55.167	21.711	39.227
PROBE 159	137.792	443.133	67.559
PROBE 160	70.319	142.040	64.602
PROBE 161	94.926	288.151	66.352
PROBE 162	136.907	623.244	80.372
PROBE 163	136.293	652.883	78.120
PROBE 164	149.049	304.240	73.784
PROBE 165	101.688	226.453	70.257
PROBE 166	75.184	278.181	58.908
PROBE 167	65.687	227.564	68.262
PROBE 168	58.461	145.055	59.098
PROBE 169	47.367	112.152	44.323
PROBE 170	91.371	417.410	77.796
PROBE 171	368.615	448.692	97.171
PROBE 172	119.488	636.030	83.251
PROBE 173	56.022	75.614	40.919
PROBE 174	124.035	628.443	86.312
PROBE 175	81.328	123.972	83.202
PROBE 176	130.306	424.705	96.542
PROBE 177	104.066	332.767	83.972
PROBE 178	78.124	271.656	93.500
PROBE 179	70.336	87.956	61.010
PROBE 180	87.466	234.839	58.025
PROBE 181	106.372	1356.121	68.110
PROBE 184	136.550	553.672	62.365
PROBE 185	85.893	378.065	68.364
PROBE 186	83.442	259.274	59.097
PROBE 187	157.657	208.971	68.577
PROBE 188	92.428	142.567	73.807
PROBE 189	89.305	253.358	68.608
PROBE 190	134.493	522.644	70.941
PROBE 191	154.590	578.369	74.921
PROBE 192	63.151	167.386	75.632
PROBE 193	47.998	91.742	36.425
PROBE 194	74.609	514.680	62.883
PROBE 195	210.350	488.085	124.401
PROBE 196	129.165	441.683	80.915
PROBE 197	102.871	142.946	73.335
PROBE 198	105.876	203.825	57.259
PROBE 199	105.435	78.791	55.137
PROBE 200	149.714	255.726	106.792
PROBE 201	196.852	307.914	98.324

PROBE 202	147.671	136.667	75.224
PROBE 203	163.360	155.410	87.251
PROBE 204	151.361	94.599	69.195
PROBE 205	65.814	57.099	45.406
PROBE 206	105.247	420.788	88.761
PROBE 207	107.578	284.956	66.090
PROBE 208	103.301	283.295	65.775
PROBE 209	136.433	242.987	67.911
PROBE 210	75.736	70.683	45.541
PROBE 211	113.413	1553.945	77.596
PROBE 212	145.528	623.862	70.376
PROBE 214	97.790	217.122	52.468
PROBE 215	115.436	607.733	56.924
PROBE 216	73.891	224.369	54.364
PROBE 217	70.170	300.850	83.246
PROBE 218	86.525	151.012	52.029
PROBE 219	108.677	358.613	65.415
PROBE 220	68.060	260.982	56.408
PROBE 221	80.292	305.786	91.579
PROBE 222	81.016	291.154	101.182
PROBE 223	89.351	579.412	56.212
PROBE 224	74.079	102.130	86.374
PROBE 225	253.697	183.851	61.552
PROBE 227	84.201	356.783	61.503
PROBE 228	96.102	224.683	83.954
PROBE 229	72.479	71.692	21.740
PROBE 230	59.643	212.402	33.466
PROBE 231	76.870	96.915	45.634
PROBE 232	147.773	296.194	71.007
PROBE 233	60.482	118.979	130.974
PROBE 234	88.511	480.730	231.262
PROBE 235	79.487	164.058	48.303
PROBE 236	71.672	237.374	63.711
PROBE 237	79.296	406.499	100.597
PROBE 238	84.316	512.402	60.178
PROBE 239	116.192	53.482	61.621
PROBE 241	123.726	730.793	66.514
PROBE 242	52.927	117.217	42.616
PROBE 243	106.669	396.005	67.362
PROBE 244	121.367	167.948	73.275
PROBE 245	122.248	309.265	79.146
PROBE 246	108.468	293.973	75.765
PROBE 247	131.501	308.021	79.090
PROBE 248	124.662	215.092	81.141
PROBE 249	106.315	226.129	83.704
PROBE 250	901.708	163.673	202.100
PROBE 251	166.756	310.802	111.624
PROBE 253	119.875	293.105	78.913
PROBE 254	143.367	229.123	84.345
PROBE 255	124.997	90.457	67.662
PROBE 256	83.452	144.069	58.149
PROBE 257	107.508	435.685	75.665
PROBE 258	113.191	311.051	61.972
PROBE 259	144.462	307.622	60.006
PROBE 260	72.326	153.542	69.519
PROBE 261	81.199	1227.573	72.454
PROBE 262	78.380	154.804	133.438
PROBE 264	60.743	106.565	53.750
PROBE 266	81.062	71.075	45.674
PROBE 267	60.156	199.815	61.216
PROBE 268	96.895	454.292	73.064
PROBE 269	122.167	415.166	71.039
PROBE 270	106.174	400.770	34.782
PROBE 272	78.125	519.155	67.660
PROBE 273	67.753	58.908	51.719

