

Mit freundlichen Grüßen  
und vielen Dank

Michael Krause

Eine Schwermetallprospektion im alten  
Porsa-Nevefjord-Grubenbezirk von Nord-Norwegen

Dissertation  
zur Erlangung des Grades  
"Doktor der Naturwissenschaft"

am Fachbereich Geowissenschaften  
der Johannes Gutenberg-Universität  
in Mainz

Michael Krause  
geb. in Berlin

Mainz 1981

1. Berichterstatter: Prof. Dr. H.J. Tobschall
  2. Berichterstatter: Prof. Dr. H. von Platen
- Dekan: Prof. Dr. M. Domrös

Tag der mündlichen Prüfung:

Herrn Prof. Dr. H.J. Tobschall danke ich für die Betreuung dieser Dissertation, seine Diskussionsbeiträge und wertvollen Tips.

Der Firma Folldal-Verk A/S, Oslo, und dem Geological Survey of Norway (NGU), Trondheim, danke ich, meine Untersuchungsergebnisse für die vorliegende Arbeit verwerten zu dürfen.

Insbesondere danke ich Herrn Dr. J.G. Heim, Vestby, Chefgeologe bei Folldal-Verk A/S, für seine ständige Bereitwilligkeit, mich bei fachlichen und nichtfachlichen Problemen zu unterstützen.

Herrn Førstestatsgeolog I. Lindahl, Trondheim, sei für seine Diskussionsbeiträge und freundliche Unterstützung bei organisatorischen Problemen gedankt.

Herrn Dr. H.P. Geis von Christiania Spigerverk, Oslo, danke ich für die Erlaubnis der Einsicht in Firmenunterlagen.

Herrn Prof. Dr. A. Helke, Mainz, danke ich für seine Diskussionsbeiträge beim Studium einiger Erzanschliffe.

Nicht zuletzt sei der Bevölkerung von Kvalsund für die unvoreingenommene und kameradschaftliche Aufnahme während meiner Geländeaufenthalte gedankt, die somit zu einem Gelingen der vorliegenden Arbeit beitrug.

## Zusammenfassung

Eine Schwermetallprospektion im alten Porsa-Nevefjord-Grubenbezirk von Nord-Norwegen.

Die Entdeckung einiger Uranerzvorkommen im Porsa-Nevefjord-Gebiet von Nord-Norwegen gab Anstoß zur Prospektion nach metallischen Erzvorkommen. Dieses Gebiet war schon länger durch ehemaligen Kupfererzbergbau bekannt gewesen. Es wurde geplant, eine Prospektion mit geochemischen Arbeitsmethoden, unter Heranziehung von bereits vorhandenen geophysikalischen Daten, durchzuführen. Die Beprobung des Entwässerungssystems mit Bachwässern und Bachsedimenten sollte zum Auffinden bisher unbekannter Mineralisationen führen. Zusammenfassend sollte mit Hilfe der dadurch gewonnenen Erkenntnisse ein Überblick über alle im Porsa-Nevefjord-Gebiet auftretenden Erzvorkommen bezüglich ihrer Mineralogie, Genese und Wirtschaftlichkeit gegeben werden.

Das Untersuchungsgebiet liegt in Nord-Norwegen bei etwa  $70^{\circ}$  nördlicher Breite. Die auftretenden Gesteinseinheiten sind submarine basaltische Laven mit überlagernden marinen Sedimenten. Sie treten im westlichen Bereich des Komagfjord-Fensters auf, welches einen Teil der proterozoischen suprakrustalen Gesteine der Raipas Suite bildet.

Bei der geochemischen Prospektion mußten die oft wechselnden lithologischen Verhältnisse berücksichtigt werden: Im Bereich karbonatischer Gesteine die erhöhte Mobilisation von Uran im Bachwasser infolge der Bildung von Uranyl-Karbonat-Komplexen und zum anderen im Bereich von metallreicheren Schwarzschiefern das Auftreten von Anomalien, die nicht durch Erzvorkommen verursacht werden. Der Anteil der organischen Substanz im Bachsediment spielt ebenfalls eine wesentliche Rolle.

Insgesamt wurden 321 Punkte mit Bachwässern und Bachsedimenten beprobt. In Bachwässern wurde die Uran-Konzentration fluorometrisch analysiert. Der Bikarbonat-Gehalt wurde kolorimetrisch ermittelt. Mit Hilfe eines Alpha-Scintillationszählers wurden Radium-Aktivitäten gemessen. Eh- und pH-Wert wurden mittels einer

Platin- bzw. Glaselektrode gemessen. In Bachsedimenten wurde der Gehalt von insgesamt 10 Schwermetallen mittels flammenloser Atomabsorptionsspektroskopie mit Graphitrohrküvette bestimmt. Uran wurde fluorometrisch gemessen. Der organische Anteil wurde durch den Glühverlust ermittelt.

Die Analysenergebnisse wurden nach statistischer Behandlung in geochemischen Anomalienkarten dargestellt. Schwarzschiefer bedingen viele Anomalien im Bachsediment für die Mehrzahl der untersuchten Metalle. Alte Grubenanlagen treten ebenfalls deutlich als Anomalien hervor. Hoher organischer Anteil im Bachsediment bedingt Anomalien für einige Elemente, besonders Uran. Eine positive Korrelation konnte ebenfalls zwischen dem Uran- und dem Bikarbonat-Gehalt im Wasser festgestellt werden. Einige Anomalien führten zur Entdeckung von zwei Mineralisationen. Schwarzschiefer treten auch deutlich bei den geophysikalischen Daten hervor, die bei einer Helikopter-Überfliegung gemessen wurden. Sie verursachen Anomalien sowohl bei den elektromagnetischen als auch bei den radiometrischen Meßergebnissen. Auf der geomagnetischen Karte treten die bedeutendsten Erzvorkommen deutlich hervor.

Die Erzvorkommen treten sowohl als Gänge in Basalten als auch schichtgebunden in Schwarzschiefern auf. Die Lage der Gänge läßt sich geologischen Strukturen zuordnen. Sie stellen Kluffüllungen aus Eisensulfiden und -oxiden, Kupfersulfiden und Quarz mit Calcit als Gangart dar. Einige dieser Vorkommen sind uranföhrhend. Eine erzmikroskopische Studie deutet eine mehrphasige Ausfällung von Erzmineralen aus temperierten Lösungen an. Elementkorrelationen aus Erzanalysen bestätigen dies. Die metallhaltigen Lösungen wurden wahrscheinlich während einer Orogenese durch die Metamorphose gebildet. Durch diese Vorgänge entstand auch der schichtgebunden auftretende Erztyp in Schwarzschiefern.

Nach Begutachtung aller Erzvorkommen unter Heranziehung von Daten über noch vorhandene Erzreserven ist eine derzeitige Wirtschaftlichkeit nicht gegeben.

## Abstract

An Exploration for Heavy Metals in the old Porsa-Nevefjord Mining District of Northern Norway.

The discovery of uranium mineralizations in the Porsa-Nevefjord area of Northern Norway, a region previously known primarily for its old copper mines, led to prospecting for metallic ore occurrences. Geochemical prospecting, with the help of existing geophysical data, was conducted. The sampling of streamwater and stream sediments should lead to the discovery of previously unknown mineralizations. Through the help of these investigations, a summary of the ore mineralizations occurring in the Porsa-Nevefjord region, their mineralogy, genesis and economic value should be provided.

The area under investigation is situated in northern Norway at about 70° North latitude. The occurring geological units are comprised of submarine basaltic lavas with overlying marine sediments. They are located in the western area of the Komagfjord tectonic window which forms a part of the proterozoic supracrustal rocks of the Raipas Suite.

In undertaking this geochemical prospecting the varying lithology of the area had to be taken into consideration. On the one hand, for example, in the vicinity of carbonate rocks, there could be an elevated mobilization of uranium due to the formation of uranyl carbonate complexes, while, on the other hand, in the area of metal-rich black shists, one could find the appearance of "false anomalies", which are not related to ore bodies. It was equally essential to consider the content of organic matter in the stream sediments.

At 321 points, stream water and stream sediment samples were taken. Stream water was analysed fluorometrically for uranium, while the content of hydrogen carbonate was determined colorimetrically. Radon activities were measured by an alpha-scintillation counter. Eh- and pH-values were measured respectively by platinum- and glass electrodes. In stream sediments, the content of 10 heavy metals was

determined by flameless atomic absorption spectroscopy with a graphite furnace. Uranium was analysed fluorometrically. The content of organic matter was determined by the loss of ignition.

After statistical treatment, the analytical results were plotted on geochemical maps. In the case of many of the investigated metals, black shists caused anomalies in the stream sediments. Old mines are also clearly reflected by anomalies. A high content of organic matter caused anomalies for some elements, particularly uranium. A positive correlation was also found between uranium and hydrogen carbonate in stream water. Some of the anomalies led to the discovery of two mineralizations. Black shists are also clearly reflected in geophysical data, obtained through an airborne helicopter survey. They show anomalies as well in electromagnetic and radiometric investigation results. The most important ore occurrences are reflected on the magnetic map.

The mineralizations occur as veins in basalts or are found stratabound in black shists. The position of the veins can be related to geological structures. They form crack fillings consisting of iron sulfides and oxides, copper sulfides and quartz with calcite as gangue minerals. Some of the mineralizations bear uranium. The study of ore sections indicates a precipitation of ore minerals from tempered solutions in several phases, a finding which is supported by correlations of analytical data obtained by ore analyses. The metal-bearing solutions were probably formed through metamorphism during an orogenic event, as was the stratabound ore type found in black shists.

The results of the investigation of the ore occurrences, supplemented by data about ore reserves, indicates that at present the mineralizations are of no economic interest.

## Sammendrag

Prospektering etter tungmetaller i det gamle Porsa-Nevefjord-gruvedistriktet i Nord-Norge.

Oppdagelsen av noen uranmalmforekomster i Porsa-Nevefjord-området i Nord-Norge ga støtet til prospektering etter metalliske malmforekomster. Området er kjent p.g.a. tidligere koppergruvedrift. Det ble planlagt å gjennomføre geokjemisk prospektering ved hjelp av allerede eksisterende geofysiske data. Prøver av bekkevann og bekkesedimenter skulle brukes til å oppdage hittil ukjente mineraliseringer. Ved hjelp av disse resultater skulle det gis en oversikt over alle malmforekomster i Porsa-Nevefjord-området med hensyn til deres mineralogi, dannelse og økonomi.

Undersøkelsesområdet ligger på ca. 70° nordlig bredde i Nord-Norge. Forekommende bergarter omfatter submarine basaltiske lavaer med overliggende marine sedimenter. De opptrer i den vestlige del av Komagfjord-vinduet, som tilhører Raipas-suiten's proterozoiske suprakrustale bergarter.

Ved geokjemisk prospektering måtte det tas hensyn til de ofte skiftende lithologiske forhold: I områder med karbonatiske bergarter en forsterket mobilisering av uran i bekkevannet p.g.a. dannelsen av uranyl-karbonatkomplekser; for det andre opptrådte det i områder med metallrik svartskifer anomalier, som ikke var forårsaket av malmforekomster. Andelen av organisk substans i bekkesediment er også vesentlig.

I alt ble det tatt bekkevann- og bekkesedimentprøver på 321 steder. I vannprøvene ble uran analysert fluorometrisk, hydrogenkarbonatinnholdet ble bestemt kolorimetrisk, radon ble målt med en alphascintillations-teller og Eh- og pH-verdier ble målt med en platin- henholdsvis glass-elektrode. I bekkesedimentene ble innholdet av 10 tungmetaller bestemt med atomabsorptionsspektroskopi med en grafittovn, uran ble målt fluorometrisk og den organiske andelen ble funnet gjennom vekttapet ved glødingen.

Etter en statistisk behandling ble analyseresultatene framstilt som geokjemiske kart. Svartskifer forårsaker mange anomalier i bekkesedimenter for de fleste av de undersøkte metaller. Gamle gruver trer også

tydelig fram som anomalier. En høy organisk andel i bekkersedimenter forårsaker anomalier for en del elementer, særlig uran. En positiv korrelasjon ble også funnet mellom uran- og hydrogenkarbonatinnhold. Enkelte anomalier førte til oppdagelsen av to mineraliseringer. Svartskifer framtrer også i geofysikalske helikoptermåleresultater. De forårsaker anomalier så vel i elektromagnetiske som i radiometriske måleresultater. På geomagnetisk kart framtrer de viktigste malmforekomster tydelig.

Malmforekomster opptrer som ganger i basalter eller lagbundet i svartskifer. Gangenes belligenheter kan føres tilbake på geologiske strukturer. Mineraliseringene er sprekkefyllinger av jernsulfider og -oxider, koppersulfider og kvarts med kalkspat. Noen av forekomstene inneholder uran. Mikroskopiske undersøkelser tyder på en krystallisering av mineraler i flere faser av tempererte løsninger. Elementkorrelasjoner fra malmanalyser bekrefter det. Metallførende løsninger ble sannsynligvis dannet under en orogenese gjennom metamorfose. P.g.a. denne prosessen ble også den lagbundete malmtypen i svartskifer dannet.

Undersøkelsen av alle malmforekomstene og data om gjenstående malmreserver viser at forekomstene nå for tiden ikke er økonomiske.

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung.....	13
1.1 Problemstellung.....	13
1.2 Topographie.....	14
1.3 Frühere Bearbeitung.....	20
1.4 Geologie.....	21
1.4.1 Geologie des Komagfjord-Fensters.....	21
1.4.2 Geologie des Porsa-Nevefjord-Gebietes.....	30
1.5 Kontamination und Bedeckung.....	38
2. Angewandte Prospektionsmethoden.....	40
2.1 Geochemische Methoden.....	40
2.1.1 Beprobung von Bachwässern.....	40
2.1.2 Beprobung von Bachsedimenten.....	50
2.1.3 Entnahme von Erzproben.....	53
2.2 Geophysikalische Messungen.....	53
2.3 Geobotanik.....	55
3. Analysen.....	57
3.1 Analysen der Bachwässer.....	57
3.1.1 Bestimmung von Uran.....	57
3.1.2 Bestimmung der Alkalität.....	57
3.1.3 Radon-Messungen.....	58
3.1.4 Eh- und pH-Wert-Messungen.....	59
3.2 Analysen der Bachsedimente.....	60
3.2.1 Probenaufbereitung.....	60
3.2.2 Analysen der Elemente Cu, Pb, Ag, Ni, Co, As, Mo, Cd, Cr und V mittels AAS mit Graphitrohr- küvette.....	60
3.2.3 Bestimmung von Uran mittels Fluorometrie.....	61
3.2.4 Bestimmung des Anteils der organischen Sub- stanz.....	64
3.3 Analysen der Erzproben.....	64
3.3.1 Probenaufbereitung.....	64

	Seite	
3.3.2	Analysen der Elemente Cu, Pb, Ag, Au, Zn, Ni, Co, Mo, Cd, Cr und V mittels AAS.....	65
3.3.3	Analysen der Elemente U und Th mittels XRF.....	65
4.	Statistische Behandlung und Korrelation der Analysendaten.....	69
4.1	Die statistischen Verteilungskurven der Analysendaten.....	69
4.2	Klassifikation der Analysendaten.....	69
4.3	Korrelation.....	85
5.	Diskussion der Anomalien.....	89
5.1.	Bachwässer.....	91
5.1.1	Uran.....	91
5.1.2	Radon.....	92
5.2	Bachsedimente.....	93
5.2.1	Kupfer.....	93
5.2.2	Blei.....	95
5.2.3	Silber.....	96
5.2.4	Nickel.....	97
5.2.5	Kobalt.....	97
5.2.6	Arsen.....	99
5.2.7	Molybdän.....	100
5.2.8	Cadmium.....	101
5.2.9	Chrom.....	102
5.2.10	Vanadium.....	102
5.2.11	Uran.....	103
5.3	Geophysikalische Messungen.....	106
5.3.1	Magnetik.....	106
5.3.2	Elektromagnetik.....	107
5.3.3	Radiometrie.....	107
6.	Beschreibung der Vererzungen.....	119
6.1.	Bachkes-Gruben und Bahrs-Grube.....	119
6.1.1	Mineralogie.....	119

	Seite
6.1.2 Geochemie.....	130
6.1.3 Elementkorrelationen.....	131
6.1.4 Genese.....	139
6.2 Porsa-Gruben.....	143
6.3 Übrige Erzvorkommen.....	144
7. Produktion und Erzreserven.....	148
8. Literaturverzeichnis.....	150
Anhang	
Analysentabelle.....	I
Verzeichnis der Kartenbeilagen.....	XVII
Kartenbeilagen	

## 1. Einleitung

### 1.1 Problemstellung

Das Porsa-Nevefjord-Gebiet war bisher durch die Vorkommen von Kupfererzen bekannt gewesen, die hier von 1890 - 1910 und von 1924 - 1937 in Abbau standen. Eine gezielte Prospektion nach anderen Metallen war bisher nicht durchgeführt worden. Durch die Entdeckung einiger Uranvorkommen in diesem Gebiet im Sommer 1978 (Krause 1980), die z.T. unmittelbar an Kupfervererzungen geknüpft sind, erschien eine erneute Aufnahme von detaillierten Prospektionsarbeiten nicht nur nach Uran, sondern auch nach anderen Schwermetallen als sinnvoll.

Mit Hilfe von geochemischen Methoden sollten Dispersionshöfe von eventuellen Schwermetallvorkommen lokalisiert werden. Zur Beprobung bot sich das Entwässerungssystem des Gebietes an, das ein relativ dichtes Probennetz ermöglichte. Es wurden 320 Bachsedimentproben in kurzen Abständen (200 m) voneinander genommen und auf die Elemente Cu, Pb, Ag, Ni, Co, As, Mo, Cd, Cr, V und U analysiert. Einige dieser Elemente sollten nicht nur zur Prospektion nach ihnen selbst, sondern auch als sogenannte Pfadfinderelemente für andere Schwermetallvorkommen verwendet werden. Außerdem wurden parallel an den gleichen Probenpunkten Wasserproben entnommen, die auf Uran und Alkalität analysiert werden sollten. Die Messung des Pfadfinderelementes Radon im Bachwasser sollte ebenfalls zum Auffinden von Vererzungen führen, die kombiniert mit Uran auftreten.

Neben den angewandten geochemischen Methoden sollten auch Ergebnisse geophysikalischer Messungen ausgewertet werden, die vorher durch den Geological Survey of Norway (NGU) durchgeführt worden waren.

Eine Aufnahme und Beschreibung alter Gruben, Schürfe und neu gefundener Mineralisationen im Porsa-Nevefjord-Gebiet sollte einen Überblick über noch vorhandene Erzreserven

geben. Bei den wichtigsten Erzvorkommen sollten chemische Analysen sowie mikroskopische Untersuchungen durchgeführt werden, um die Genese und Mineralogie dieser Vererzungen zu studieren.