PROBE 274	106.317	301.767	76.251
PROBE 275	109.314	238.509	99.318
PROBE 276	58.689	85.565	72.524
PROBE 277	79.094	139.515	92.786
PROBE 280	106.775	339.564	56.847
PROBE 281	83.785	383.171	78.006
PROBE 282	123.254	532.126	72.751
PROBE 283	66.947	134.300	64.804
PROBE 285	70.655	253.755	56.339
PROBE 288	102.585	774.118	75.934
PROBE 289	232.706	424.059	73.746
PROBE 290	72.457	127.266	50.176
PROBE 291	77.866	425.249	58.200
PROBE 292	110.739	885.065	60.639
PROBE 293	96.232	254.962	84.623
PROBE 294	98.372	147.246	77.548
PROBE 295	157.299	317.776	79.404
PROBE 296	100.312	186.740	86.332
PROBE 297	91.748	65.193	66.318
PROBE 299	88.570	91.373	61.528
PROBE 300	137.461	265.010	92.184
PROBE 302	66.153	37.067	45.262
PROBE 303	93.731	138.002	103.271
PROBE 305	109.281	312.172	81.506
PROBE 306	134.676	280.154	89.553
PROBE 307	64.802	70.127	59.761
PROBE 308	143.560	315.186	78.767
PROBE 309	66.845	175.099	65.521
PROBE 310	84.339	178.453	74.169
PROBE 312	78.054	307.688	57.571
PROBE 314	78.472	297.645	52.936
PROBE 315	73.519	307.787	52.167
PROBE 319	66.241	154.507	57.176
PROBE 320	80.042	34.333	65.878
PROBE 321	82.029	12.293	25.505
PROBE 322	75.874	144.258	66.444
PROBE 323	80.577	114.881	80.147
PROBE 324	98.080	238.039	122.335
PROBE 325	98.831	275.239	94.648
PROBE 326	89.327	194.285	84.940
PROBE 327	143.328	745.935	92.811
PROBE 328	89.056	256.919	101.190
PROBE 329	129.877	250.946	59.009
PROBE 331	70.404	260.126	61.804
PROBE 332	78.982	153.562	60.440
PROBE 333	136.126	766.173	71.137
PROBE 334	98.526	922.279	53.445
PROBE 336	79.292	869.273	56.420
PROBE 337	74.780	227.660	59.640
PROBE 338	106.788	667.729	75.454
PROBE 339	67.807	71.395	37.532
PROBE 341	87.534	1127.449	92.792
PROBE 342	134.991	1225.339	112.569
PROBE 343	212.857	238.163	92.576
PROBE 344	96.444	270.081	98.916
PROBE 345	81.602	150.565	56.795
PROBE 346	150.772	334.895	76.781
PROBE 347	97.374	60.889	52.814
PROBE 348	130.425	217.661	63.432
PROBE 349	122.359	140.202	30.062
PROBE 350	125.358	140.484	74.120
PROBE 352	54.210	22.786	54.436
PROBE 354	91.321	129.008	52.159
PROBE 355	70.114	36.501	52.730
PROBE 356	104.622	291.913	74.911

PROBE 357	124.727	384.817	78.879
PROBE 358	94.567	106.175	78.791
PROBE 359	114.194	262.131	75.678
PROBE 360	145.619	597.927	76.755
PROBE 361	85.541	203.219	51.067
PROBE 362	51.275	365.033	44.011
PROBE 363	82.981	394.562	69.902
PROBE 364	71.381	94.174	44.188
PROBE 368	91.190	147.900	48.103
PROBE 370	67.703	151.888	51.771
PROBE 371	103.841	432.903	71.241
PROBE 372	108.080	238.971	63.520
PROBE 373	67.064	117.474	55.210
PROBE 374	97.809	404.454	66.456
PROBE 375	108.912	170.399	107.778
PROBE 377	111.711	208.601	96.377
PROBE 378	89.366	98.734	73.993
PROBE 379	102.397	200.275	81.964
PROBE 380	95.617	193.869	64.813
PROBE 381	117.987	462.522	92.536
PROBE 382	41.320	29.233	1.342
PROBE 383	63.437	224.222	71.471
PROBE 384	121.037	867.352	85.247
PROBE 385	87.907	272.261	56.651
PROBE 386	159.007	392.158	62.210
PROBE 387	139.423	800.501	76.679
PROBE 388	101.817	706.777	58.427
PROBE 389	143.243	871.178	96.138
PROBE 390	83.331	86.924	44.295
PROBE 391	80.226	130.639	63.114
PROBE 392	92.714	118.379	44.375
PROBE 394	142.579	199.489	72.162
PROBE 395	125.964	320.327	94.570
PROBE 396	139.683	308.312	103.257
PROBE 397	130.930	253.943	105.221
PROBE 399	119.746	92.015	72.009
PROBE 400	150.317	65.994	68.180
PROBE 401	179.037	170.826	72.822
PROBE 402	96.420	33.017	68.753
PROBE 403	76.301	21.445	42.579
PROBE 404	112.583	92.449	83.478
PROBE 405	78.735	50.331	50.204
PROBE 406	91.158	157.803	97.053
PROBE 407	112.090	245.462	76.997
PROBE 409	56.408	41.606	37.001
PROBE 411	54.320	93.623	57.761
PROBE 412	104.633	214.922	58.167
PROBE 413	91.794	404.348	81.099
PROBE 416	145.179	746.805	116.293
PROBE 417	92.350	301.154	86.141
PROBE 418	100.327	151.633	91.272
PROBE 419	90.277	91.291	72.911
PROBE 420	113.540	493.566	110.260
PROBE 421	139.152	323.602	112.122
PROBE 422	79.622	211.935	77.524
PROBE 426	106.256	154.342	89.774
PROBE 427	78.046	195.925	60.020
PROBE 428	67.561	124.405	53.116
PROBE 429	84.057	353.858	61.046
PROBE 430	92.740	183.390	60.246
PROBE 431	86.683	229.662	69.649
PROBE 432	79.831	488.016	86.163
PROBE 433	86.615	266.148	59.111
PROBE 434	77.361	151.131	64.781

PROBE 435	123.545	1116.102	106.579
PROBE 436	67.427	42.073	42.933
PROBE 437	140.539	382.715	62.110
PROBE 438	101.550	432.645	58.629
PROBE 439	91.549	97.790	53.782
PROBE 440	155.056	398.493	33.624
PROBE 441	113.126	451.309	99.803
PROBE 442	111.225	105.206	69.811
PROBE 443	121.443	470.635	90.708
PROBE 444	135.283	682.112	98.064
PROBE 445	165.872	406.691	89.936
PROBE 446	105.651	195.707	91.387
PROBE 447	111.307	213.952	92.204
PROBE 448	142.643	169.715	84.235
PROBE 450	126.284	30.396	81.943
PROBE 451	46.524	3.891	32.502
PROBE 452	84.841	18.199	63.597
PROBE 453	78.542	20.017	100.877
PROBE 454	118.898	179.969	78.569
PROBE 455	105.093	147.434	86.929
PROBE 456	119.856	313.506	100.072
PROBE 457	129.463	724.405	75.381
PROBE 459	109.741	316.111	75.867
PROBE 460	113.101	439.573	81.842
PROBE 461	79.078	147.154	63.316
PROBE 462	85.974	855.036	67.510
PROBE 463	90.266	277.853	66.397
PROBE 464	51.112	139.644	44.139
PROBE 465	114.231	461.346	65.785
PROBE 466	81.996	250.264	65.395
PROBE 468	88.704	117.216	47.724
PROBE 469	93.692	783.522	67.743
PROBE 470	104.675	322.977	55.455
PROBE 471	147.461	657.047	78.997
PROBE 472	127.177	385.885	113.955
PROBE 473	107.164	115.610	131.852
PROBE 474	95.237	711.382	94.142
PROBE 475	123.301	507.434	123.569
PROBE 476	108.098	122.363	141.077
PROBE 477	77.736	161.598	71.353
PROBE 478	123.203	178.749	92.708
PROBE 479	92.966	160.821	61.597
PROBE 480	125.892	494.696	76.185
PROBE 481	77.944	157.843	63.906
PROBE 482	87.079	182.626	116.522
PROBE 483	112.656	402.371	157.907
PROBE 484	112.519	134.964	59.090
PROBE 485	96.942	383.385	110.746
PROBE 486	111.875	470.664	157.023
PROBE 487	75.793	119.096	57.851
PROBE 488	75.258	314.189	71.412
PROBE 489	124.853	364.746	91.379
PROBE 490	102.378	277.002	113.243
PROBE 491	99.060	36.153	133.296
PROBE 492	140.889	1787.955	91.744
PROBE 493	113.532	218.927	91.533
PROBE 494	126.217	557.315	105.537
PROBE 495	138.808	404.163	95.326
PROBE 496	134.522	176.562	116.873
PROBE 497	111.343	201.327	137.745
PROBE 498	86.737	62.605	127.926
PROBE 499	52.675	6.834	53.706
PROBE 500	116.354	73.623	98.868