## 1.2 Topographie

Das Arbeitsgebiet liegt in Nord-Norwegen, im westlichen Teil der Finnmark, dem nördlichsten Bundesland (fylke) Norwegens (Abb. 1). Es liegt zwischen  $70^{\circ}29'$  und  $70^{\circ}22'$  nördlicher Breite und zwischen  $23^{\circ}35'$  und  $23^{\circ}52'$  östlicher

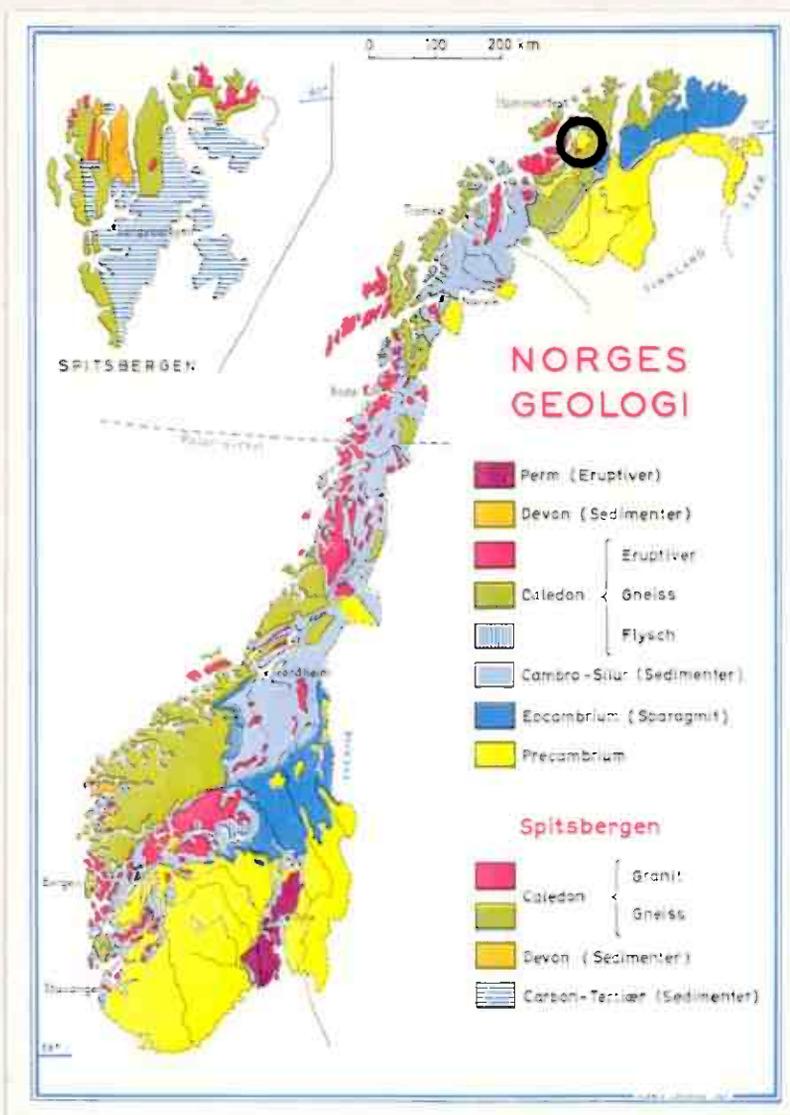


Abb. 1: Topographische Lage des Arbeitsgebietes und Geologie Norwegens

Länge und bedeckt den zentralen Teil der topographischen Karte 1 : 50000 AMS Serie M 711 Blatt Vargsund 1935 IV. Das eine Fläche von ca. 75 km<sup>2</sup> umfassende Arbeitsgebiet liegt 25 km südlich der Stadt Hammerfest. Es beinhaltet die beiden, an der Küste gelegenen Ortschaften, Neverfjord mit ca. 30 Häusern (Abb. 2) und Porsa im Westen mit ca. 10 Häusern. Außerdem befinden sich entlang der Küste einige Bauernhöfe und Ansiedlungen der Fischfang- und Fischverarbeitungsindustrie. Die nächste größere Ortschaft ist Kvalsund mit ca. 500 Einwohnern, die von Neverfjord 13 km in nordöstlicher Richtung liegt.

Die höchsten Erhebungen sind das Skinnfjell (710 m) im Osten, Stortind (566 m) im Nordosten, Middagstind (498 m) und Segelnesfjell (470 m). Von NE nach SW verlaufen die Täler Kvalsundalen mit den beiden Seen Øvre- und Nedre- Neverfjordvann (Abb. 3) und das Vesterdalen mit dem Langvann (Abb. 4).

Entlang der Küste verläuft die Straße Kvalsund-Saraby. Ins Kvalsundalen führt eine Straße von Kvalsund aus bis zum Nedre- Neverfjordvann. Ein schmaler Fahrweg verläuft von Porsa aus am Storvann vorbei zum Gruvevann.

Die Baumgrenze liegt bei etwa 200 - 250 m über NN. Die Vegetation ist subarktisch und, außer an der Küste, sehr spärlich. Die Drainage ist gut entwickelt. Die Sonne ist im Sommer für eine Dauer von mehr als 2 Monaten über dem Horizont. Die Temperaturen liegen in den Monaten Juli und August meist zwischen 0 und 25° C. Der jährliche Durchschnitt liegt bei + 1,5° C. Die Niederschlagsdurchschnittsmenge beträgt 676 mm, im Juli 35 - 60 mm. Feldarbeiten sind wegen der starken Schneebedeckung meist nur von Mitte Juni bis Ende September möglich.

Eine topographische Karte Blatt Vargsund ist im Anhang zu finden.



Abb. 2: Blick auf die Ortschaft Neverfjord vom Middagstind  
aus gesehen



Abb. 3: Blick vom Middagstind ins Kvalsundalen mit Nedre-  
und Øvre-Neverfjordvann (rechts)



Abb. 4: Langvann im Vesterdalen

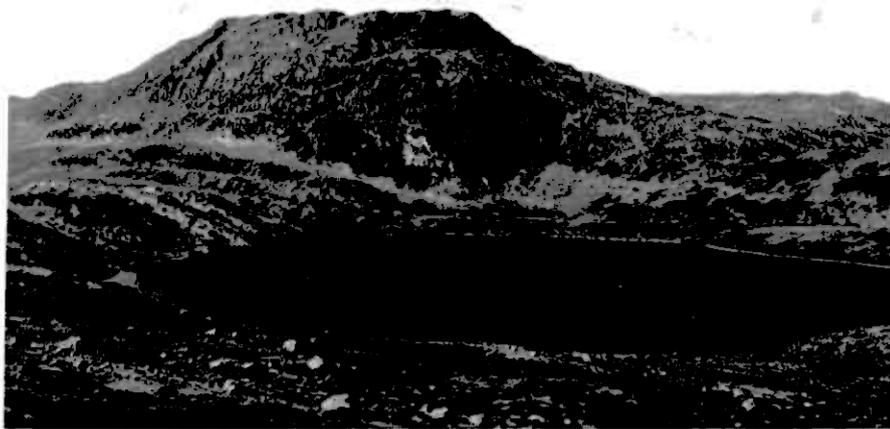


Abb. 5: Middagstind und Øvre-Nevefjordvann vom Nordwest-  
hang des Skinnfjells aus gesehen



Abb. 6: Straße Kvalsund - Saraby im Bereich der Ortschaft  
Neverfjord. Middagstind im Hintergrund rechts



Abb. 7: Blick auf Stortind und Nedre-Neverfjordvaan vom  
Nordwesthang des Skinnfjells aus gesehen



Abb. 8: Blick ins Vesterdalen nach Nordosten mit Seglesfjell (links) und Stortind im Hintergrund (rechts)

### 1.3 Frühere Bearbeitung

Dahlls geologische Karte von Norwegen (in Reusch et al. 1891) zeigt ein Gebiet, das er das Raipas-System bei Kvalsund (13 km nordöstlich von Neverfjord) nennt. Reusch (Reusch et al. 1891) berichtet, dieses Gebiet besucht zu haben und beschreibt die Gesteine in der näheren Umgebung von Kvalsund. Die ersten Berichte über die Geologie und die Erzvorkommen im Porsa-Neverfjord-Gebiet stammen aus der Zeit, in der diese Vorkommen in Abbau standen. Diese Berichte von Bachke (1903), Vogt (1907) und Kvalheim (1928, 1942), der auch einen Teil des Gebietes geologisch kartierte, sind im Bergarchiv des NGU in Trondheim zu finden. Sie beinhalten überwiegend Angaben über geförderte Erzmengen, Kupfergehalte und Grubenpläne. Später wurden diese Erzvorkommen von Vokes (1957) beschrieben, der die verschiedenen in der Raipas-Suite auftretenden Erzparagenesen untersuchte. Die nächste geologische Arbeit folgte von Reitan (1963), der als erster eine ausführliche Übersicht über die Geologie des Komagfjord-Fensters gibt, in dessen westlichem Teil sich das Arbeitsgebiet befindet. Die bisher detailliertesten geologischen Untersuchungen im Porsa-Neverfjord-Gebiet wurden von Jansen (1976) und von Pharaoh (1976) durchgeführt, die auf den Ergebnissen Reitans aufbauten und einige stratigraphische Änderungen vornahmen. Stefan und Stribrny (1978) führten tektonische Untersuchungen an den Kupfervererzungen in diesem Gebiet durch. Ergebnisse und Prospektionsarbeiten im Porsa-Neverfjord-Gebiet sind bisher nicht veröffentlicht worden. Die Erzvorkommen wurden jedoch von der Firma Christiania Spigerverk, Oslo, im Jahre 1966 auf eventuelle Wirtschaftlichkeit hin untersucht (Bräten 1966, Geis 1967). Im Rahmen der regionalen Prospektion im Komagfjord-Fenster durch das NGU (Krog 1974) wurden hier auch einige Bachsedimentproben entnommen. 1977 führte der NGU im Bereich des Komagfjord-Fensters geophysikalische Messungen durch.

## 1.4 Geologie

### 1.4.1 Geologie des Komagfjord-Fensters

#### Zusammenfassung

Das Komagfjord-Fenster, in dessen westlichen Teil sich das Porsa-Neverfjord-Gebiet befindet, liegt in Nord-Norwegen in der Vest-Finnmark. Das Fenster wurde bisher von zwei Bearbeitern ausführlich geologisch untersucht: Reitan (1963) und Pharaoh (1976). Die topographische Lage ist aus Abb. 1 zu ersehen.

Das Komagfjord-Fenster besteht aus präkambrischen Gesteinen, die metamorph überprägt sind und von einer kaledonischen Überschiebungsdecke, die dem Kalak-Komplex angehört, randlich überlagert werden. Diese Gesteine stehen im Zusammenhang mit dem etwas südwestlicher gelegenen "Alta-Kvaenangen-Fenster". Die die beiden Fenster beinhaltenden Gesteine wurden von den bisherigen Bearbeitern der sogenannten Raipas Suite zugeordnet (Kareliden).

Die ältesten Gesteine des Komagfjord-Fensters sind eine Serie von Grünsteinen und Grünschiefern, die teilweise als Pillow-Laven ausgebildet sind. Alle anderen im Fenster vorkommenden Gesteinsschichten konnten bis heute altersmäßig nicht eindeutig in Beziehung zueinander gesetzt werden. Außerdem werden Altersbestimmungen wegen der Metamorphose kompliziert. Im SE werden die Grünsteine von einer Quarzitserie überlagert, die wiederum von Ton-schiefern überdeckt wird, welche Pharaoh (1976) als Eo-kambrium einstuft. Im zentralen Teil werden die Grünsteine von feldspatreichen Quarziten und Konglomeraten überlagert. Im Norden und Westen des Fensters sind die überlagerten Gesteine meist Schwarzschiefer und Dolomite. Die meisten der genannten Gesteinsserien werden von (wahrscheinlich präkambrischen) Intrusionen durchschlagen.

Innerhalb des Komagfjord-Fensters sind Anzeichen von zwei verschiedenen Faltungen zu beobachten. Die spätere Faltung steht im Zusammenhang mit der kaledonischen Orogenese, die

frühere ist wahrscheinlich präkambrisch und der kareli-  
schen Deformation zuzuordnen.

Alle Gesteine des Fensters sind metamorph überprägt. Die  
Metamorphose liegt im Bereich der niedriggradigen Meta-  
morphose nach Winkler (1974), bzw. der Grünschiefer-Fa-  
zies.

Innerhalb des Komagfjord-Fensters treten zwei Typen von  
Kupfererzmineralisationen auf: Innerhalb der Grünsteine  
und Grünschiefer treten die Kupfererze in Quarzgängen  
oder auch in Quarz-Karbonat-Gängen auf (z.B. im Porsa-  
Neverfjord-Gebiet). Innerhalb eines feldspatreichen Quarz-  
zits kommen schichtgebundene Kupfervererzungen vor. Beide  
Erztypen waren von wirtschaftlicher Bedeutung.

#### Einleitung

Das Komagfjord-Fenster liegt in der Vest-Finnmark, Nord-  
Norwegen, zwischen  $70^{\circ}10'$  und  $70^{\circ}31'$  nördlicher Breite  
und  $23^{\circ}20'$  und  $24^{\circ}33'$  östlicher Länge. Es nimmt Teile der  
topographischen Karten 1 : 50000 Hammerfest, Revsbotn,  
Seiland, Repparfjord, Vargsund, Talvik, Sennalandet und  
Stabbursdalen ein. Die nächste Stadt ist Hammerfest im  
Norden. Die größte Ortschaft der Umgebung ist Kvalsund  
(etwa 80 Häuser). Ansonsten ist das Gebiet sehr dünn be-  
siedelt. Von SW nach NE erstreckt sich der Riksvei 6  
(Bundesstraße) und von Skaidi nach Kvalsund der Riksvei  
56, von dem eine Nebenstraße an der Nordküste von Kval-  
sund nach Saraby verläuft. Eine andere kleine Nebenstraße  
führt einige Kilometer ins Kvalsundalen bis zum Nedre-  
Neverfjordvann.

Bisherige Bearbeiter der Geologie des Komagfjord-Fensters  
waren Dahll (1891), Reusch (1891), Vokes (1957) u.a. Am  
ausführlichsten wurde das Komagfjord-Fenster von Reitan  
(1963) und Pharaoh (1976) bearbeitet, aus deren Ergebnis-  
sen die meisten der folgenden Angaben stammen.

#### Stratigraphie

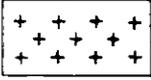
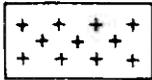
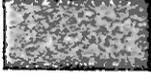
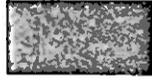
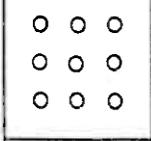
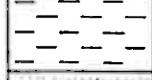
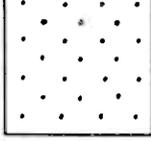
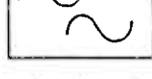
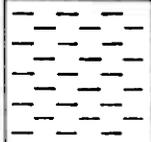
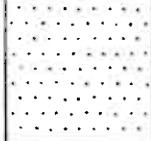
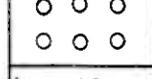
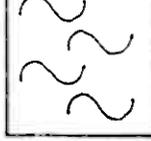
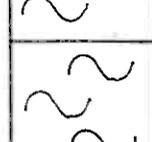
Die beiden Bearbeiter, die das Komagfjord-Fenster bisher

geologisch detailliert untersucht haben (Reitan und Pharaoh), haben keine einheitliche Auffassung über die stratigraphische Abfolge innerhalb des Fensters (siehe Tab. 1), zumal eine eindeutige Festlegung der Stratigraphie auf Grund fehlender Fossilien sehr erschwert ist. Da die Gesteine metamorph überprägt wurden, werden radio-metrische Altersbestimmungen ebenfalls kompliziert.

Reitan untergliedert die Gesteine des Komagfjord-Fensters in zwei Gruppen: Die Repparfjord-Gruppe, bestehend aus Vulkaniten und relativ feinklastischen Sedimenten und die Saltvann-Gruppe, die aus mittel- bis grobklastischen Sedimenten zusammengesetzt ist. Die ältesten Gesteine der Repparfjord-Gruppe bilden die Grünsteine und Grünschiefer der Holmvann-Formation. Darüber folgt die Doggeelv-Formation, eine Serie aus vorwiegend reinen Quarziten. Diese werden überlagert von der Lomvann-Formation, einer Serie von Tonschiefern und von der Kvalsund-Formation, einer Serie von Schwarzschiefern. Die beiden letztgenannten Gesteinsformationen sind nach Reitans Meinung gleichaltrig. Die Saltvann-Gruppe wird in drei Formationen untergliedert. Die unterste Formation ist die Steinfjell-Formation, bestehend aus feldspatreichen Quarziten. Darüber folgt die Djupelv-Formation, bestehend aus einem Grünstein-Konglomerat und die Fiskevann-Formation, die aus einem Konglomerat mit roten Vulkanit-Geröllen besteht. Die Altersbeziehungen zwischen Repparfjord-Gruppe und Saltvann-Gruppe sind jedoch sehr unsicher. Die meisten der genannten Gesteinseinheiten werden von (wahrscheinlich präkambrischen) Intrusiva durchschlagen.

Pharaoh ist ebenfalls der Auffassung, daß die innerhalb des Komagfjord-Fensters auftretenden Grünsteine und Grünschiefer die ältesten Gesteinseinheiten darstellen. Er gibt ihnen jedoch nicht den Status einer Formation, sondern untergliedert sie in zwei Gruppen, die er wiederum in mehrere Formationen unterteilt, da diese Gesteinseinheiten recht diffizil

Tab. 1: Lithostratigraphische Tabelle

nach P. Reitan (1963)		nach T. Pharaoh (1976)	
	Kaledoniden (Quarzite u. Glimmerschiefer)		Kaledoniden (Quarzite u. Glimmerschiefer)
	Trondhjemitische Intrusiva		Granitische Intrusiva
	Gabbroide Intrusiva		Gabbroide Intrusiva
	Ultrabasische Intrusiva		Ultrabasische Intrusiva
	Fiskevann-Formation (Konglomerat mit roten Vulkanit-Geröllen)		Langorvann-Formation (Tuff, Lava, Tonschiefer, Kalkst., Sandst., Kongl.)
	Djupeelv-Formation (Grünstein-Konglomerat)		Kvalsund-Formation (Schwarzschiefer)
	Steinfjell-Formation (grobkörniger feldspat-reicher Sandstein mit Konglomerat-Linsen)		Vargsund-Formation (Quarzit, Dolomit)
Altersbeziehung unsicher			Hogfjell-Formation (Agglomerat, Pillow-Lava, Tuff, Kalkstein)
	Kvalsund-Formation (Schwarzschiefer)	Altersbeziehung unsicher	
	Lomvann-Formation (Sandstein, Tonschiefer, Quarzit)		Fiskevann-Formation (Konglomerat mit roten Vulkanit-Geröllen)
	Doggeelv-Formation (Quarzit)		Djupeelv-Formation (Grünstein-Konglomerat)
	Holmvann-Formation (Serie von Grünsteinen und Grünschiefern mit eingelagerten Karbonat-Gesteinen u. Quarziten)		Steinfjell- bzw. Doggeelv-Fm (feldspatreicher Sandstein + Konglomerate bzw. Quarzite)
Repparfjord-Gruppe			Angelvann-Formation (Pillow-Laven, Tuffe z.T. mit eingelagerten Kalksteinen u. Dolomiten)
Saltvann-Gruppe			Markfjell-Formation (Grünstein-Konglomerat)
Präkambrium		Präkambrium	
		Eokambrium	

aufgebaut sind. Außerdem betont Pharaoh, daß eine zeitliche Korrelation zwischen Kvalsund- und Lomvann-Formation nicht möglich sei; er stuft die Lomvann-Formation als Eo-kambrium ein. Pharaoh vertritt die Auffassung, daß man die unterste Formation der Saltvann-Gruppe, die Steinfjell-Formation, mit Reitans Doggeelv-Formation korrelieren könne. Er vermutet, daß innerhalb der Quarzite der Doggeelv-Formation nur eine andere Fazies vorliegt als in denen der Steinfjell-Formation.