A 6 Metallkonzentrationen (ppm) der Bodenproben in  
Netz Ost

Probenpunkt	Zink	Kupfer	Nickel
A 4	65.641	1620.004	2508.329
A 5	26.434	6.102	52.757
A 7	49.118	36.011	57.497
A 9	816.598	5.701	31.770
A 10	61.752	85.862	78.019
A 11	63.017	84.592	125.519
A 12	165.551	140.601	117.202
A 13	65.039	206.091	97.609
A 14	64.407	60.860	68.894
A 15	55.834	84.804	99.684
A 16	53.363	103.548	155.786
A 17	59.857	112.210	174.358
A 18	43.508	12.617	60.705
A 19	52.111	61.860	111.399
A 20	54.376	137.246	80.280
A 21	31.177	8.463	92.327
A 22	84.622	325.565	208.959
A 23	62.437	24.481	137.239
A 24	199.350	278.770	104.703
A 25	165.807	385.469	70.685
A 28	48.714	18.049	135.748
A 29	69.345	55.539	116.090
A 30	27.103	12.224	54.230
A 31	43.005	7.975	64.331
B 3	104.001	384.927	170.785
B 4	19.511	5.520	20.468
B 5	40.915	18.556	54.750
B 6	41.543	18.826	73.802
B 8	19.245	7.352	31.556
B 9	13.728	19.027	28.418
B 10	59.073	10.258	70.062
B 11	65.008	53.232	92.665
B 12	56.139	39.643	87.899
B 14	50.273	91.321	105.785
B 16	54.568	90.232	137.201
B 18	55.189	74.399	117.430
B 19	49.471	109.151	104.769
B 20	35.308	10.622	59.305
B 21	17.219	5.415	31.247
B 22	31.671	31.350	116.861
B 23	21.656	3.162	45.803
B 24	120.476	145.563	76.855
B 25	61.573	151.743	104.507
B 26	52.812	54.760	124.587
B 27	41.183	15.863	96.325
B 28	73.311	36.232	99.043
B 29	63.869	95.702	132.466
B 30	54.471	62.079	120.725
B 31	47.661	29.210	99.999
C 4	20.113	6.889	13.354
C 7	74.561	190.630	137.957
C 9	65.758	97.107	153.246

C 10	58.411	74.951	59.471
C 11	40.509	30.485	55.935
C 12	70.172	16.099	58.153
C 13	41.788	21.633	76.363
C 14	61.694	73.624	104.764
C 15	56.211	171.690	114.176
C 16	60.348	96.472	85.547
C 17	92.129	97.457	62.430
C 18	126.017	27.606	57.795
C 20	32.214	16.082	76.785
C 21	47.130	32.963	101.307
C 22	99.310	184.916	154.306
C 23	11.522	2.054	24.126
C 24	64.661	6.369	347.067
C 25	92.188	196.838	29.063
C 27	33.323	20.075	56.295
C 28	28.158	9.844	73.221
C 29	13.798	3.401	32.711
C 30	44.216	3.922	27.967
C 31	9.476	2.375	17.501
D 3	39.631	13.365	51.462
D 5	84.971	9.729	143.140
D 7	71.208	103.153	205.222
D 8	149.660	1844.885	79.822
D 9	66.293	63.891	118.336
D 10	57.936	62.031	93.968
D 12	44.323	65.070	75.581
D 14	55.101	30.584	53.275
D 16	68.665	72.007	54.752
D 18	52.851	88.433	131.070
D 19	65.796	80.097	109.973
D 20	46.077	30.374	94.350
D 21	5.402	3.305	15.302
D 23	21.363	4.523	50.812
D 25	34.994	10.159	79.544
D 26	62.263	56.232	152.563
D 27	69.811	40.350	190.416
D 28	49.233	43.881	114.802
D 29	59.471	15.663	153.654
D 30	24.562	4.673	58.147
D 31	36.942	8.620	75.043
E 1	51.341	21.555	63.697
E 2	57.199	455.741	73.565
E 3	27.703	8.701	49.757
E 4	43.543	163.436	42.579
E 5	43.649	15.017	94.577
E 6	46.079	41.693	100.289
E 7	70.990	70.763	112.648
E 8	75.736	69.821	83.593
E 9	69.629	120.040	124.878
E 10	50.185	62.064	91.600
E 11	47.279	50.403	64.147
E 12	60.072	14.815	100.818
E 14	38.162	14.762	56.403
E 15	36.451	22.912	38.198
E 16	57.271	48.765	45.763
E 17	55.992	32.483	60.115
E 18	46.104	12.562	53.115
E 19	73.036	86.070	173.597
E 20	68.061	37.107	137.719
E 24	55.678	10.922	50.403
E 25	56.137	31.510	95.238
E 26	40.179	33.739	87.687
E 27	63.322	109.336	158.495
E 29	54.972	28.919	128.207
E 30	47.747	35.485	128.225

E 31	28.659	12.883	70.981
F 2	93.422	13.224	71.408
F 3	43.596	33.744	29.542
F 4	44.634	9.024	64.701
F 8	75.388	59.673	53.909
F 9	47.798	43.575	99.976
F 10	169.639	92.637	103.385
F 11	109.476	101.760	84.585
F 12	35.332	27.896	48.569
F 13	36.527	12.002	69.054
F 14	11.573	5.803	22.261
F 15	56.719	6.533	80.310
F 16	53.722	44.794	89.046
F 17	67.788	28.801	74.217
F 18	46.641	65.001	110.373
F 19	36.133	12.272	86.356
F 24	22.885	5.843	56.764
F 25	33.972	10.831	119.096
F 26	62.224	67.572	92.610
F 27	40.454	15.935	46.951
F 28	18.257	15.165	32.848
F 30	26.652	10.397	67.899
F 31	18.849	4.599	46.281
G 6	114.829	177.328	70.935
G 7	79.107	46.208	47.564
G 8	40.132	10.420	60.654
G 10	61.204	473.142	54.221
G 11	93.068	51.522	197.305
G 12	49.177	14.385	61.218
G 13	146.894	172.362	122.359
G 14	21.044	12.398	36.935
G 15	26.605	6.560	48.374
G 16	56.768	173.088	127.020
G 17	31.755	11.736	37.981
G 18	48.183	62.707	120.482
G 19	115.456	641.550	179.477
G 20	56.679	49.582	146.445
G 21	77.321	154.732	181.003
G 23	34.627	10.307	37.474
G 24	60.337	49.230	103.520
G 25	25.364	12.276	56.669
G 26	17.421	3.783	38.445
G 27	78.066	120.313	119.718
G 28	73.902	535.256	237.943
G 29	99.851	13.724	446.734
G 30	48.976	37.214	132.699
G 31	76.212	175.240	136.691
H 2	72.702	140.779	50.473
H 3	64.879	52.253	58.502
H 4	108.474	5563.290	90.974
H 5	152.135	35.451	321.780
H 6	40.293	80.624	53.740
H 7	36.045	141.618	60.720
H 8	41.037	28.317	53.860
H 9	52.152	14.192	59.350
H 10	15.796	2.698	28.260
H 11	38.507	54.122	54.742
H 12	71.236	145.345	64.605
H 13	65.072	93.144	103.453
H 15	38.196	29.442	89.827
H 16	54.669	70.407	150.499
H 17	38.263	17.294	74.005
H 18	65.394	24.465	125.333
H 19	45.610	55.224	97.647
H 21	34.155	18.401	85.145
H 22	27.126	4.730	51.483
H 23	49.199	70.648	90.264