### Lithologie

Die Beschreibung der innerhalb des Komagfjord-Fensters auftretenden Gesteinseinheiten erfolgt nach der Nomenklatur Reitans.

#### REPPARFJORD-GRUPPE

In dieser Einheit sind eine Formation, bestehend aus Grünsteinen und Grünschiefern, eine Serie von Quarziten, eine Serie von Tonschiefern, sowie eine Formation, die aus Schwarzschiefern besteht, zu einer Gruppe zusammengefaßt. Diese Gruppe wird von der Saltvann-Gruppe tektonisch durch Falten getrennt.

#### Holmvann-Formation:

Diese Formation beinhaltet die ältesten Gesteine des Komagfjord-Fensters. An der Basis befinden sich Grünsteine, die besonders im westlichen Bereich des Fensters Pillow-Strukturen aufweisen. Häufig sind in diese Laven basaltische Agglomerate, Konglomerate und vulkanoklastische Sedimente, meist Tuffe und Aschen eingelagert. Darüber folgt ein Konglomerat mit Milchquarzgeröllen und graue Pelite mit tuffogenen Anteilen. Diese werden überlagert von einer Sequenz aus karbonatreichen, vorwiegend dolomitischen, Sedimenten, mit einigen Kalksteinen und Quarziten. Im unteren Bereich dieser Sequenz befinden sich graue Tonschiefer, in die dünne Dolomitbänke eingelagert sind. Im oberen Bereich wird der Dolomit massiver und teilweise bis zu 100 m mächtig. Zum Hangenden hin folgt ein geringmächtiges Konglomerat, das von leicht graphitischen Tonschiefern, die zum Top hin immer kalkreicher werden, überlagert wird. Dazu kommen noch Lagen

von größeren klastischen Sedimenten. Reitan schätzt die Mächtigkeit der Holmvann-Formation auf mindestens 2000 m.

**Doggeelv-Formation:**

Im östlichen Teil des Komagfjord-Fensters überlagert die Doggeelv-Formation diskordant die Holmvann-Formation. Sie besteht aus weißen, mittel- bis grobkörnigen Quarziten und weist zahlreiche Sedimenttexturen auf, wie Kreuz- und Schrägschichtung, Rippelmarken etc. Es kommen auch einige Horizonte mit Geröllen vor, die aus Quarz, Hornsteinen und gelegentlich auch aus Bändergneis bestehen. Die Mächtigkeit dieser Formation wechselt von W nach E beträchtlich, dürfte im Mittel jedoch zwischen 1500 und 2500 m liegen.

**Lomvann-Formation:**

Die Doggeelv-Formation wird von der Lomvann-Formation überlagert. In der Gegend von Faegfjord liegt sie unmittelbar auf der Holmvann-Formation. Die Doggeelv-Formation ist hier nicht vorhanden. Die Lomvann-Formation besteht aus einem unreinen, dunkelgrauen, feinkörnigen Quarzit. Nördlich des Rødfjells und am Lomvann haben die Gesteine mehr den Charakter von quarzitischen Tonschiefern. Östlich des Repparfjordelvs liegt ein grauer bis grünlicher Tonschiefer vor mit Karbonat- und Quarzitlagen. In der südwestlichen Fortsetzung im Streichen sind die Tonschiefer gröber. Wo der Repparfjordelv den Kontakt der Doggeelv-Formation - Lomvann-Formation schneidet, wurde ein schmaler Psephit-Streifen beobachtet. Der Top der Lomvann-Formation ist nicht aufgeschlossen. Die Mächtigkeit dieser Formation wird zwischen 1000 und 1500 m angegeben.

**Kvalsund-Formation:**

Diese Formation tritt nur im nördlichen und westlichen Teil des Komagfjord-Fensters auf. Sie besteht aus schwarzen, graphitischen, pelitischen Schiefern (blackshale-Fazies). Reitan korreliert die Lomvann-Formation und die Kvalsund-Formation und stellt sie in seiner geologischen Karte mit gleichen Signaturen dar. Die Mächtigkeit der Kvalsund-Formation ist durch die Faltungsvorgänge sehr unterschiedlich

und wird zwischen 200 und 500 m geschätzt.

#### SALTVANN-GRUPPE

Bei der Saltvann-Gruppe ist es möglich, die Altersbeziehungen unterhalb der Formationen herzustellen, obwohl die Altersbeziehungen zwischen Saltvann- und Repparfjord-Gruppe nicht eindeutig bekannt sind. Die Saltvann-Gruppe besteht aus einer Formation von feldspatreichen Quarziten, einer Serie von Konglomeraten und einer Serie von konglomeratischen feldspatreichen Sandsteinen.

#### Steinfjell-Formation:

Die Steinfjell-Formation ist die unterste Formation der Saltvann-Gruppe. Sie ist eine Sequenz aus feldspatreichen Quarziten und Konglomeraten. Kreuzschichtung läßt sich häufig beobachten. Pharaoh vermutet, daß die feldspatreichen Quarzite ein Äquivalent zu der im südöstlichen Teil des Fensters vorliegenden Doggeelv-Formation sind. Die Mindestmächtigkeit dieser Formation wird auf 1000 m geschätzt. Die Steinfjell-Formation geht kontinuierlich in die darüber folgende Djupelv-Formation über.

#### Djupelv-Formation:

Die Djupelv-Formation besteht aus Konglomeraten, die ein großes Sortiment an verschiedenartigen Geröllen enthalten, welche einen Durchmesser bis zu 0,2 m besitzen. Die Grenze zwischen Djupelv-Formation und Steinfjell-Formation ist nicht klar definierbar, da kontinuierliche Übergänge gegeben sind. Die Grenze wurde von Reitan gezogen, wo die Konglomerate über die Sandsteine überwiegen. Die Matrix des Konglomerates ist sandig. Die maximale Mächtigkeit dieser Formation beträgt ca. 700 m.

#### Fiskevann-Formation:

Über die Djupelv-Formation liegt die Fiskevann-Formation, die aus konglomeratischen, feldspatreichen Sandsteinen und Quarziten besteht. Die Gesteine sind besser sortiert als die der Djupelv-Formation und haben einen etwas geringeren Durchmesser (max. 0,1 m), welches auf eine größere Entfernung vom

Liefergebiet schließen läßt, da die Gerölle auch besser aufbereitet sind. Gerölle von mehr als 0,1 m Durchmesser wurden nicht beobachtet. Die Matrix besteht aus einem ungerundeten, grobkörnigen, feldspatreichen Sandstein bzw. Quarzit. Die Gerölle sind bemerkenswert einheitlich, bestehend aus Andesit bis Rhyolith. Die Herkunft dieser Gerölle ist ungeklärt. Kreuzschichtung ist in dem Sandstein verbreitet vorhanden. Die maximale Mächtigkeit dieser Formation liegt bei etwa 700 m.

#### INTRUSIVA

Innerhalb des Komagfjord-Fensters treten zahlreiche gabbroide sowie ultramafische Intrusiva auf, außerdem im südwestlichen Teil eine Trondhjemit-Intrusion. Diese Intrusionen sind wohl vorwiegend präkambrischen Alters. Alle Gesteinsformationen der Repparfjord-Gruppe im SE der Saltvann-Gruppe enthalten basische und ultramafische Intrusiva, während die Gesteinsformationen der Repparfjord-Gruppe im NW keine Magmatite enthalten.

#### Tektonik und Metamorphose

Das Komagfjord-Fenster ist durch großräumige Überschiebungsvorgänge der kaledonischen Faltung gekennzeichnet. Die Gesteine des Fensters sind in sich stark verfaltet. Die Falten sind aller Wahrscheinlichkeit nach auf zwei verschiedene Faltungen (karelische und kaledonische) zurückzuführen. Dabei hat die karelische Faltung die Gesteine am meisten beansprucht, während die darauffolgende kaledonische Faltung vorwiegend großräumige Wellungen, Aufbeulungen und damit verbundene Schollen- und Schuppentektonik verursacht hat.

Innerhalb des gesamten Fensters tritt derselbe Faltungstyp auf. Dabei handelt es sich um regional wechselnd SE-vergente bis leicht überkippte Falten und weitschwingende Anti- und Synklinalen. Die Hauptstreichrichtung der Faltenachsen liegt in SW-NE-Richtung. Während der Faltung bildete sich meist in den Umbiegungszonen der Falten, also an den intensiv beanspruchten Zonen, eine Schieferung. Ebenfalls ist oft eine senk-

recht dazu stehende Schieferung zu beobachten, die auf Sche-  
rungsvorgänge zurückzuführen ist.

Die Metamorphose ist vermutlich ebenfalls karelischen und ka-  
ledonischen Alters. Sie liegt im Bereich der niedrig gradi-  
gen Metamorphose (low grade) nach Winkler (1974), im Bereich  
der Grünschiefer-Fazies.

### Mineralisationen

Innerhalb des Komagfjord-Fensters lassen sich im wesentlichen  
zwei Typen von Kupfermineralisationen unterscheiden, die von  
Vokes (1957) beschrieben wurden. Er unterschied dabei die  
Mineralisationen der sogenannten "Kupfer-Paragenese" und die  
der "pyritischen Paragenese".

Die Mineralisationen der "pyritischen Paragenese" lassen sich  
in zahlreichen Quarzgängen und -linsen, in denen auch oft  
Calcit vorkommt, überwiegend innerhalb von Grünsteinen der  
Holmvann-Formation beobachten. Die hier vorliegenden Minerale  
sind Pyrit, Kupferkies, sekundäre Kupferminerale und öfter  
auch in kleineren Mengen Magnetit u.a., die später beschrieben  
werden. Diese Art der Vorkommen wird zur Zeit nicht wirt-  
schaftlich genutzt, stand aber zu Beginn dieses Jahrhunderts  
im Porsa-Nevefjord-Gebiet in Abbau. Diese Vererzungen sind  
thematisch ein Teil dieser Dissertation und werden in Kap. 6  
ausführlich behandelt.

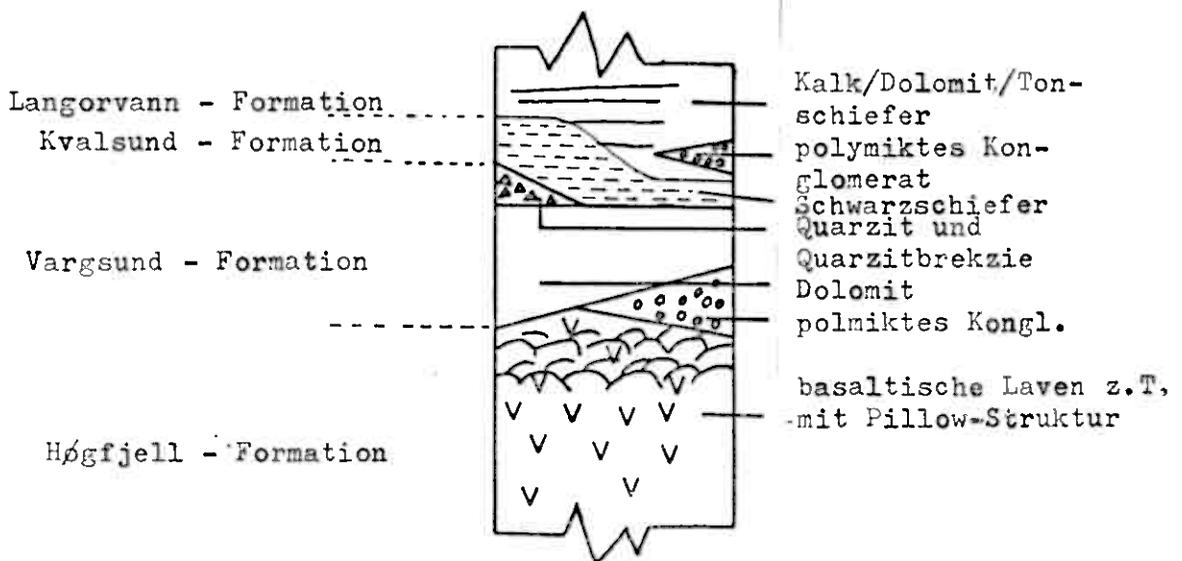
Der Typ der sogenannten "Kupfer-Paragenese" kommt am Ulveryggen,  
westlich von Repparfjord, vor. Dieses Vorkommen stand ab 1972  
überwiegend im Tagebau, durch die Firma Folldal-Verk A/S, in  
Abbau. Im Jahre 1979 wurde der Abbau wegen Unwirtschaftlichkeit  
und Erschöpfung der Vorräte eingestellt. Dabei handelt es sich  
um ein Vorkommen, bei dem die Erzminerale fein verteilt in  
einem feldspatreichen Quarzit der Steinfjell-Formation vorlie-  
gen. Außerdem sind auch einige kleinere Quarzgänge vererzt.  
Haupterzminerale sind: Bornit, Kupferglanz, Digenit, Kupfer-  
kies, Pyrit, Magnetit, Hämatit und sekundäre Kupferminerale.  
Nach dem letzten Stand der Untersuchungen von Stribrny (1980)  
handelt es sich um eine sedimentäre Lagerstätte. Kupferkies

wurde auf Schichtungsflächen und Schrägschichtungsblättern beobachtet. Außerdem konnten abgerundete Kupferkiesgerölle unter dem Mikroskop beobachtet werden. Vor Beginn des Bergbaus wurden die Vorräte auf ca. 10 000 000 t Erz mit einem Durchschnittsgehalt von 0,5 % Cu geschätzt.

#### 1.4.2 Geologie des Porsa-Neverfjord-Gebietes

##### Einleitung

Das Porsa-Neverfjord-Gebiet liegt im westlichen Teil des Komagfjord-Fensters. Hier treten Gesteine von Reitans (1963) Holmvann-Formation auf, sowie eine dünne sedimentäre Sequenz (Lomvann-Formation), die zwischen den Gesteinen des Kalak-Deckenkomplexes und den präkambrischen Gesteinen des Komagfjord-Fensters eingelagert ist und diese diskordant überlagert. Jansen (1976) und Pharaoh (1976) bearbeiteten dieses Gebiet detaillierter und unterteilten die Holmvann-Formation in mehrere Gruppen. Im Porsa-Neverfjord-Gebiet treten die Gesteine der sogenannten Porsavann-Gruppe auf, die in mehrere Formationen unterteilt wurde (siehe Tab. 2). Die Beschreibung der Geologie stammt zum größten Teil aus Untersuchungsergebnissen Pharaohs (1963).



Tab. 2: Lithostratigraphische Tabelle der Porsavann - Gruppe, nach Jansen (1976) und Pharaoh (1976)

Die Gesteine der Porsavann-Gruppe erstrecken sich zwischen Vargsund und Gruvevann. Die primären Texturen dieser Gesteine, die sich aus Laven und Sedimenten zusammensetzen, lassen darauf schließen, daß sie unter dem Wasser abgelagert wurden. Die Ausbildung von Pillow-Strukturen und das Auftreten von Dolomiten und Schwarzschiefern bestätigen einen submarinen Ursprung. Die Lithologie hat einen deutlichen Einfluß auf die Topographie. Die kompetenten Vulkanitlagen bewirken meistens Höhenzüge, währenddessen in den Tälern meist Dolomite und Schiefer auftreten. Die Gesteinseinheiten streichen in NE-SW-Richtung, parallel zu den Faltenachsen. Dieses spiegelt ebenfalls die Topographie wider, die von Tälern und Höhenzügen geprägt ist, welche in gleicher Richtung verlaufen. Zwei Profile sind aus Abb. 9 und Abb. 10 zu ersehen. Eine geologische Karte ist im Anhang zu finden.

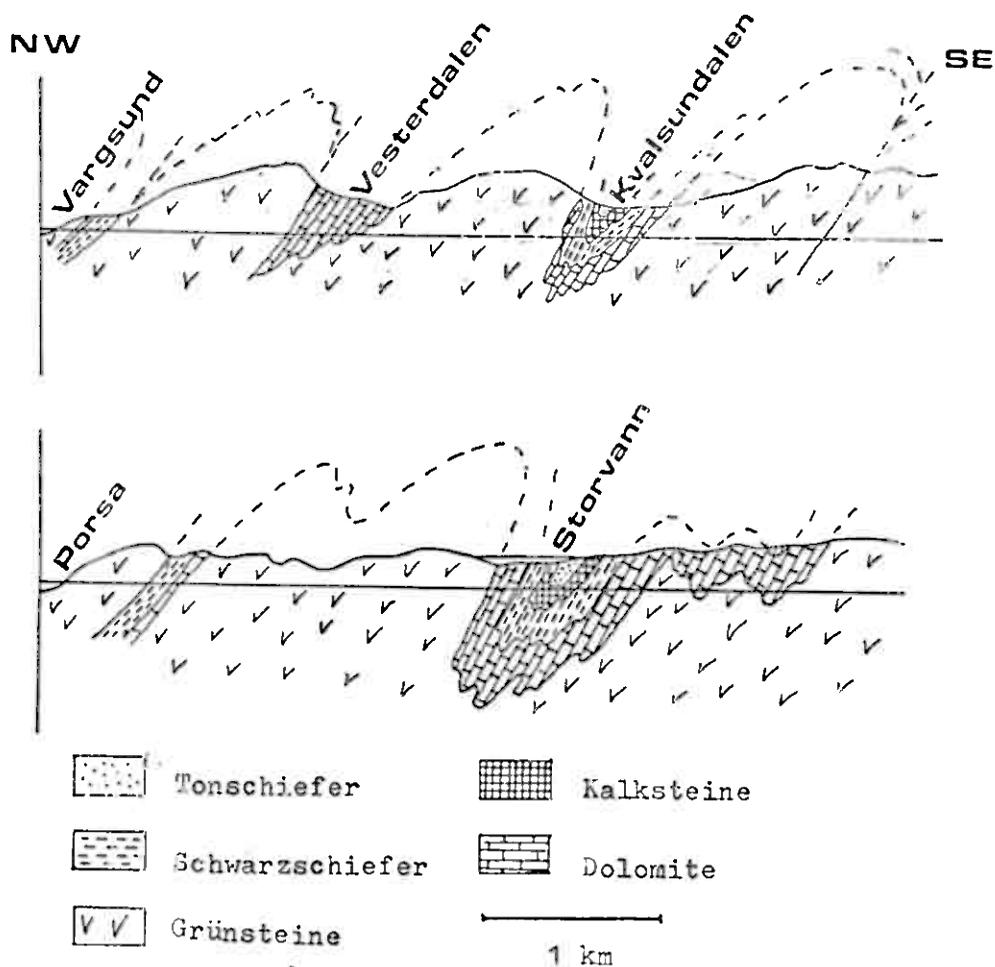


Abb. 9 und Abb. 10: Zwei geologische Profile nach Pharaoh (1976)

## Lithologie

### PORSAVANN-GRUPPE

#### Høgfjell-Formation:

Die Høgfjell-Formation bildet die unterste Einheit der Porsavann-Gruppe und ist mindestens 2 km mächtig. Sie besteht aus Basalten, die teilweise Pillow-Strukturen aufweisen. Diese sind am besten im Bereich des Gruvevanns zu beobachten (Abb. 11 und Abb. 12). Die Laven sind feinkörnig und grün. Die Schieferung ist, von einigen Ausnahmen abgesehen, nur sehr schwach ausgebildet. Die Mineralparagenese, entstanden durch die Metamorphose, ist Albit-Aktinolith-Epidot-Chlorit-Magnetit. Magnetitkristalle in mm-Größe lassen sich häufig beobachten.

Über diesen Vulkaniten folgt ein Konglomerat, dessen Gerölle aus subangularen Fragmenten der darunterliegenden Vulkanite bestehen. Die Matrix ist sehr chloritreich. Innerhalb der Konglomerate treten bisweilen chloritreiche Schiefer auf. Die Mächtigkeit des Konglomerats beträgt 0 - 20 m, ist aber an den meisten Stellen ausgebildet.

Über dem Konglomerat folgt lokal ein feinkörniger Schiefer mit grüner und violetter Farbe, der wenige Meter Mächtigkeit besitzt.

#### Vargsund-Formation:

Die Høgfjell-Formation wird von der Vargsund-Formation abgelagert, einer Sequenz aus karbonatreichen Sedimenten, hauptsächlich Dolomite, aber auch mit einigen Kalksteinen und eingelagerten Quarziten (Abb. 13 und Abb. 14). An der Basis liegen 0,2 - 1,0 m mächtige Dolomitbänke. Zwischen den Bänken können unregelmäßige dünne Quarzlagen auftreten. Der Quarz durchsetzt auch den Dolomit und ist auch häufig auf Klüften zu beobachten. Es ist nicht sicher, ob der Quarz primär oder sekundär entstanden ist. Ebenfalls an der Basis dieser Formation treten lokal dünne, dunkle Schieferlagen in Wechsellagerung mit dem Dolomit auf. Der Dolomit weist eine gelbbraune Verwitterungsfarbe auf, die offensichtlich

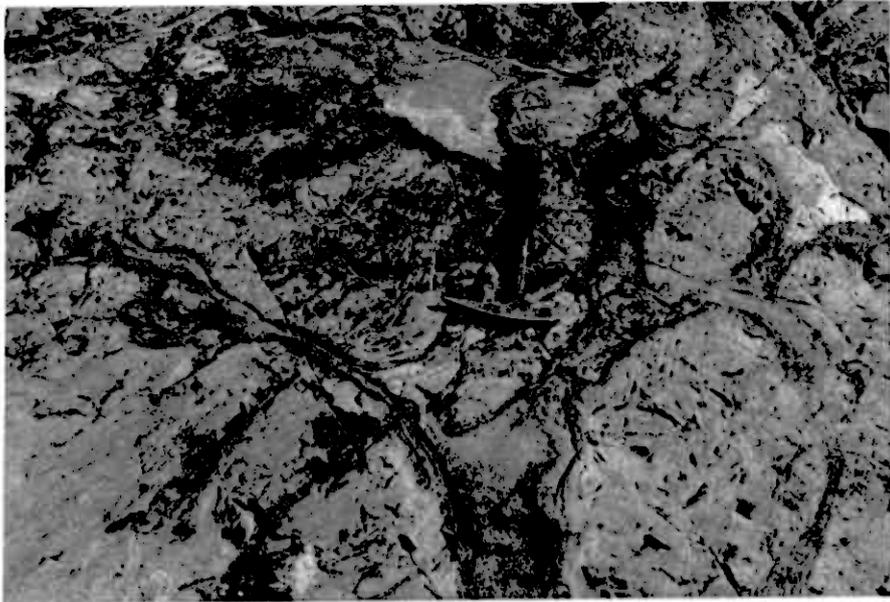


Abb. 11: Pillow-Lava am nördlichen Ufer des Gruvevann



Abb. 12: Pillow-Lava am nördlichen Ufer des Gruvevann



Abb. 13: Dolomite der Vargsund-Formation (weiß) nördlich des Storvann, die die Laven der Høgfjell-Formation (grau) überlagern



Abb. 14: Dolomite der Vargsund-Formation westlich des Storvann

durch einen Anteil von Eisen verursacht wird. Am frischen Bruch ist der Dolomit weiß. Im oberen Bereich kommen auch dunkelrote Lagen vor, in denen fein verteiltes Erz im Dolomit zu beobachten ist. Teilweise können innerhalb der Dolomite mm-dicke sandige Horizonte beobachtet werden. Lokal treten auch dünne Tonschiefer und graue kalkreiche Schieferhorizonte auf.

Über der Dolomitsequenz liegen, allerdings sehr lokal entwickelt, sedimentäre Brekzien und Quarzite. Diese lassen sich an der Westseite des Storvann und zwischen Porsa und Saraby beobachten. Die Dolomite sind mindestens 100 m mächtig. Die Mächtigkeit schwankt jedoch sehr, infolge der Faltung.

#### Kvalsund-Formation:

Die Vargsund-Formation wird konkordant von der Kvalsund-Formation überlagert. Hierbei handelt es sich um eine monotone Serie von Schwarzschiefern, die eine intensive Schieferung aufweist (Abb. 15 und Abb. 16). Innerhalb der Schwarzschiefer befinden sich lokal Anreicherungen von Sulfiden sowie Anomalien der radioaktiven Strahlung. Diese Erscheinungen werden in Kap. 6 diskutiert.

#### Langorvann-Formation:

Die Langorvann-Formation bildet die oberste Formation der Porsavann-Gruppe. Sie setzt sich aus sedimentären Gesteinen zusammen. An der Basis liegt eine Sequenz von Tonschiefern. Im unteren Bereich sind diese Tonschiefer meist grau bis schwarz, werden zum Hangenden hin mehr violett, grünlich oder grauweiß und nehmen mehr den Charakter von kalkreichen Schiefern an. Darüber folgt eine etwa 3 - 4 m mächtige Konglomeratlage mit Milchquarz-, Quarzit- und Schiefergeröllen. Darüber folgt ein Konglomerat mit Schiefergeröllen, deren Größe im cm-Bereich liegt und die gelbe und grüne Farbe besitzt. Die Matrix ist violett. Der Horizont hat eine Mächtigkeit von ca. 2 m. Am Top dieser Formation befindet sich eine Sequenz, die aus Peliten (Tuffe) und Dolomitlagen besteht. Die pelitischen Lagen sind graugrün und bestehen hauptsächlich aus Chlorit und Sericit. Der Dolomit ist weiß mit gelb-



Abb. 15: Schwarzschiefer der Kvalsund-Formation südlich  
des Storvann

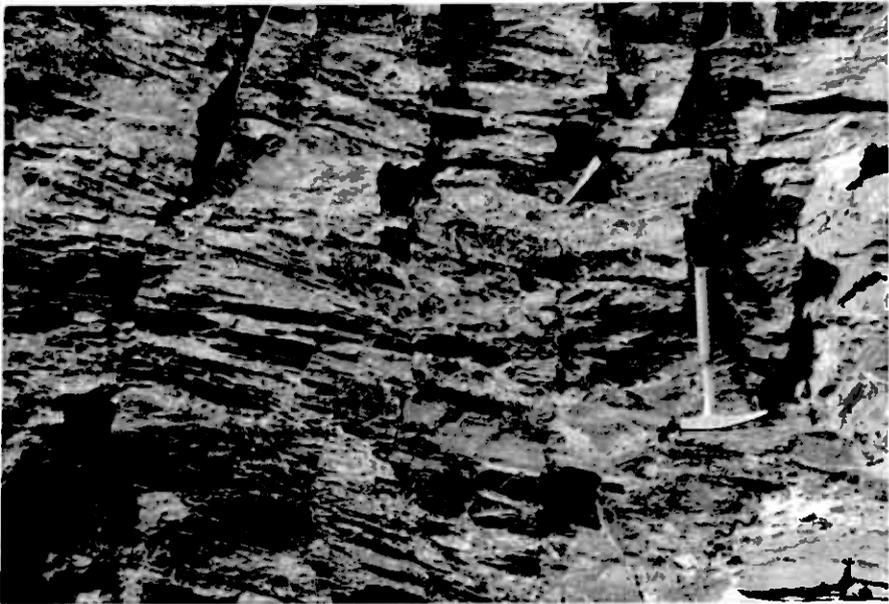


Abb. 16: Schwarzschiefer der Kvalsund-Formation südlich  
des Storvann

brauner Verwitterungsfarbe. Es treten auch einige Kalksteinlagen auf. Die Mächtigkeit dieser Lagen liegt zwischen 5 und 10 cm.

#### LOMVANN-FORMATION

Zwischen den präkambrischen Gesteinen der Porsavann-Gruppe und der kaledonischen Überschiebungsdecke des Kalak-Komplexes liegt ein dünner Horizont von sedimentären Gesteinen, die Lomvann-Formation, die diskordant die darunterliegenden überlagern (Abb. 17).



Abb. 17: Diskordante Überlagerung der Lomvann-Formation (Pfeil) auf die Gesteine der Porsavann-Gruppe südwestlich des Storvann

Pharaoh (1976) stuft diese Formation als Eokambrium ein. Die Formation besteht aus Tonschiefern mit Sandsteineinlagen. An der Basis ist teilweise ein Konglomerat entwickelt.

#### Tektonik und Metamorphose

Die Gesteine des Porsa-Nevefjord-Gebietes wurden von der Metamorphose nur wenig beansprucht. Primäre Gesteinsstrukturen, wie z.B. Pillows in Laven, sind gut erhalten. Keine der sedi-

mentären Einheiten zeigt, daß die Metamorphose jemals die Muskovit-Chlorit-Subfazies überschritten hätte.

Die Tektonik ist durch steile Gewölbescheitelbrüche mit Scheitelüberschiebungen gekennzeichnet, so daß die Grünsteine, die die Kerne der Sättel bilden, über die Sedimente geschoben wurden, welche die Muldenkerne bilden. Die Überschiebungen bedingen schuppige Aufschiebungen innerhalb der Sedimente und teilweise eine intensive Kataklyse. Im Vesterdalen ist die Stratigraphie teilweise so kataklastisch, daß nur an wenigen Stellen Relikte von relativ undeformierten Sedimenten beobachtet werden können. Die Schieferung (karelisch) fällt steil nach NW, währenddessen sie im übrigen Gebiet des Komagfjord-Fensters steil nach SE einfällt. Dieses Phänomen und die Kataklyse sind wahrscheinlich auf eine Kompression von NW während der kaledonischen Orogenese zurückzuführen. Die karelische Schieferung wurde um einige Grad rotiert, so daß sie nach NW einfällt. Der Einfluß der kaledonischen Orogenese nimmt nach SE hin stark ab und ist schon am Skinnfjell fast nicht mehr zu beobachten, wo die Schieferung senkrecht steht. Trotz der Einwirkung der kaledonischen Orogenese auf die Gesteinseinheiten, sind die präkambrischen Strukturen noch gut zu beobachten: Die karelische Faltung bewirkte Faltenachsen, die in NE-SW-Richtung verlaufen, wobei die kompetenten Laven weit weniger Spezialfalten aufweisen als die Sedimente. Diese Faltung bewirkte eine Schieferung, die sehr gut in den Schwarzschiefern der Kvalsund-Formation zu beobachten ist (siehe auch Abb. 16). Die kaledonische Faltung bewirkte auf die Gesteine der Porsavann-Gruppe keine Deformation, mit Ausnahme der Kataklyse und Rotation, wohl aber auf die inkompetenten Gesteine der Lomvann-Formation.

#### 1.5 Kontamination und Bedeckung

Bei den hier durchgeführten Untersuchungen wurden u.a. als Prospektionsmatrizes Bachwässer und Bachsedimente verwendet. An diesen wurde eine große Anzahl von Spurenelementanalysen durchgeführt. Um falsche Interpretationen bei

der Diskussion der dabei erhaltenen Anomalien zu vermeiden, ist die Kenntnis evtl. vorhandener anthropogener Kontaminationsquellen unbedingt erforderlich.

Das Porsa-Nevefjord-Gebiet ist, außer entlang der Küste, unbesiedelt. Im Bereich der besiedelten Gebiete wurden jedoch keine Proben aus dem Entwässerungssystem entnommen, so daß Kontaminationen durch verdeckte Abflußrohre, Abfall usw. ausgeschlossen werden können. Eine Kontaminationsquelle stellen allerdings die ehemaligen Grubenaktivitäten dar. Über das gesamte Arbeitsgebiet verstreut, befinden sich Schächte, Stollen, Schürfe und Halden. Diese haben im Laufe der Jahrzehnte durch chemische Verwitterung sekundäre Dispersionshöfe gebildet, welche an manchen Stellen Bachsedimente und Bachwässer kontaminieren.

Kontaminationsquellen können jedoch auch durch natürliche Vorgänge, wie z.B. Transport von Gesteinslosmassen während der Eiszeit entstehen. Vererzte Gerölle können durch Gletscher kilometerweit transportiert werden und somit heute "falsche Anomalien" im Entwässerungssystem verursachen. Dazu ist die Kenntnis der Transportrichtung der Gletscher erforderlich, um solche Anomalien diskutieren zu können. Im Porsa-Nevefjord-Gebiet ist die Möglichkeit des Auftretens solcher Anomalien kaum gegeben. Die Bedeckung durch Moränenschutt ist relativ gering. Etwas Moränenschutt, der offensichtlich aber nicht weit transportiert wurde, ist im Bereich des Nordwesthangs des Stortinds zu beobachten, sowie teilweise in Kvalsundalen. Die Bedeckung durch Gesteinschutt im übrigen Gebiet wäre eher als Blockschutt anzusprechen, der aus der unmittelbaren Nähe des anstehenden Gesteins stammt.

Im größten Teil des Arbeitsgebietes sind die Gesteine gut aufgeschlossen. In den Tälern ist eine dünne Bodenbedeckung vorhanden. Kleinere Sümpfe treten häufig auf.

## 2. Angewandte Prospektionsmethoden

### 2.1 Geochemische Methoden

Mit Hilfe der Bearbeitung von Bachwässern und Bachsedimenten sollten sekundäre Dispersionshöfe der Elemente Cu, Pb, Ag, Ni, Co, As, Mo, Cd, Cr, V und U erfaßt werden und dadurch verborgene Erzvorkommen dieser Metalle aufgefunden werden. Dank der gut entwickelten Drainage im Arbeitsgebiet konnte ein relativ dichtes Probennetz vorgegeben werden. Die Lage der Probenpunkte ist aus Karte 1 zu ersehen.

Zur Interpretation von geochemischen Anomalien in den Untersuchungsmedien müssen einige Überlegungen über das geochemische Verhalten der Metalle, wie Mobilität, Adsorption usw. angestellt werden.

#### 2.1.1 Beprobung von Bachwässern

Die Bachwasserproben wurden in einem Abstand von ca. 200 m entlang der Bäche genommen. Bei den Proben wurden Analysen von Uran und Alkalität durchgeführt, sowie die Alpha-Aktivität von Radon gemessen. Außerdem wurden an vielen Probenpunkten Eh- und pH-Wert bestimmt.

##### Eh- und pH-Wert:

Eh- und pH-Wert sind zwei wichtige Faktoren, die die Löslichkeit von Metallen in Wässern bestimmen. Sie beeinflussen die Oxidation der Minerale, deren Ionen bei der geochemischen Exploration im Entwässerungssystem nachgewiesen werden sollen. Als Näherung kann man annehmen, daß die Löslichkeit mit abnehmendem pH-Wert größer wird. Steigt der pH-Wert in Richtung auf den alkalischen Bereich, erreichen die Elemente den Punkt der Hydrolyse und fallen als Hydroxide aus. Tab. 3 zeigt den pH-Wert der Hydrolyse einiger wichtiger Elemente, wobei bei diesen Untersuchungen bearbeitete Elemente unterstrichen sind. Der pH-Wert der Hydrolyse hängt auch von der Konzentration der Metalle ab. Für diese Untersuchungen wurde der Fall in Tab. 3 für niedrige Konzentration angenommen. Ebenso kann man sagen, daß

Element	pH	Element	pH	Element	pH	Element	pH
Fe <sup>+3</sup>	2.0	Al <sup>+3</sup>	4.1	Cd <sup>+2</sup>	6.7	Pr <sup>+3</sup>	7.1
Zr <sup>+4</sup>	2.0	U <sup>+6</sup>	4.2	Ni <sup>+2</sup>	6.7	Hg <sup>+2</sup>	7.3
Sn <sup>+2</sup>	2.0	Cr <sup>+3</sup>	5.3	Co <sup>+2</sup>	6.8	Ce <sup>+3</sup>	7.4
Ce <sup>+4</sup>	2.7	Cu <sup>+2</sup>	5.3	Y <sup>+3</sup>	6.8	La <sup>+3</sup>	8.4
Hg <sup>+1</sup>	3.0	Fe <sup>+2</sup>	5.5	Sm <sup>+3</sup>	6.8	Ag <sup>+1</sup>	7.5-8.0
In <sup>+3</sup>	3.4	Bc <sup>+2</sup>	5.7	Zn <sup>+2</sup>	7.0	Mn <sup>+2</sup>	8.5-8.8
Th <sup>+4</sup>	3.5	Pb <sup>+2</sup>	6.0	Nd <sup>+3</sup>	7.0	Mg <sup>+2</sup>	10.5

Tab. 3: pH-Wert der Hydrolyse für einige Elemente in verdünnten Lösungen, von Britton (1955)

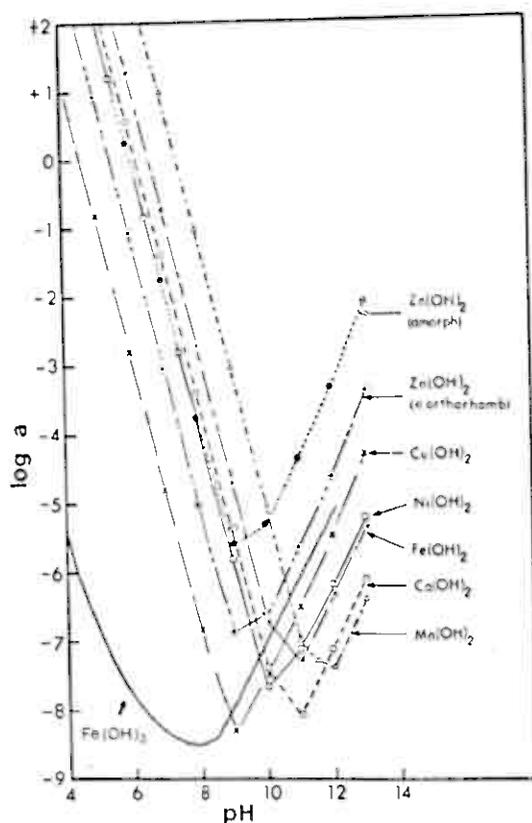


Abb. 18: Maximale Aktivität von Schwermetallen im Gleichgewicht mit ihren Hydroxiden in Abhängigkeit vom pH-Wert (aus Jenne, 1968; Kurve für Fe(OH)<sub>3</sub>: Morgan und Stumm, 1965)

die Löslichkeit der Hydroxide mit steigendem pH-Wert abnimmt (Abb. 18). Der pH-Wert der hier untersuchten Bachwässer liegt zwischen 6,61 und 9,60 mit einem Mittelwert von 8,15. Dies würde bedeuten, daß ein Teil der betrachteten Elemente nur in geringem Umfang in Lösung vorliegt. Die Bildung von anorganischen und organischen Komplexen jedoch erhöhen die Mobilität um Größenordnungen. Für das Element Uran wird dies weiter unten ausführlicher diskutiert werden. In der Praxis kann davon ausgegangen werden, daß die Löslichkeit für alle untersuchten Metalle gegeben ist und sie somit in die beprobten Gewässer eingebracht werden können.