H 24	61.611	231.563	107.277
H 25	74.897	45.464	46.960
H 26	70.953	82.209	137.860
H 27	123.068	92.524	382.379
H 29	51.243	68.876	168.440
I 1	74.897	48.473	45.800
I 2	102.580	127.625	82.804
I 4	11.762	13.273	19.973
I 6	105.789	190.533	103.960
I 7	58.382	22.734	55.948
I 8	114.697	102.273	72.631
I 9	137.165	346.528	107.825
I 10	29.317	15.532	53.432
I 11	3.167	2.092	4.908
I 12	18.714	5.365	40.973
I 13	46.483	155.729	114.982
I 14	46.018	78.079	106.711
I 15	44.196	25.882	106.994
I 16	30.384	65.375	38.802
I 18	39.169	26.253	91.099
I 19	41.080	40.373	89.941
I 21	14.536	2.222	30.872
I 23	125.878	183.167	213.135
I 24	113.506	263.610	22.626
I 25	114.237	14.744	51.873
I 26	72.528	43.809	171.097
I 27	56.056	16.551	165.169
I 28	63.805	60.842	182.433
I 29	60.781	65.047	140.409
K 1	80.049	96.999	48.947
K 2	52.948	69.008	35.418
K 3	50.682	14.394	30.760
K 4	67.820	210.089	72.211
K 5	18.373	13.123	29.435
K 7	60.726	10.782	38.167
K 10	28.370	4.871	22.315
K 11	95.088	208.497	70.908
K 12	59.246	99.212	102.920
K 13	63.438	54.051	90.092
K 14	49.759	57.711	113.930
K 15	61.345	65.643	100.633
K 16	53.649	95.151	149.977
K 17	11.124	2.976	15.321
K 18	53.889	113.640	157.540
K 19	32.854	39.513	80.353
K 20	36.281	20.457	39.932
K 23	90.846	52.931	76.268
K 24	57.429	17.104	41.274
K 25	22.267	3.446	49.588
K 26	107.761	101.403	246.074
K 27	91.652	423.173	269.323
K 28	9.115	2.636	19.942
K 29	34.636	32.863	89.392
K 30	31.201	24.798	79.481
K 31	27.255	10.506	63.360
L 2	6.332	5.431	3.473
L 4	95.978	139.129	173.670
L 5	32.438	31.973	28.253
L 9	219.489	362.575	43.703
L 13	48.052	177.822	64.380
L 14	69.677	50.571	73.089
L 15	46.826	114.368	87.615
L 16	50.514	73.363	141.321
L 17	20.268	19.614	57.142
L 18	55.181	130.220	166.941
L 19	19.518	11.070	52.273

L 20	14.957	3.602	29.811
L 21	12.580	4.598	24.232
L 22	31.641	16.054	77.472
L 23	138.030	194.601	51.138
L 24	39.362	18.618	78.446
L 25	33.870	25.679	45.650
L 27	43.055	32.957	104.391
L 28	9.599	2.558	12.817
L 29	17.341	2.741	39.277
L 30	19.631	7.537	43.240
L 31	30.545	24.343	70.576
M 1	68.347	22.352	33.569
M 3	18.246	21.914	29.413
M 4	16.928	7.823	30.319
M 5	31.218	23.955	57.734
M 6	8.434	4.775	12.562
M 7	54.874	38.215	53.414
M 9	16.751	5.684	19.321
M 12	37.486	48.233	68.521
M 13	56.482	24.807	48.540
M 15	46.325	71.747	94.346
M 16	77.445	59.089	75.380
M 17	45.846	31.569	67.172
M 18	24.256	10.719	47.679
M 20	41.691	46.785	57.297
M 21	39.898	31.453	99.551
M 25	23.275	2.024	64.192
M 26	19.309	2.590	53.015
M 27	42.718	19.399	98.539
M 28	19.233	3.006	42.779
M 29	34.101	37.373	89.312
M 30	29.578	9.036	46.723
M 31	26.760	7.154	52.771
N 1	30.403	29.946	30.753
N 2	18.131	25.733	21.544
N 3	24.137	38.806	36.490
N 4	33.399	14.474	97.036
N 5	40.819	65.219	85.248
N 7	23.010	69.230	40.846
N 8	17.756	22.108	28.307
N 11	29.580	13.659	28.479
N 14	57.452	249.704	65.378
N 16	55.524	122.075	80.430
N 17	14.200	4.622	29.905
N 18	33.307	5.645	90.152
N 19	82.714	186.818	109.511
N 20	146.183	118.659	164.946
N 22	65.355	29.163	33.534
N 23	72.100	177.022	233.020
N 24	41.040	21.903	111.881
N 25	128.111	221.427	52.843
N 28	29.925	5.215	63.833
N 29	32.926	16.340	53.513
N 30	21.522	9.620	45.243
N 31	52.835	12.109	62.750
U 1	32.354	69.399	23.403
U 2	29.329	42.673	33.581
U 3	92.117	117.419	217.162
U 4	584.961	2.952	6.925
U 5	63.700	61.908	85.201
U 6	27.921	31.645	43.831
U 7	16.260	20.262	27.125
U 8	15.797	30.241	24.537
U 9	76.129	12.574	56.595
U 14	85.534	324.087	132.767