Der Eh-Wert ist ein Maß für die Oxidationsstärke in einem wäßrigen System und bestimmt, in welcher Oxidationsstufe die Elemente in den Lösungen vorliegen. In den Bächen des Arbeitsgebietes liegt er zwischen 408 mV und 636 mV mit einem Mittelwert von 521 mV. Abb. 19 zeigt ein Eh-pH-Diagramm, in dem die Bereiche verschiedener, auf der Erdkruste auftretender Gewässer, dargestellt sind. In Abb. 20 ist zum Vergleich die Lage der beprobten Bäche dargestellt, wobei die Punkte für die einzelnen Bäche stehen. Diese Lage innerhalb des Eh-pH-Diagramms ist typisch für Bachwässer generell. In Abb. 21 ist ein Eh-pH-Diagramm gezeigt, daß die Redoxpotentiale einiger Sulfide darstellt. Abb. 22 zeigt den Stabilitätsbereich von Uraninit. Aus beiden Diagrammen kann ersehen werden, daß die Redoxpotentiale der beprobten Bäche höher liegen als die der genannten Minerale (außer Au in Abb. 21) und diese somit in Lösung gehen können.

#### Uran:

Uran kann bei der hydrogeochemischen Prospektion nicht nur zur Suche nach Uranerzvorkommen, sondern auch als Pfadfinderelement für andere Erzvorkommen eingesetzt werden. Im Forsa-Nevefjord-Gebiet kommen einige Kupfervererzungen vor, die auch Uran in nicht unbeträchtlichen Mengen enthalten. Der Einsatz als Pfadfinderelement wird umso mehr dadurch gerechtfertigt, daß Uran im Wasser eine sehr hohe

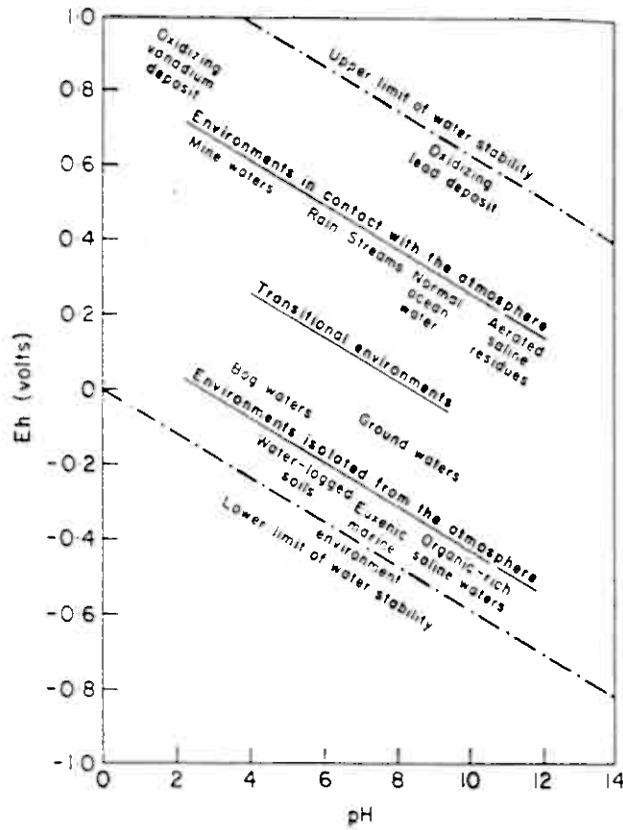


Abb. 19: Lage von auf der Erdkruste auftretenden Gewässern im Eh-pH-Diagramm (Garrels, 1960)

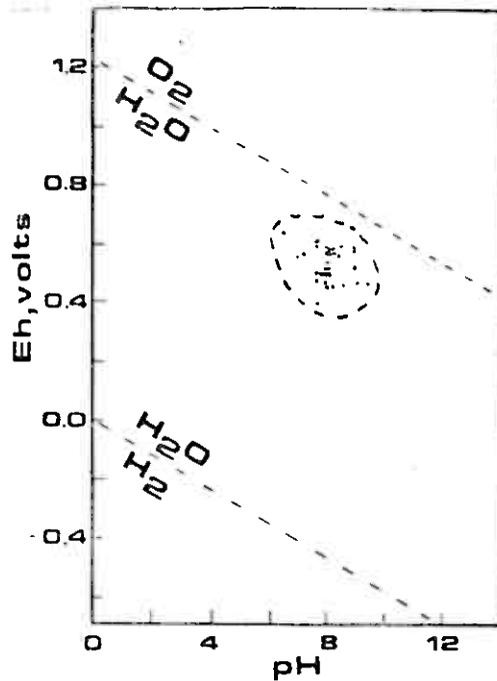


Abb. 20: Lage der beprobten Bäche im Eh-pH-Diagramm

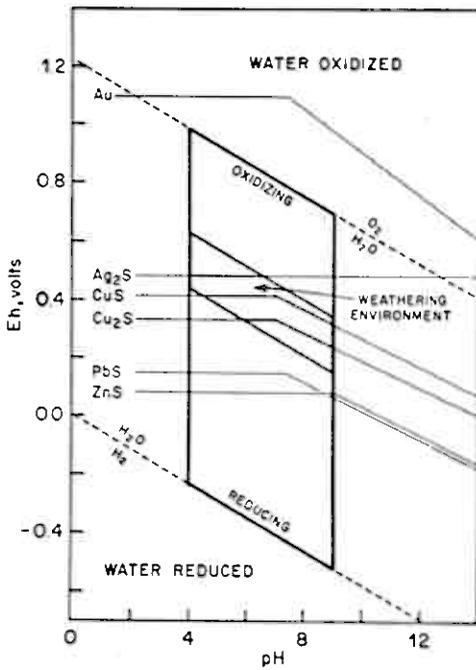


Abb. 21: Redoxpotentiale einiger Sulfide (bei 25° C, 1 atm, Metallionenaktivität 10<sup>-6</sup> M, Hansuld (1967)

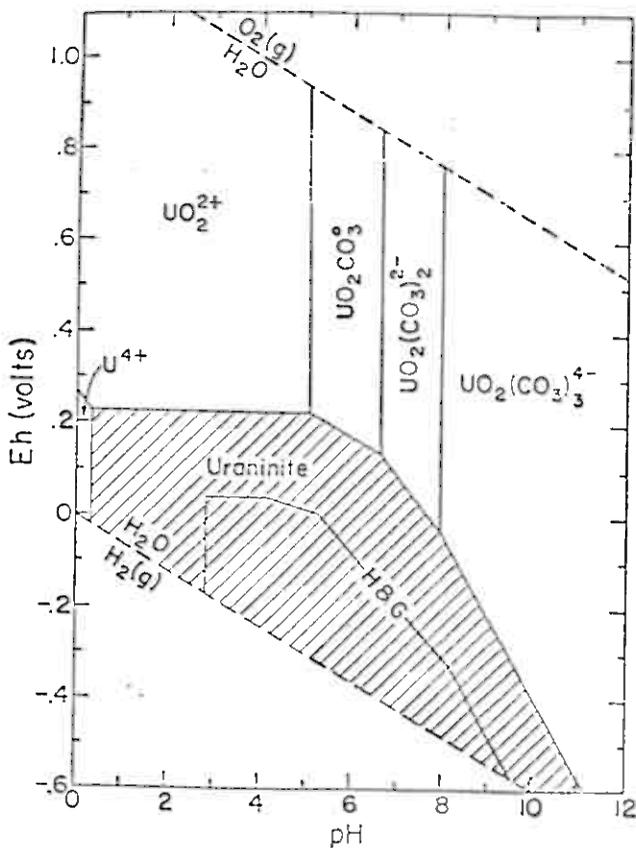


Abb. 22: Stabilitätsbereich von Uraninit im System U-O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O bei 25° C, pCO<sub>2</sub>=10<sup>-2</sup> atm, U 10<sup>-6</sup> M (Langmuir, 1978). H&G bezeichnet die Stabilitätsgrenze nach Hostetler&Garrels(1962)

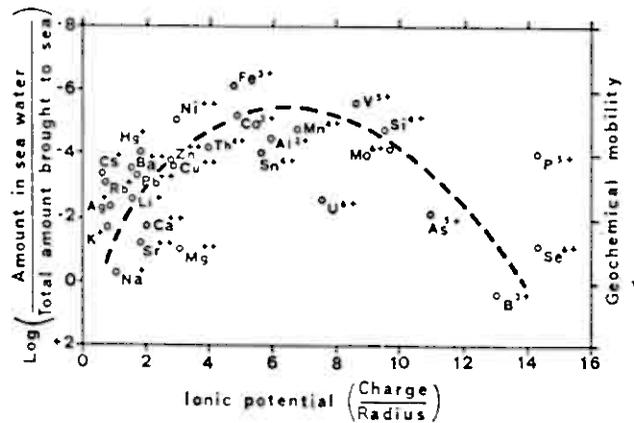


Abb. 23: Geochemische Mobilität einiger Elemente, Garrels & Christ (1965)

Mobilität aufweist. Die Position eines Elementes in Abb. 23 gibt ein Maß für dessen Mobilität. Darin ist der Logarithmus des Verhältnisses der Masse eines entsprechenden Elementes im Meerwasser zur gesamten Masse des Elements, die durch die Gesteinsverwitterung ins Meer transportiert wurde, welches ein Maß für die Mobilität ist, gegen das Ionenpotential (Ladung/Radius) verschiedener Elemente aufgetragen. Hexavalentes Uran nimmt eine besondere Stellung ein. Seine geochemische Mobilität ist wesentlich höher als die, die dem Ionenpotential entsprechen würde. Das liegt daran, daß das Uranyl-Ion ( $UO_2^{2+}$ ) und nicht  $U^{6+}$  unter oxidierenden Bedingungen stabil ist. Meistens aber bildet es lösliche Komplexe, welche die Mobilität um ein vielfaches steigern. Bei der geochemischen Prospektion ist die Kenntnis der verschiedenen Komplexe und der daraus resultierenden Erhöhung der Mobilität unbedingt erforderlich und muß bei der Interpretation von geochemischen Anomalien berücksichtigt werden. Daher wird die Geochemie des Urans in wäßrigen Lösungen im Nachfolgenden grob skizziert werden:

Langmuir (1978) gibt einen Überblick über die verschiedenen Species des Urans. Er zeigt unter Verwendung thermodynamischer Daten, daß Uran in natürlichen Wässern meist als Komplex vorliegt, wobei die Karbonat-Komplexe eine wesentliche Rolle spielen (Kyuregian & Kochryan 1969, Culbert & Leighton 1978 und andere). Es kann aber auch als

Hydroxyl-, Phosphat-, Fluorid-, Sulfat- und evtl. als Silikat-Komplex vorliegen. Diese Komplexe erhöhen die Löslichkeit von Uranmineralen erheblich und steigern die Mobilität in Grund- und Oberflächenwässern. Die Uran(IV)-Fluorid-Komplexe, wie  $UF_2^{2+}$ ,  $UF_3^+$ ,  $UF_4^0$  und  $UF_5^-$  sind wichtig in reduzierenden Wässern bei pH-Werten unter 4 (Kakihana & Ishiguro 1974, Baes & Mesmer 1976, Savage & Brown 1960). In diesen Wässern liegen über pH 3 hauptsächlich Hydroxylkomplexe wie  $U(OH)_2^{2+}$ ,  $U(OH)_3^+$ ,  $U(OH)_4^0$  und  $U(OH)_5^-$  vor. Bei Sulphat-Gehalten von etwa 100 ppm in Grundwässern ist bis zum pH-Wert 7  $UO_2SO_4^0$  eine wichtige Species (Lietzke & Stoughton 1960). Silizium bildet einen relativ schwachen Komplex  $UO_2SiO(OH)_3^+$ , der bei pH 6 bedeutend werden kann (Porter & Weber 1971). Eine wichtige Rolle spielen die Phosphatkomplexe. Der Komplex  $UO_2(HPO_4)_2^{2-}$  kann bei einer Konzentration von 0,1 ppm Phosphat in reinem Wasser über die Hydroxyl-Komplexe in einem pH-Bereich von 4 - 10 dominieren (Moskvin et al. 1967). Dieses setzt jedoch die Abwesenheit von  $CO_2$  voraus. Bei dem üblichen  $pCO_2$  von  $10^{-2}$  atm sind die Karbonatkomplexe die dominierenden Species, wie  $UO_2CO_3^0$ ,  $UO_2(CO_3)_2^{2-}$  und

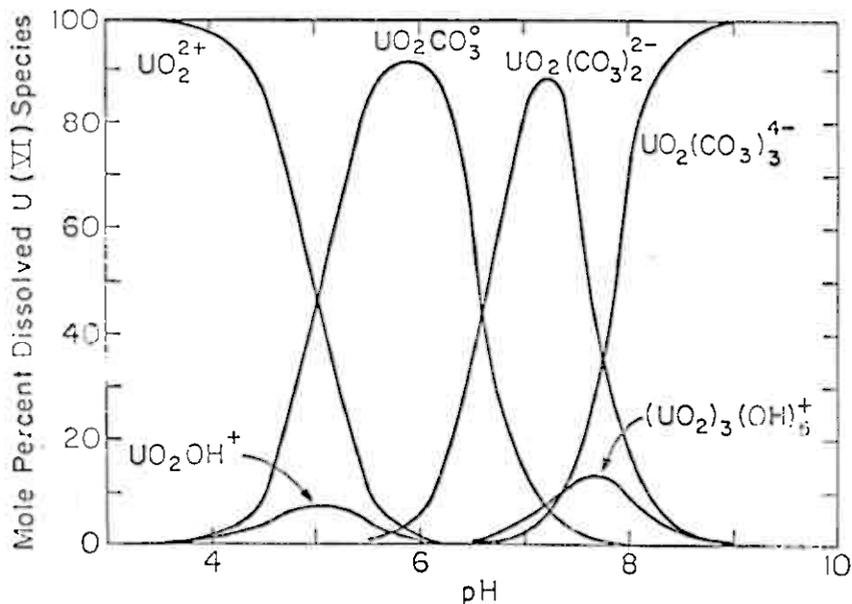


Abb. 24: Stabilitätsbereiche der Uranyl-Hydroxyl-Komplexe und -Karbonat-Komplexe in Abhängigkeit vom pH-Wert,  $pCO_2 = 10^{-2}$  atm,  $U = 10^{-8}$  M,  $25^\circ C$ , Langmuir (1978)

$\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3^{4-}$  (Sergeyeva et al. 1972, Scanlan 1977, Tsymbal 1969, Cinneide et al. 1975). Die Stabilitätsbereiche der einzelnen Karbonatkomplexe in Abhängigkeit vom pH-Wert sind in Abb. 24 dargestellt.

Wegen der Bedeutung der Karbonatkomplexe wurde in den Bächen des Arbeitsgebietes die Alkalität ( $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  und  $\text{HCO}_3^-$ ) gemessen. Es wurde festgestellt, daß ausnahmslos eine  $\text{HCO}_3^-$ -Alkalität vorliegt. Die Werte für

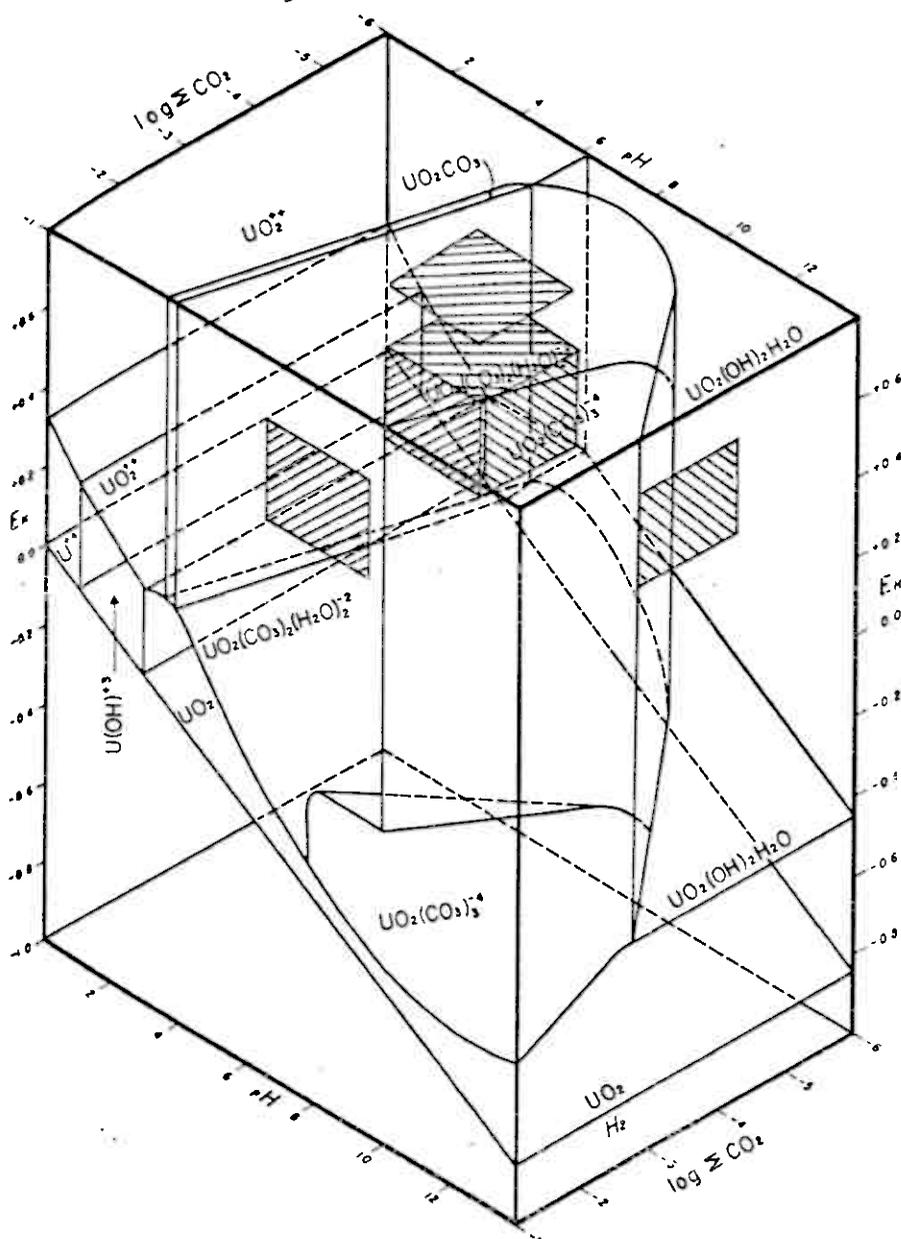


Abb. 25: Stabilitätsbereiche der Uranyl-Karbonat-Komplexe in Abhängigkeit von pH- und Eh-Wert und gelöstem Karbonat. Gelöste Uran-Species =  $10^{-6}$  M. Innerhalb des Quaders liegen die im Arbeitsgebiet beprobten Bäche, aus Garrels & Christ (1965)

$\text{HCO}_3^-$  liegen zwischen 5 und 92 ppm mit einem Mittelwert von 26 ppm. In Abb. 25 ist der Bereich der beprobten Bäche in Abhängigkeit von pH-Wert, Eh-Wert und gelöstem Karbonat dargestellt. Gleichzeitig sind die Stabilitätsbereiche der entsprechenden Uranyl-Komplexe eingezeichnet. Aus Abb. 25 ist zu ersehen, daß in den Bächen des Arbeitsgebietes die Species  $\text{UO}_2(\text{CO}_3)_2^{2-}$ , der Uranyl-Dikarbonat-Komplex vorliegt.

In Abb. 26 ist ein Überblick über die Bedeutung der einzelnen Uranyl-Komplexe bei einem  $\text{CO}_2$ -Druck und Konzentrationen für Chlorid, Phosphat, Sulphat, Fluorid und Silikat dargestellt. Diese Konzentrationen sind typisch für Grundwässer in der Wind River Formation im Shirley Basin von Wyoming, USA (Harshman 1972).

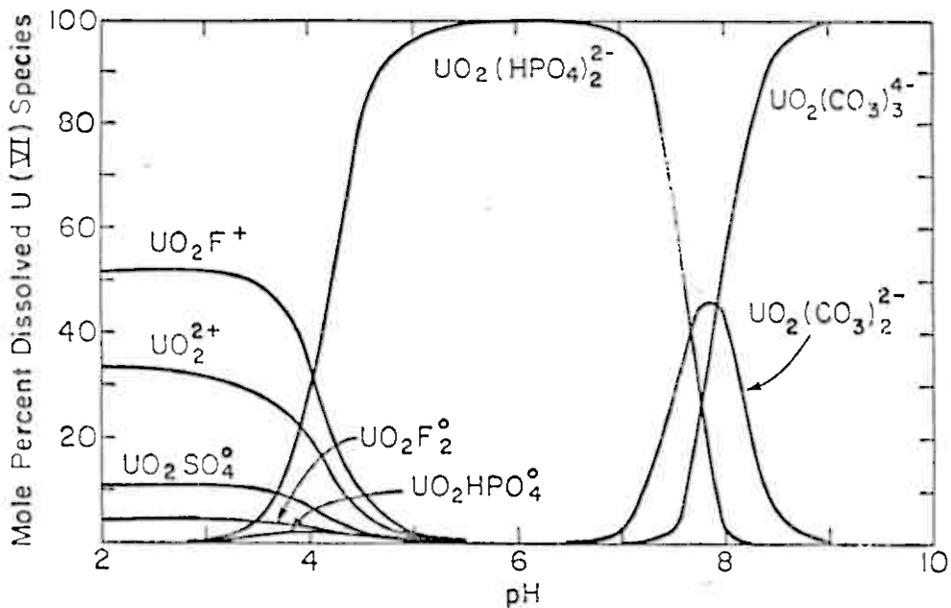


Abb. 26: Verteilung der Uranyl-Komplexe in Abhängigkeit vom pH-Wert in Grundwässern der Wind River Formation bei  $25^\circ\text{C}$ ,  $p\text{CO}_2 = 10^{-2,5}\text{ atm}$ ,  $\Sigma\text{F} = 0,3\text{ ppm}$ ,  $\Sigma\text{Cl} = 10\text{ ppm}$ ,  $\Sigma\text{SO}_4 = 100\text{ ppm}$ ,  $\Sigma\text{PO}_4 = 0,1\text{ ppm}$ ,  $\Sigma\text{SiO}_2 = 30\text{ ppm}$ .

#### Radon:

Im weiteren Bereich der aufgefundenen Uran-Anomalien im Wasser und der bereits bekannten Uran-Mineralisationen wurden

Radon-Bestimmungen im Bachwasser durchgeführt. Der Grund für den Einsatz von Radon als Pfadfinderelement bei der Suche nach Uranerzvorkommen basiert auf der Tatsache, daß Radon ein gasförmiges radioaktives Tochterprodukt der U- bzw. Th-Zerfallsreihen ist. Es besitzt die Fähigkeit, durch poröse Gesteine, Böden und Klüfte zu migrieren und sich im Wasser zu lösen. Es ist somit in der Lage, durch direkten Zerfall aus Uran Dispersionshöfe um radioaktive Erzvorkommen zu bilden.

Thorium series			Uranium-Actinium series			Uranium-Radium series		
Isotope	Mode of decay	Half-life	Isotope	Mode of decay	Half-life	Isotope	Mode of decay	Half-life
$^{232}\text{Th}$	$\alpha$	$1.4 \times 10^{10}\text{Y}$	$^{238}\text{U}$	$\alpha$	$7.04 \times 10^8\text{Y}$	$^{238}\text{U}$	$\alpha$	$4.47 \times 10^8\text{Y}$
↓			↓			↓		
$^{228}\text{Ra}$	$\beta$	5,75 Y	$^{234}\text{Th}$	$\beta$	25,6 H	$^{234}\text{Th}$	$\beta$	24,1 D 44% 0,1
↓			↓			↓		
$^{228}\text{Ac}$	$\beta$	6,13 H	$^{231}\text{Pa}$	$\alpha$	$3.25 \times 10^4\text{Y}$	$^{234}\text{Pa}$	$\beta$	1,18 M
↓			↓			↓		
$^{228}\text{Th}$	$\alpha$	1,91 Y 1,91 Y	$^{227}\text{Ac}$	$\beta$	21,8 Y	$^{234}\text{U}$	$\alpha$	$2.44 \times 10^5\text{Y}$
↓			↓			↓		
$^{224}\text{Ra}$	$\alpha$	3,64 D	$^{227}\text{Th}$	$\alpha$	18,72 D	$^{230}\text{Th}$	$\alpha$	$7.7 \times 10^4\text{Y}$
↓			↓			↓		
$^{220}\text{Rn}$	$\alpha$	55,6 S	$^{223}\text{Ra}$	$\alpha$	11,4 D	$^{226}\text{Ra}$	$\alpha$	1600 Y
↓			↓			↓		
$^{216}\text{Po}$	$\alpha$	0,15 S	$^{219}\text{Rn}$	$\alpha$	3,96 S	$^{222}\text{Rn}$	$\alpha$	3,824 D
↓	0,014% $\beta$		↓			↓		
$^{212}\text{Pb}$	$\beta$	0,24	$^{215}\text{Po}$	$\alpha$	$1.78 \times 10^{-3}\text{S}$	$^{214}\text{Po}$	$\alpha$	3,05 M
↓			↓			↓		
$^{212}\text{Bi}$	66,3% $\beta$	60,6 M	$^{211}\text{Pb}$	$\beta$	36,1 M	$^{214}\text{Pb}$	$\beta$	26,8 M
↓			↓			↓		
	33,7% $\alpha$		$^{211}\text{Bi}$	$\alpha$	2,13 M	$^{214}\text{Bi}$	$\beta$	19,8 M
			↓			↓		
$^{212}\text{Po}$	$\alpha$	$3.0 \times 10^{-6}\text{S}$	$^{207}\text{Tl}$	$\beta$	4,76 M	$^{214}\text{Po}$	$\alpha$	$1.64 \times 10^{-4}\text{S}$
↓	$\beta$	3,05 M	↓			↓		
$^{208}\text{Tl}$			$^{207}\text{Pb}$	Stable	—	$^{214}\text{Pb}$	$\beta$	22,3 Y
↓						↓		
$^{208}\text{Pb}$	Stable	—				$^{214}\text{Bi}$	$\beta$	5,01 D
						↓		
						$^{210}\text{Po}$	$\alpha$	138,4 D
						↓		
						$^{206}\text{Pb}$	Stable	—

Tab. 4 : Radioaktive Zerfallsreihen von Th und U

Es gibt drei Radon-Isotope, die durch Zerfall in der jeweiligen Zerfallsreihe entstehen (siehe Tab. 4):  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{220}\text{Rn}$  und  $^{219}\text{Rn}$ . Das wichtigste Radon-Isotop ist  $^{222}\text{Rn}$  wegen der relativ längsten Halbwertszeit.  $^{219}\text{Rn}$  kann vernachlässigt werden, da die Halbwertszeit zu kurz ist (4 Sekunden) und wegen des relativ geringen Auftretens von  $^{235}\text{U}$ . Von Bedeutung kann allerdings das Isotop  $^{220}\text{Rn}$  sein,

das aus der Thorium-Zerfallsreihe stammt. Es besitzt eine Halbwertszeit von knapp einer Minute und muß somit bei Radon-Messungen berücksichtigt werden. Bei Radon-Messungen im Wasser jedoch kann davon ausgegangen werden, daß der Zeitabstand zwischen Entstehen des  $^{220}\text{Rn}$  und der Messung des Isotops so groß ist, daß  $^{220}\text{Rn}$  nicht mehr aktiv ist. Der Zusammenhang zwischen Zerfall von  $^{222}\text{Rn}$  und  $^{220}\text{Rn}$  sowie das Entstehen von  $^{218}\text{Po}$  aus  $^{222}\text{Rn}$  ist in Abb. 27 dargestellt.

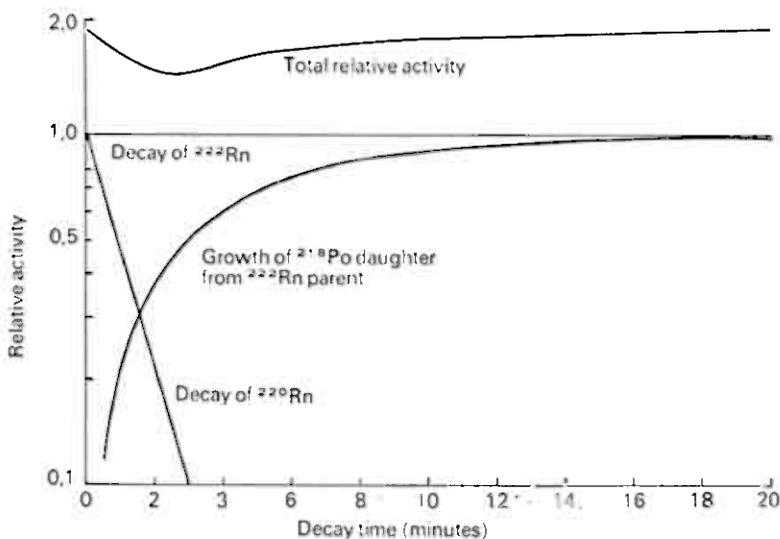


Abb. 27: Zusammenhang zwischen Zerfall von  $^{222}\text{Rn}$  und  $^{220}\text{Rn}$  sowie dem Entstehen von  $^{218}\text{Po}$  aus  $^{222}\text{Rn}$ . Hambleton-Jones(1978)

Die Radon-Isotope sind alpha-aktiv. Die Aktivität kann mit einem Alpha-Scintillationszähler bestimmt werden.

### 2.1.2 Beprobung von Bachsedimenten

Bachsedimente wurden an den gleichen Probenpunkten genommen wie die Bachwässer, also in 200 m-Abständen. Es wurde darauf geachtet, daß möglichst nur aktives, anorganisches Sediment aus der Bachmitte entnommen wurde, was aber nicht überall möglich war. Die Proben wurden anschließend in Polyäthylenbeutel gefüllt.

Bei den Bachsedimentproben wurde der mit heißer  $\text{HNO}_3$  extrahierbare Anteil der Elemente Cu, Pb, Ag, Ni, Co, As, Mo,

Cd, Cr, V und U analysiert, um sekundäre Dispersionshöfe von Erzvorkommen der genannten Metalle zu erfassen. Eine Reihe dieser Elemente können auch als sogenannte Pfadfinderelemente für Erzvorkommen anderer Metalle eingesetzt werden. Tab. 5 zeigt eine Auflistung verschiedener Pfadfinderelemente, sowie die verschiedenen Typen von Erzvorkommen, zu deren Suche sie eingesetzt werden können. Die bei diesen Untersuchungen in den Bachsedimentproben analysierten Metalle sind unterstrichen.

<i>Pathfinder Element(s)</i>	<i>Type of Deposit</i>
<u>As</u>	Au, Ag; vein-type
<u>As</u>	Au-Ag-Cu-Co-Zn; complex sulfide ores
<u>B</u>	W-Be-Zn-Mo-Cu-Pb; skarns
<u>B</u>	Sn-W-Be; veins or greisens
<u>Hg</u>	Pb-Zn-Ag; complex sulfide deposits
<u>Mo</u>	W-Sn; contact metamorphic deposits
<u>Mn</u>	Ba-Ag; vein deposits; porphyry copper
<u>Se, V, Mo</u>	U; sandstone-type
<u>Cu, Bi, As, Co, Mo, Ni</u>	U; vein-type
<u>Mo, Te, Au</u>	porphyry copper
<u>Pd, Cr, Cu, Ni, Co</u>	platinum in ultramafic rocks
<u>Zn</u>	Ag-Pb-Zn; sulfide deposits in general
<u>Zn, Cu</u>	Cu-Pb-Zn; sulfide deposits in general
<u>Rn</u>	U; all types of occurrences
<u>SO<sub>4</sub></u>	sulfide deposits of all types

Tab. 5: Beispiele einiger Pfadfinderelemente und Typen von Erzvorkommen, zu deren Suche sie eingesetzt werden können, Levinson (1974)

Zur Diskussion von geochemischen Anomalien ist die Kenntnis der Faktoren, die die Fixierung von Schwermetallen in Bachsedimenten steuern, notwendig. Die Negierung dieser Vorgänge könnte zu falschen Interpretationen der Analyseergebnisse führen.

Eine entscheidende Rolle bei der Fixierung von Schwermetallen in Bachsedimenten spielt die Sorption an Schichtsilikaten, in erster Linie Tonmineralen, und an organischen Substanzen. Tab. 6 gibt eine Übersicht über die Austausch-

Kapazität solcher Materialien.

In den bearbeiteten Bachsedimenten des Porsa-Nevefjord-Gebietes wurde aus diesem Grunde der Anteil der organischen Substanz bestimmt. Eine allgemeine Regel ist, daß Ionen mit höherer Ladung eine stärkere Affinität zum Ionenaustausch besitzen als Ionen mit niedriger Ladung. Bei den bearbeiteten Bachsedimenten des Arbeitsgebietes zeigte es sich, daß oft Uran-Anomalien dort auftreten, wo hohe Anteile der organischen Substanz gemessen werden. Dasselbe Verhalten, wenn auch nicht in einem solch starken Maße, wurde bisweilen ebenfalls bei Cu, Pb, Ag, As, Mo und Cd beobachtet. Diese Anomalien sind also nicht auf Mineralisationen zurückzuführen.

Tab. 6: Austauschkapazität von Kationen für Schichtsilikate und organische Substanzen. Daten von Joffe (1949), Grim (1953) und Scheffer & Schachtschabel (1970)

Material	Austauschkapazität (Milliäquivalent/100 g)
Kaolinit	3 - 15
Halloysit	5 - 50
Montmorillonit	80 - 150
Illit	10 - 40
Chlorit	10 - 40
Vermiculit	100 - 150
organische Fraktionen von Böden	150 - 500

Ein anderer Mechanismus der Fixierung von Schwermetallen ist die Kopräzipitation mit Manganoxiden und Eisenoxidhydraten. Analysen von solchen Eisen- und Manganverbindungen zeigen oft stark erhöhte Schwermetallkonzentrationen. Der Einfluß dieser geschilderten Vorgänge wurde bei diesen Untersuchungen jedoch nicht berücksichtigt.

Weitere Faktoren, die die Anreicherung von Schwermetallen in Bachsedimenten kontrollieren, sind z.B. die Hydrolyse

der Metalle und der Eh-Wert der Sedimente. In anaeroben Sedimenten werden z.B. häufig Schwermetalle als Sulfide fixiert. Bei der Diskussion von Eh- und pH-Wert in Kap. 2.1.1 wurde gezeigt, daß diese anaeroben Bedingungen in den beprobten Bächen nicht gegeben sind.

Es ließen sich noch eine Reihe anderer Faktoren aufzählen, die jedoch von untergeordneter Bedeutung sind.

### 2.1.3 Entnahme von Erzproben

An zwei interessanten Vererzungen des Porsa-Nevefjord-Gebietes, an Bachkes- und Bahrs-Grube, wurden einige Erzproben entnommen. Die Proben konnten nur von Halden genommen werden, da der Zugang zu den Gruben selbst nicht möglich war. Das Gewicht der einzelnen Proben betrug ca. 1 - 2 kg. Es wurden die Elemente Cu, Pb, Ag, Au, Zn, Ni, Co, Mo, Cd, Cr, Th und U bestimmt. Die Analysendaten sowie deren Korrelation zueinander sollten in Verbindung mit mikroskopischen Untersuchungen Aufschlüsse über Metallgehalte und Genese der Erzvorkommen geben.