U 17	68.340	11.211	46.119
U 18	34.585	63.528	70.790
U 19	30.966	5.119	53.084
U 21	51.377	11.884	38.506
U 23	18.748	5.009	26.468
U 25	41.790	466.265	112.114
U 29	20.453	13.103	40.698
U 30	15.398	4.977	22.831
U 31	12.780	0.139	22.299
P 3	105.344	141.326	114.367
P 4	33.043	36.620	54.509
P 5	6.685	1.787	6.715
P 6	53.921	20.837	43.355
P 7	22.781	61.684	45.396
P 8	20.054	17.312	25.456
P 10	10.079	2.278	10.432
P 13	36.405	21.028	113.468
P 14	121.968	208.895	77.158
P 15	8.438	5.071	16.139
P 16	28.081	61.508	41.975
P 18	26.119	18.349	54.192
P 20	156.505	245.142	534.506
P 21	234.356	57.829	99.161
P 23	79.615	621.131	177.973
P 24	86.223	131.934	66.661
P 25	98.720	145.676	325.378
P 28	14.446	2.755	23.096
P 29	19.822	5.237	33.400
P 30	20.700	18.033	38.240
P 31	33.514	41.478	68.167
W 3	94.539	17.207	48.366
W 4	103.489	274.967	120.142
W 7	73.335	43.275	50.045
W 8	60.588	16.630	52.346
W 11	101.133	107.329	90.557
W 14	31.299	91.386	39.351
W 18	95.383	59.540	46.744
W 19	52.817	106.173	34.456
W 21	59.291	28.650	54.803
W 23	153.713	56.445	75.031
W 25	22.235	4.665	11.041
W 27	17.548	6.441	27.362
W 28	44.651	9.137	184.425
W 30	23.344	15.747	39.328
W 31	19.431	3.281	26.415
R 5	39.962	59.941	72.973
R 7	164.921	73.035	115.267
R 11	87.765	174.716	71.156
R 12	81.126	238.915	60.750
R 16	11.715	7.205	14.337
R 18	82.539	204.269	63.347
R 20	72.782	205.069	72.395
R 23	155.093	548.003	64.364
R 24	26.457	5.736	46.786
R 28	89.400	100.064	36.611
R 31	71.162	31.936	59.450
S 13	77.774	14.249	50.044
S 14	45.272	62.254	52.460
S 18	69.564	291.096	52.915
S 23	57.762	286.841	144.903
S 24	25.788	17.191	59.065
S 27	17.890	1.505	30.438
S 28	21.000	7.105	41.666
S 29	17.758	10.858	30.134

A 7 Nicht entnommene Proben:

Bodenprobennetz Nord

4, 53, 213, 240, 252, 287, 330, 376, 393, 458

Bodenprobennetz Ost

A 1, A 2, A 3, A 8;  
B 1, B 2;  
C 1, C 2;  
D 1, D 2, D 22,  
E 21, E 22, E 23, E 28;  
F 20, F 21, F 22, F 23, F 29;  
G 22;  
H 30, H 31;  
J 30, J 31;  
M 8;  
P 1, P 2;  
Q 1, Q 21;  
R 1, R 2, R 3, R 4;  
S 1, S 2, S 3, S 4, S 5, S 6;

Proben mit weniger als 4 g Probensubstanz kleiner 63

Bodenprobennetz Nord

26, 27, 28, 99, 124, 131, 132, 136, 151, 152, 153,  
157, 158, 183, 226, 263, 265, 271, 278, 279, 284, 286,  
298, 301, 304, 311, 313, 316, 317, 318, 335, 340, 351,  
353, 364, 365, 367, 369, 398, 410, 414, 415, 423, 424,  
425, 449, 467