### 2.2 Geophysikalische Messungen

Während des Sommers 1977 wurden über dem gesamten Gebiet des Komagfjord-Fensters geophysikalische Messungen durch den Geological Survey of Norway (NGU) im Auftrag von Folldal-Verk A/S durchgeführt (Håbrekke, 1977). Die dabei erhaltenen Daten und geophysikalischen Karten sollen im Rahmen dieser Arbeit für das Porsa-Nevefjord-Gebiet, den westlichen Teil des Komagfjord-Fensters, diskutiert werden. Im Nachfolgenden werden kurz die verschiedenen eingesetzten Meßmethoden beschrieben.

Die geophysikalischen Messungen wurden vom Helikopter aus (Typ Sikorsky S55T) durchgeführt. Dabei wurde die Magnetik, Elektromagnetik und radioaktive Strahlung des Gesteins gemessen. Das gesamte Gebiet wurde in Profillinien mit 200 m Abstand in 200 Fuß Höhe überflogen. Die Flughöhe wurde laufend gemessen, um später die Resultate korrigieren zu kön-

nen. Bei den magnetischen Messungen wurde neben dem Magnetometer im Helikopter ein stationärer Magnetometer installiert, der die zeitlichen Variationen des erdmagnetischen Felds maß. Bei dem im Helikopter installierten Magnetometer handelte es sich um einen Geometrics G 803 Protonenmagnetometer. Die Sensorelemente befanden sich ca. 10 m unter dem Helikopter in einer Meßsonde. Die Meßrepetitionszeit betrug 1,5 Sekunden. Bei einer Fluggeschwindigkeit von 100 km/h bedeutete das Messungen in ca. 50 m-Abständen. Die Meßgenauigkeit betrug 1 gamma. Die Meßergebnisse wurden in einer geomagnetischen Anomalienkarte festgehalten.

Die Meßinstrumente für die elektromagnetischen Messungen waren in einer 7 m-langen Sonde montiert, die 100 Fuß über der Erdoberfläche geschleppt wurde. Das Instrument vom Typ Sander EM 3 bestand aus einer Sender- und Empfängerspule, die jeweils am Ende der Sonde im Abstand von 7 m montiert waren. Die Spulen waren vertikal zur Achse angebracht. Sender- und Empfängerelektronik waren ebenfalls in der Sonde untergebracht, während sich Steuerorgane und Registrierungsinstrumente im Helikopter befanden. Die Tiefenreichweite wurde von Sander Geophysics mit max. 100 m angegeben. Die Senderfrequenz betrug 1000 Hz. Das Instrument maß und registrierte sowohl Imaginär- als auch Reellkomponente von elektrischen Leitern unter der Meßsonde. Das Anomaliensignal, das das Feld der Senderspule in das der Meßspule induzierte, wurde in ppm gemessen. Die Ergebnisse wurden in Anomalienkarten für die Imaginär- und Reellkomponente dargestellt.

Der dritte Typ der durchgeführten Untersuchungen waren radiometrische Messungen. Dabei wurde die gamma-Strahlung des Gesteins gemessen. Die Meßsonde bestand aus vier 4" x 6" NaJ-Kristallen. Die Sonde befand sich im Helikopter. Es handelte sich um einen Spektrometer vom Typ Geometrics 3001. Er diskriminierte zwischen den Strahlungen der Isotope  $^{40}\text{K}$ ,  $^{214}\text{Bi}$  (Tochterprodukt von  $^{238}\text{U}$ ) und

$^{208}\text{Tl}$  (Tochterprodukt von  $^{232}\text{Th}$ ). Die Meßrepetitionszeit betrug 1,5 Sekunden. Die Meßergebnisse wurden in Karten dargestellt, in denen die geflogenen Profile eingezeichnet sind.

Alle geophysikalischen Karten werden für den Bereich des Porsa-Meverfjord-Gebietes im Kap. 5.3 diskutiert.

### 2.3 Geobotanik

Aus geobotanischer Sicht ergab sich ein recht interessanter Aspekt durch das Auftreten der *Viscaria alpina* innerhalb des Arbeitsgebietes (Abb. 28). Diese etwa 10 cm hohe, rosa blühende Pflanze wurde schon von den alten skandinavischen Bergleuten als Indikatorpflanze für Kupfererzvorkommen benutzt (Vogt 1942, Brooks 1972). Ihr Vorkommen wurde ebenfalls auf zahlreichen skandinavischen "Kiesvorkommen" beobachtet.



Abb. 28:  
*Viscaria alpina*

Im Bereich des Arbeitsgebietes blüht sie für eine Dauer von ca. 6 Wochen, von etwa Ende Juli bis Anfang September. Dank ihrer hellen rosa Farbe ist sie über der Baumgrenze meist schon aus größerer Entfernung zu erkennen. In der Nähe von Kupfervererzungen tritt sie meist auf feuchten Böden oder entlang von Bächen etwas hangabwärts der Vererzungen auf, wo die kupferhaltigen Lösungen austreten.

### 3. Analysen

#### 3.1 Analysen der Bachwässer

##### 3.1.1 Bestimmung von Uran

An den Probenpunkten wurden jeweils 250 ml Bachwasser entnommen. Die Proben wurden durch Melitta-Papierfilter filtriert, in Polyäthylenflaschen gefüllt und jeweils mit 1 ml konz.  $\text{HNO}_3$  angesäuert. Die Haltbarkeit dieser Proben bis zur Analyse ist auf maximal 10 Tage begrenzt. Da die Analysen nicht an Ort und Stelle durchgeführt werden konnten, wurden die Proben per Luftpost nach Deutschland gesandt. Zwischen Probennahme und Analyse lag ein Zeitabstand von maximal 10 Tagen. Die Analysen wurden von der Firma Gewerkschaft-Brunnhilde, Uetze/Hann. durchgeführt. Die Bestimmung der Urangehalte erfolgte fluorometrisch, wobei das Uran zunächst in eine organische Phase überführt wird, von der ausgehend dann die Messungen der Intensität der Fluoreszenz an NaF-K-Na-Karbonat-Tabletten in einem Jarrel Ash-Fluorometer erfolgte. Nach Angaben des Firmenmanagers Bültemann (1979), pers. Mitt., sei die angewandte Analysenmethode "außerordentlich genau". Sie gestatte Nachweise bis  $<0,1$  ppb U.

##### 3.1.2 Bestimmung der Alkalität

Die Alkalitätsbestimmungen wurden auf der Basis einer kolorimetrischen Titration durchgeführt. Im einzelnen wurde dabei folgendermaßen vorgegangen: Es werden 10,0 ml der zu untersuchenden Wasserprobe in einen Erlenmeyerkolben pipettiert. Der 50 ml-Erlenmeyerkolben sollte vor jedem Test mehrmals mit dem zu untersuchenden Wasser gut gespült werden. Anschließend wird ein Tropfen Phenolphthalein-Indikatörlösung zugegeben und mit der Wasserprobe gut vermischt. Nimmt die Wasserprobe eine blaßrosa Färbung an, wird mit Standard-Schwefelsäure (0,02 n) solange titriert, bis die Färbung verschwindet. Der Verbrauch von Standard-Schwefelsäure, multipliziert mit dem Faktor 100, ergibt die sogenannte p-Alkalität (oder p-Wert) als  $\text{CaCO}_3$  in mg/l. An-

schließlich werden zwei Tropfen Brom-Cresol-Grün-Methyl-Rot-Indikatorlösung zugegeben und mit der Wasserprobe gut vermischt. Die so vorbereitete Wasserprobe wird nun mit Standard-Schwefelsäure solange tropfenweise unter ständigem Mischen titriert, bis die Färbung der Wasserprobe von grün oder blaugrün auf blaß rosa umschlägt. Der Verbrauch an Standard-Schwefelsäure dieser Titration in ml, multipliziert mit dem Faktor 100, ergibt die sogenannte m-Alkalität (oder m-Wert) als  $\text{CaCO}_3$  in mg/l. Der jeweilige Hydroxid-, Karbonat- oder Bikarbonatanteil aus beiden Titrationen bzw. aus p- und m-Wert, kann anhand von Tab. 7 berechnet werden:

Tab. 7 zur Berechnung des Anteils von  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  und  $\text{HCO}_3^-$ .

Ergebnis der Titration	Die Probe enthält:		
	Hydroxid	Karbonat	Hydrogenkarbonat
$p = 0$	0	0	m
$2p < m$	0	2p	m-2p
$2p = m$	0	2p	0
$2p > m$	2p-m	2(m-p)	0
$p = m$	m	0	0

Die Reproduzierbarkeit der Messungen liegt bei Konzentrationen von ca. 55 ppm  $\text{HCO}_3^-$  bei  $\pm 3,4\%$ .

### 3.1.3 Radon-Messungen

Für die Radon-Messungen in Bachwässern stand ein Alpha-Scintillationszähler der Firma Gewerkschaft-Brunhilde, Uetze/Hann., zur Verfügung (siehe Abb. 29). Das Gerät besitzt eine hohe Meßgenauigkeit, da man die Messungen über einen längeren Zeitraum (hier 3 Minuten) durchführen kann. Die Anzahl der Impulse wird digital angezeigt. 4500 Impulse/3 Min. entsprechen ca. 5 nCi, welches durch eine Standardquelle  $^{241}\text{Am}$  ermittelt wurde.

Es wurde die Aktivität in der Luft gemessen, die aus 650 ccm Bachwasser nach 1 Minute "herausgeschüttelt" wurde. Diese Luft wurde anschließend mit einer Handpumpe (siehe Abb. 29)

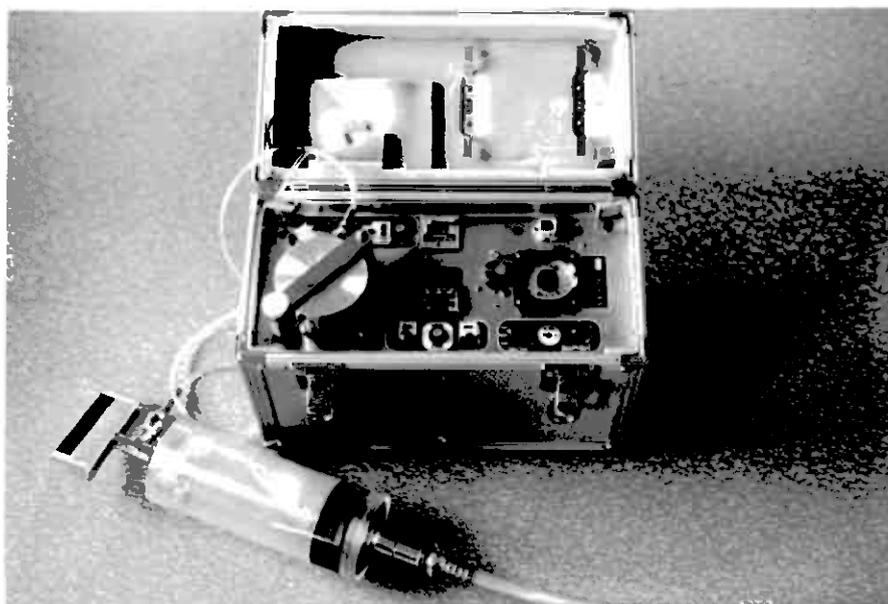


Abb. 29: Alpha-Scintillationszähler mit Handpumpe zur Bestimmung von Radon in Bachwässern

in die Meßkammer des Alpha-Scintillationszählers gedrückt.

Die Reproduzierbarkeit der Messungen liegt bei niedrigen Werten (Zimmerbackground) bei  $\pm 24,7 \%$ , bei hohen Werten ( $^{241}\text{Am}$ -Quelle) bei  $\pm 0,9 \%$ .

#### 3.1.4 Eh- und pH-Wert-Messungen

Die Eh- und pH-Wert-Bestimmungen wurden mit einem Gerät der Firma Schott, Mainz durchgeführt. Das Gerät ist batteriebetrieben. Die Anzeige der Meßwerte erfolgt digital. Bei diesem Gerät sind anschließende Korrekturen der Meßwerte wegen der Wassertemperatur nicht notwendig, da diese am Gerät direkt eingestellt werden können. Für die pH-Wert-Bestimmungen wurde eine Glas-Calomel-Elektrode verwendet, für die Eh-Wert-Messungen eine Platin-Calomel-Elektrode. Bei den Eh-Wert-Messungen wurde die Spannung zwischen Platin und Calomel gemessen und 256 mV für die Spannung Calomel-Normalwasserstoffelektrode für Wassertemperaturen von ca.  $10^\circ \text{C}$  addiert.

Die Wassertemperatur wurde bei jeder Messung ebenfalls bestimmt.

### 3.2 Analysen der Bachsedimente

#### 3.2.1 Probenaufbereitung

Nach der Entnahme wurden die Bachsedimente in Polyäthylenbeutel gefüllt. Das Probengewicht lag meist bei etwa 1 kg. Anschließend wurden die Proben in einem Trockenschrank bei 50°C getrocknet. Danach wurden die Sedimente durch ein Polyamid-Sieb der Maschenweite 150 µm gesiebt und nur die Fraktion < 150 µm analysiert.

#### 3.2.2 Analysen der Elemente Cu, Pb, Ag, Ni, Co, As, Mo, Cd, Cr und V mittels AAS mit Graphitrohrküvette

Bei den Bachsedimenten wurde der HNO<sub>3</sub>-lösliche Anteil der Schwermetalle bestimmt. 0,1 g der Probensubstanz wurden in Reagenzgläsern für eine Dauer von 2 Stunden bei 90 - 95°C in 4n HNO<sub>3</sub> erhitzt. Die Proben wurden alle 15 Minuten gut umgeschüttelt. Anschließend wurde auf 10 ml aufgefüllt.

Zur Analyse stand ein Perkin-Elmer Atomabsorptionsspektrophotometer Typ 400 zur Verfügung, der mit der Graphitrohrküvette Perkin-Elmer HGA 500 ausgerüstet war. Es wurden unbeschichtete Graphitrohrchen verwandt. 20 µl der Probenlösungen wurden durch einen automatischen Probenwechsler, Typ Perkin-Elmer AS 1, in die Graphitrohrchen eingespritzt. Anschließend wurden die Probelösungen verdampft, thermisch vorbehandelt und schließlich atomisiert. Diese einzelnen Schritte wurden über einen Programmer gesteuert. Die einzelnen Meßparameter für jedes einzelne Element sind aus Tab. 8 zu ersehen. Bei einigen Elementen wurde zur Erhöhung der Analysenempfindlichkeit der Strom des Spül- und Schutzgases (Argon 5.0) beim Atomisierungsschritt vermindert. Die Absorptionspeaks wurden mit einem Schreiber registriert. Die Konzentration des betreffenden Metalls wurde durch Verhältnisbildung der Peakhöhen vorgegebener wässriger Monoelement-Eichlösungen und jene der zu analysierenden Lösungen bestimmt.

Tab. 8: Meßparameter der einzelnen Elemente zur Atomabsorptions-Analyse mit Graphitrohrküvette HGA 500. Es handelt sich um von der Firma Perkin-Elmer empfohlene Werte.

Element	Wellenlänge (nm)	Verdampfungs-temp (°C)	therm.Vorbehandl. (°C)	Atomisierungstemp	Gasflußreduzierung
Cu	324,7	110	900	2700	nein
Pb	283,2	110	450	2500	nein
Ag	328,1	110	500	2500	ja
Ni	232,0	110	1200	2700	nein
Co	241,8	110	1000	2700	ja
As	193,7	110	900	2700	ja
Mo	313,4	110	1800	2700	ja
Cd	228,8	110	250	2100	ja
Cr	357,9	110	1200	2700	nein
V	318,4	110	1500	2700	ja

Zur Ermittlung der Genauigkeit der angewandten analytischen Methode wurden einige Standards gemessen. Die Standards wurden mit HF-HNO<sub>3</sub> in Teflonbomben aufgeschlossen. Aus Tab. 9 sind die empfohlenen Daten im Vergleich zu den gemessenen Werten zu ersehen. Die Daten der Geochemical Exploration-Standards GRX 1 - GRX 6 stammen aus Allcott & Lakin (1974), die für die Gesteinsstandards SGR 1 und GSP 1 aus Flanagan (1976).

Zur Bestimmung der Reproduzierbarkeit der Analysen wurde eine Probe (Nr. 5), 10 ml in 4n HNO<sub>3</sub> angelöst und gemessen. Die dabei auftretenden Schwankungen sind aus Tab. 10 zu ersehen.

### 3.2.3 Bestimmung von Uran mittels Fluorometrie

Die Proben wurden nach der Methode von Smith und Lynch (1969) auf Uran fluorometrisch analysiert. Diese Methode basiert auf der Tatsache, daß Uransalze in der Gegenwart von NaF fluoreszieren. In der Praxis wird so vorgegangen,

Tab. 9: Standardanalysen. Angegeben sind die empfohlenen Werte, die gefundenen Werte darunter in Klammern. Alle Angaben in ppm.

Standard	SGR-1	GSP-1	GRX-1	GRX-2	GRX-3	GRX-4	GRX-5	GRX-6
Cu	69,4 (68,6)	33,3 (48,7)	1108 (1223)	78 (79,7)	16 (65,2)	6470 (6780)	360 (427)	68 (64,6)
Pb	41,2 (33,8)	51,3 (44,1)	725 (835)	700 (804)	30 (36,2)	50 (122)	36 (33,1)	100 (112)
Ag	<0,1 (<0,15)	0,1 (<0,15)	29 (25,2)	17 (14,4)	2,5 (1,6)	4 (3,2)	1,5 (0,8)	1,5 (1,0)
Ni	31,4 (35,1)	12,5 (14,7)	41 (39,6)	24,8 (25,2)	67,2 (67,0)	46,2 (46,1)	77,2 (79,2)	38,7 (34,6)
Co	13,2 (15,7)	6,4 (7,3)	20 (17,9)	13,9 (12,6)	53 (46,9)	20 (19,8)	35 (32,1)	21 (18,0)
As	25 (-)	0,09 (<3)	35 (40)	70 (79)	43,5 (46)	117,5 (135)	40 (48)	57,5 (65)
Mo	36,1 (43,3)	0,9 (2,0)	24,8 (22,7)	9,2 (9,2)	8,0 (8,6)	354 (371)	77,2 (41,6)	29,8 (20,2)
Cd	- (-)	0,06 (0,1)	4,0 (4,6)	4,7 (5,4)	3,0 (2,7)	1,15 (1,1)	1 (1,1)	1,3 (1,2)
Cr	33,5 (23,1)	12,5 (15,0)	-	-	-	-	-	-
V	117,2 (104)	52,9 (46,3)	-	-	-	-	-	-

Tab. 10: Reproduzierbarkeitsmessungen. Alle Werte gemessen an Probe Nr. 5 (Angaben in ppm)

Probe	5a	5b	5c	5d	5e	5f	5g	5h	5i	5k
Cu	190	212	184	186	198	211	198	201	185	196
Pb	7	8	7	7	7	8	5	7	8	6
Ag	0,3	0,35	0,35	0,35	0,4	0,35	0,8	0,35	0,4	0,25
Ni	42	45	44	54	49	56	34	43	35	32
Co	12	11	12	12	12	13	10	12	12	10
As	6	8	7	8	8	9	5	7	6	5
Mo	0,1	0,4	0,25	0,25	0,25	0,3	0,1	0,3	0,25	0,1
Cd	0,19	0,23	0,22	0,22	0,23	0,23	0,20	0,20	0,18	0,19
Cr	60	54	61	56	68	64	64	65	63	59
V	29	28	31	33	29	33	31	29	31	30

daß die in den Proben vorhandenen Uransalze im Zuge eines  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ - $\text{K}_2\text{CO}_3$  - Aufschlusses mit zugegebenem NaF mit dem Fluorid Verbindungen eingehen. Die daraus resultierenden Schmelztabletten werden ultraviolettem Licht ausgesetzt. Die Stärke der Fluoreszenz der Tabletten ist proportional zu der in der Probe enthaltenen Konzentration vom Uran.