Bodenprobennetz Ost

A 6, A 26, A 27;  
B 7, B 13, B 17,  
C 3, C 5, C 6, C 8, C 19, C 26;  
D 4, D 6, D 11, D 13, D 15, D 17, D 24;  
E 13;  
F 1, F 5, F 6, F 7;  
G 1, G 2, G 3, G 4, G 5, G 9;  
H 1, H 14, H 20;  
I 3, I 5, I 17, I 20, I 22;  
K 6, K 8, K 9, K 21, K 22;  
L 1, L 3, L 6, L 7, L 8, L 10, L 11, L 12, L 26;  
M 2, M 10, M 11, M 14, M 19, M 22, M 23, M 24;  
N 6, N 9, N 10, N 12, N 13, N 15, N 21, N 26, N 27;  
O 10, O 11, O 12, O 13, O 15, O 16, O 20, O 22, O 24,  
O 26, O 27, O 28;  
P 9, P 11, P 12, P 17, P 19, P 22, P 26, P 27;  
Q 5, Q 6, Q 9, Q 10, Q 12, Q 13, Q 15; Q 16, Q 17, Q 20,  
Q 22, Q 24, Q 26, Q 29;  
R 6, R 8, R 9, R 10, R 13, R 14, R 15, R 17, R 19, R 21,  
R 22, R 25, R 26, R 27, R 29, R 30;  
S 7, S 8, S 9, S 10, S 11, S 12, S 15, S 16, S 17, S 19,  
S 20, S 21, S 22, S 25, S 26, S 30, S 31

A 8:

Den Einheiten 1 und 2 zugeordnete Probenpunkte des Bodenprobennetzes Ost

<u>Einheit 1</u>	<u>Einheit 2</u>
A 4 - A 15	A 16 - A 31
B 3 - B 15	B 16 - B 31
C 3 - C 15	C 16 - C 31
D 1 - D 15	D 16 - D 31
E 1 - E 15	E 16 - E 31
F 1 - F 16	F 17 - F 31
G 1 - G 15	G 16 - G 31
H 1 - H 14	H 15 - H 29
I 1 - I 14	I 15 - I 29
K 1 - K 14	K 15 - K 31
L 1 - L 14	L 15 - L 31
M 1 - M 14	M 15 - M 31
N 1 - N 14	N 15 - N 31
O 1 - O 13	O 14 - O 31
P 3 - P 13	P 14 - P 31
Q 3 - Q 13	Q 14 - Q 31
R 5 - R 15	R 16 - R 31
S 7 - S 14	S 15 - S 29

A 9: Bachsedimentprobenpunkte, die in das Bodenprobennetz Nord fallen

112, 121 - 123, 139, 141 - 147, 150 - 154,  
157 - 170, 173 - 184, 189.1, 190 - 191, 194 - 196

A 10: Bachsedimentprobenpunkte, die in das Bodenprobennetz Ost fallen

4 - 9, 11, 13, 14, 20 - 22, 26, 28 - 31, 33,  
35, 37, 39, 41, 77, 78, 80 - 82, 87, 88, 90

A 11 : Photos des Arbeitsgebietes



W-Teil des Arbeitsgebietes, Blick von N über den Repparfjord



E-Teil des Arbeitsgebietes, Blick von N über den Repparfjord



Viscaria alpina



Ausrüstung für Dithizon-Geländetests



Blick nach W

'Liegende Schichten' der Holmvann-Formation

## Anlagen

- Anlage 1 Geologische Übersichtskarte des Komagfjord-Fensters
- Anlage 2 Luftbildkarte des Arbeitsgebietes
- Anlage 3 Lage der Bachsedimentproben und Bodenprobennetze
- Anlage 3 a Lage der Punkte in Bodenprobennetz Nord
- Anlage 3 b Lage der Punkte in Bodenprobennetz Ost
- Anlage 4 Trendkarte der Dz-Testergebnisse für den Gesamt-schwermetallgehalt der Bachsedimente
- Anlage 5 Trendkarte der Dz-Testergebnisse für den Kupfergehalt der Bachsedimente
- Anlage 6 Trendkarte der Dz-Testergebnisse für den Gesamtschwermetallgehalt der Bachwässer
- Anlage 7 Geomagnetische Karte des Arbeitsgebietes
- Anlage 8 Trendkarte der AAS-Ergebnisse für den Kupfergehalt der Bachsedimente
- Anlage 9 Trendkarte der AAS-Ergebnisse für den Zinkgehalt der Bachsedimente
- Anlage 10 Trendkarte der AAS-Ergebnisse für den Blei-gehalt der Bachsedimente

Anlage 11 Trendkarte der AAS-Ergebnisse für den Nickelgehalt der Bachsedimente

Anlage 12 Trendkarte der AAS-Ergebnisse für den Kobaltgehalt der Bachsedimente