Im einzelnen wird dabei folgendermaßen vorgegangen: In ein Reagenzglas, das auf 10 ml gradiert ist, werden 0,25 g der Probensubstanz (Bachsediment) eingewogen. Dann werden 5 ml 4n  $\text{HNO}_3$  dazu gegeben und für 2 Stunden bei 90 - 95°C auf dem Sandbad erhitzt. Alle 15 Minuten wird gut umgeschüttelt. Danach wird mit 4 n  $\text{HNO}_3$  auf 10 ml aufgefüllt und die nicht gelösten Substanzen läßt man absetzen. Die hieraus resultierende Lösung ist Lösung A. 2 ml der klaren Lösung A werden dann in ein zweites, ebenfalls auf 10 ml gradiertes, Reagenzglas pipettiert und anschließend mit 4n  $\text{HNO}_3$  auf 10 ml aufgefüllt. Das ist Lösung B. 1 ml der Lösung wird dann in einen Platintiegel pipettiert und die Lösung auf einer Wärmeplatte abgeraucht. Der Tiegel wird in einer Flamme kurz zur Rotglut erhitzt. Danach werden 3 g des Aufschluß-Gemisches, bestehend aus 45,5 %  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 45,5 %  $\text{K}_2\text{CO}_3$  und 9 % NaF, in den Platintiegel gegeben und auf der Flamme eines Bunsenbrenners (ca. 650°) für 10 Minuten vom Zeitpunkt der Schmelzbildung an, erhitzt. Zwischendurch wird einige Male umgeschwenkt. Danach läßt man den Tiegel abkühlen und die Tablette wird herausgeklopft. Herstellung der Eichkurve: Mit Hilfe von hergestellten Eichlösungen werden Schmelztabletten, die 0,0, 0,05, 0,1, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 und 1,0  $\mu\text{g}/\text{ml}$  Uran enthalten, hergestellt. Die Herstellung dieser Schmelztabletten erfolgt wie auf dem oben beschriebenen Wege. Die Tabletten werden dann in den Strahlengang eines Fluoreszenzspektralphotometers gebracht. Hier stand ein Fluoreszenzspektralphotometer des Typs Fluorospec SF-100 der Firma Baird Atomic zur Verfügung. Die Fluoreszenz der unbekanntenen Proben wird mit denen der Standards verglichen. Ange-

regt wurde mit einer Wellenlänge von 320 nm, registriert die Wellenlänge 553 nm. Die abgelesene Menge von  $\mu\text{g U}$  in den unbekanntenen Proben, multipliziert mit dem Faktor 200, ergibt den Gehalt Uran in ppm.

Die Reproduzierbarkeit der Analysen liegt bei etwa 10 %.

Nachteile dieser Analysenmethode: Vor der Analyse wird Uran nicht von den anderen Elementen abgetrennt. Das bedeutet, daß evtl. andere schwere Elemente, die in höheren Konzentrationen zugegen sind, die Fluoreszenz des Urans unterdrücken könnten. Ein weiterer Nachteil liegt in der Zubereitung der Schmelztabletten. Es wurde bisweilen beobachtet, daß in der Karbonat-Fluorid-Schmelze noch Substanzen vorhanden sind, die nicht vollständig lösen. Diese Substanzen verursachen hinterher auf der Schmelztablette Schmierfilme, die eine genaue Messung der Fluoreszenz der Tablette stören. Deshalb mußten mehrere Tabletten doppelt hergestellt werden, bzw. der Aufschlußvorgang wiederholt werden.

#### 3.2.4 Bestimmung des Anteils der organischen Substanz, (hier genannt LoI)

Der Anteil der organischen Substanz wurde über den Glühverlust ermittelt. Es wurde der Gewichtsverlust einer bei  $50^{\circ}\text{C}$  getrockneten Probe bestimmt, der nach dem Glühen bei  $500^{\circ}\text{C}$  nach 1 Stunde beobachtet wurde. Dieses kann bei den hier betrachteten Proben als erste Näherung für den Anteil der organischen Substanz angesehen werden.

Die Reproduzierbarkeit der Messungen liegt bei einem Glühverlust von etwa 12 % bei  $\pm 2,1$  %.

### 3.3 Analysen der Erzproben

#### 3.3.1 Probenaufbereitung

Die ca. 1 - 2 kg schweren Erzproben wurden zunächst mit einem Hammer kontaminationsfrei zerkleinert. Danach wurden die Proben in einer Achatmühle auf eine Korngröße

$<63 \mu\text{m}$  gemahlen. Für die XRF-Analysen wurden Pulverpreß-

linge mit einem Borsäure-Bakelit-Mantel angefertigt. Die Probeneinwaage betrug pro Preßling 5 g

### 3.3.2 Analysen der Elemente Cu, Pb, Ag, Au, Zn, Ni, Co, Mo, Cd, Cr und V mittels AAS

1 Gramm des Probenpulvers wurde in ein Becherglas eingewogen und mit 20 ml Königswasser bei 120°C auf einer Heizplatte abgeraucht. Danach wurde die Substanz mit 10 ml n HCl aufgenommen und kurz aufgeköcht. Die Lösung wurde schließlich abfiltriert und auf 100 ml mit Wasser aufgefüllt.

Die Analysen der Erzproben wurden mit einem Atomabsorptionsspektrophotometer der Firma Perkin Elmer Typ 400 durchgeführt. Als Brenngas wurde Acetylen verwandt, als Oxidans Luft bzw. Lachgas. Die Absorption der einzelnen Probelösungen wurde mit der Absorption bekannter, selbst hergestellter, wässriger Monoelement-Eichlösungen verglichen.

Zur Bestimmung der Meßgenauigkeit wurden die Explorationsstandards GRX 2, GRX 5 und GRX 6 herangezogen. Die Konzentrationsangaben der Standards stammen aus Allcott & Lakin (1974). Außerdem wurde die Reproduzierbarkeit der Messungen ermittelt.

Die einzelnen Meßparameter für jedes Element sowie Angaben über Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Analysen sind aus Tab. 11 und 12 zu ersehen.

Die schlechten Werte für die Genauigkeit bei Ag sind auf sehr niedrige Konzentrationen und damit verbundene Ungenauigkeiten zurückzuführen. Die schlechten Werte für Ni und Co sind mit Sicherheit auf das Aufschlußverfahren (Königswasser) zurückzuführen. Silikatisch gebundenes Ni z.B. kann nicht in Lösung gebracht werden.

### 3.3.3 Analysen der Elemente U und Th mittels XRF

Die Elemente Uran und Thorium wurden mittels Röntgenfluoreszenzspektroskopie bestimmt. Dafür stand ein Siemens-Röntgenspektrometer SRS 200 mit 10-Probenwechsler zur Ver-

Tab. 11: Meßparameter für Erzanalysen sowie Reproduzierbarkeit

Element	Wellenlänge (nm)	Brenngas	Oxidans	Flamme	Reproduzierbarkeit
Cu	324,7	Acetylen	Luft	oxidierend	± 1,40 %
Pb	217,0	"	Luft	oxidierend	± 2,0 %
Ag	328,1	"	Luft	oxidierend	± 0,35 %
Au	242,8	"	Luft	oxidierend	nicht ermittelt
Zn	213,9	"	Luft	oxidierend	± 0,73 %
Ni	232,0	"	Luft	oxidierend	± 0,41 %
Co	240,7	"	Luft	oxidierend	± 5,77 %
Mo	313,3	"	Lachgas	reduzierend	± 1,85 %
Cd	228,8	"	Luft	oxidierend	± 2,86 %
Cr	357,9	"	Luft	reduzierend	± 0,59 %
V	318,4	"	Lachgas	reduzierend	± 8,38 %

Tab. 12: Standardanalysen. Angegeben sind die empfohlenen Werte, die gefundenen Werte darunter in Klammern. Alle Angaben in ppm

Standard	GRX 2	GRX 5	GRX 6
Cu	78 (76)		
Pb	700 (696)		
Ag	17 (20)		
Au		nicht ermittelt	
Zn	540 (573)		
Ni		77,2 (65,0)	
Co		35 (28)	
Mo	9,2 (10,0)		
Cd			1,3 (1,3)
Für Cr und V keine Angaben in GRX - Standards			

fügung. Dieses Gerät ist mit einem Logic Controller Typ Siemens LC 200 ausgerüstet, der es erlaubt, viele Meßparameter, wie z.B. Anregungsspannung, Diskriminator, Meßwinkel etc., extern über einen Lochstreifen zu steuern. Die Meßwerte (Impulsraten) werden auf einem Schreiber ausgedruckt.

Die Konzentrationen der betreffenden Elemente wurden nach Vorgabe der nachfolgend angegebenen externen Standards mittels eines Rechenprogramms bestimmt. Der Massenschwächungskoeffizient wurde durch Messung des Mo-K $\alpha$ -Compton-peaks ( $30,082^\circ$  bei LiF 110) bestimmt. Zur Bestimmung der Reproduzierbarkeit des Meßverfahrens wurden 10 von einer Probe hergestellten Preßlinge gemessen.

Bestimmung von Uran:

Meßparameter: Anregung: Mo 60 kV 40 mA

Analysatorkristall LiF 110

Meßwinkel: Peak U L $\alpha$   $37,3^\circ$

Background  $39,1^\circ$  und  $36,5^\circ$

Scintillationszähler: 1250 V

Kollimator:  $0,15^\circ$

Chromblende

Zählzeit: Peak 80 Sek., Backgr., 40 Sek.

Luftbetrieb mit Probenrotation

Diskriminator: Kanalbreite 100 %

Verwandte Standards: NIM G (Standardwerte aus Steele et al., 1978)

SY 2 (Standardwerte aus Abbey et al., 1975)

Blanks: PCC 1 und DTS 1 (Standardwerte aus Flanagan, 1976)

Meßfehler:

Reproduzierbarkeit der Meßwerte incl. Probenaufbereitung  $\pm 1,35$  %

Reproduzierbarkeit der Zählraten des Gerätes:  $\pm 0,55$  %

Genauigkeit: Für Standard SY 2 wurden 291 ppm gemessen. Der Mittelwert der angegebenen Standardwerte (Abbey et al., 1975) liegt bei 290 ppm.

Bestimmung von Thorium:

Meßparameter: Anregung: Mo 60 kV 40 mA

Analysatorkristall LiF 110

Meßwinkel: Peak Th  $L\alpha$   $39,23^\circ$

Background  $35,25^\circ$  und  $41,52^\circ$

Scintillationszähler: 1250 V

Kollimator:  $0,15^\circ$

Chromblende

Zählzeit: Peak 200 Sek., Backgr. 100 Sek.

Luftbetrieb mit Probenrotation

Diskriminator: Kanalbreite 100 %

Verwandte Standards: NIM N, NIM S, NIM G (Standardwerte aus Steele et al., 1978)

Blanks: PCC 1 und DTS 1 (Standardwerte aus Flanagan, 1976)

Meßfehler:

Reproduzierbarkeit der Zählraten des Geräts:  $\pm 0,83$  %

Genauigkeit: Für Standard SY 2 wurden 348 ppm gemessen.

Der Mittelwert der angegebenen Standardwerte (Abbey et al., 1975) liegt bei 347 ppm.

#### 4. Statistische Behandlung und Korrelation der Analysendaten

##### 4.1 Die statistischen Verteilungskurven der Analysendaten

Für jedes einzelne in Bachwässern und Bachsedimenten analysierte Element sowie für den Glühverlust (LoI) wurden die Analysendaten entsprechend der Konzentration in einzelne Klassen untergliedert und in Histogrammen aufgetragen (siehe Abb. 30a - Abb. 44a). Die Anzahl der Klassen wurde nach der Formel  $K = 10 \times \log N$  errechnet (außer für Uran-Wasseranalysen), wobei K die Anzahl der Klassen und N die Anzahl der Ereignisse bedeutet. Für 321 Bachsedimentproben beispielsweise ergab sich also eine Anzahl von 25 Klassen ( $K = 10 \times \log 321 = 25$ ). Durch Auf- oder Abrundung der Intervallbreiten ergab sich dabei bisweilen eine etwas höhere oder niedrigere Klassenzahl. Die Intervallbreite (Klassenbreite) wurde bestimmt, indem jeweils der höchste Analysenwert durch die Anzahl der Klassen dividiert wurde. Eine Abweichung von dieser Regel wurde aus praktischen Gründen beim Element Kupfer vorgenommen, wobei die beiden höchsten Werte, die extrem hohe Werte darstellen, außer acht gelassen wurden.

Aus Abb. 30a - Abb. 44a ist bei den meisten der Elemente die log-normale Verteilung der Analysendaten ersichtlich.

##### 4.2 Klassifikation der Analysendaten

Zur Unterscheidung von Background- und Anomalienwerten müssen die Proben, ihrer Konzentration entsprechend, klassifiziert werden. Dazu wurden die in 4.1 errechneten, in Histogrammen dargestellten Klassen, nach ihrer kumulativen Häufigkeit auf Wahrscheinlichkeitspapier aufgetragen (siehe Abb. 30b - 44b). Jede einzelne Klasse ist dabei durch den Klassenmittelpunkt vertreten. Aus der daraus erhaltenen Kurve wurden graphisch 6 verschiedene Gruppen ermittelt (außer für Uran-Wasseranalysen). Dabei wurde ähnlich dem Schema von Bølviken (1967) vorgegangen, das aus Tab. 13 zu ersehen ist. Die verschiedenen Konzentrationseinteilungen wurden dann in geochemischen Karten festgehalten.

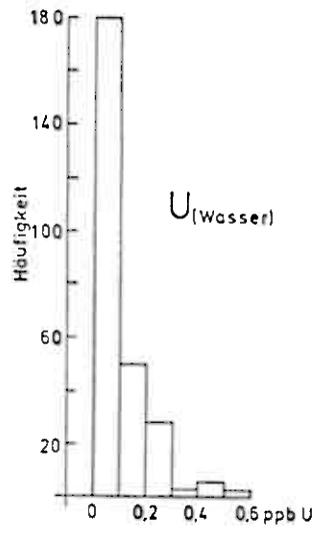


Abb. 30 a

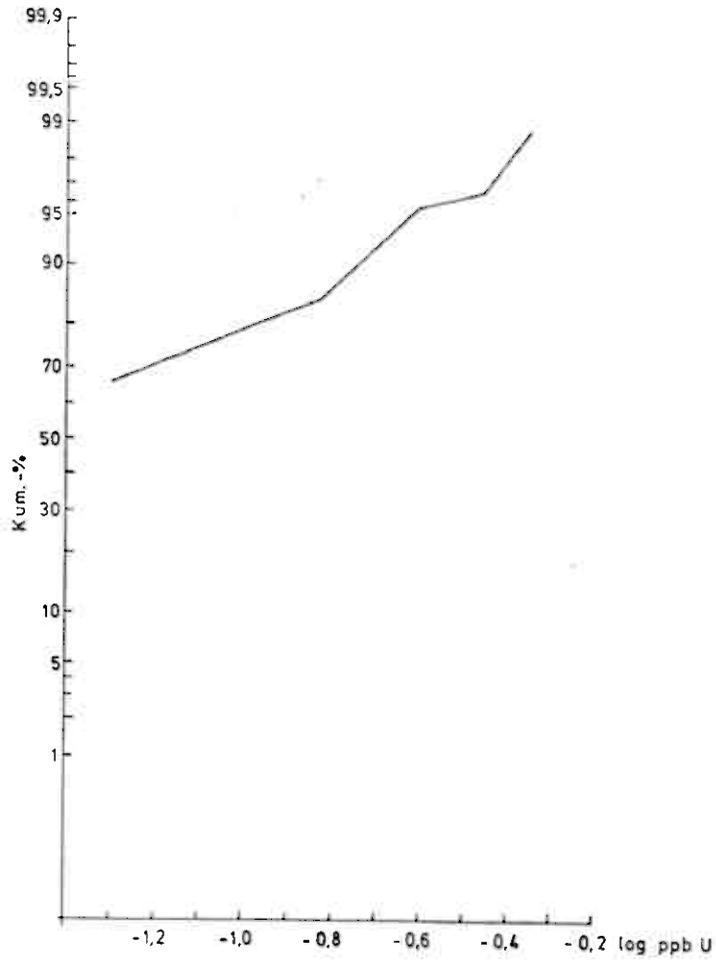


Abb. 30 b

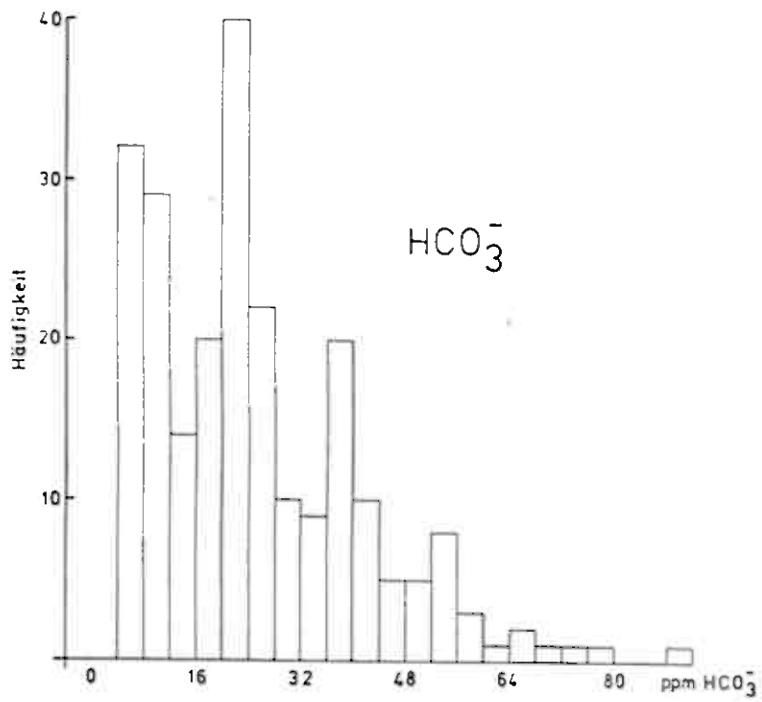


Abb. 31 a

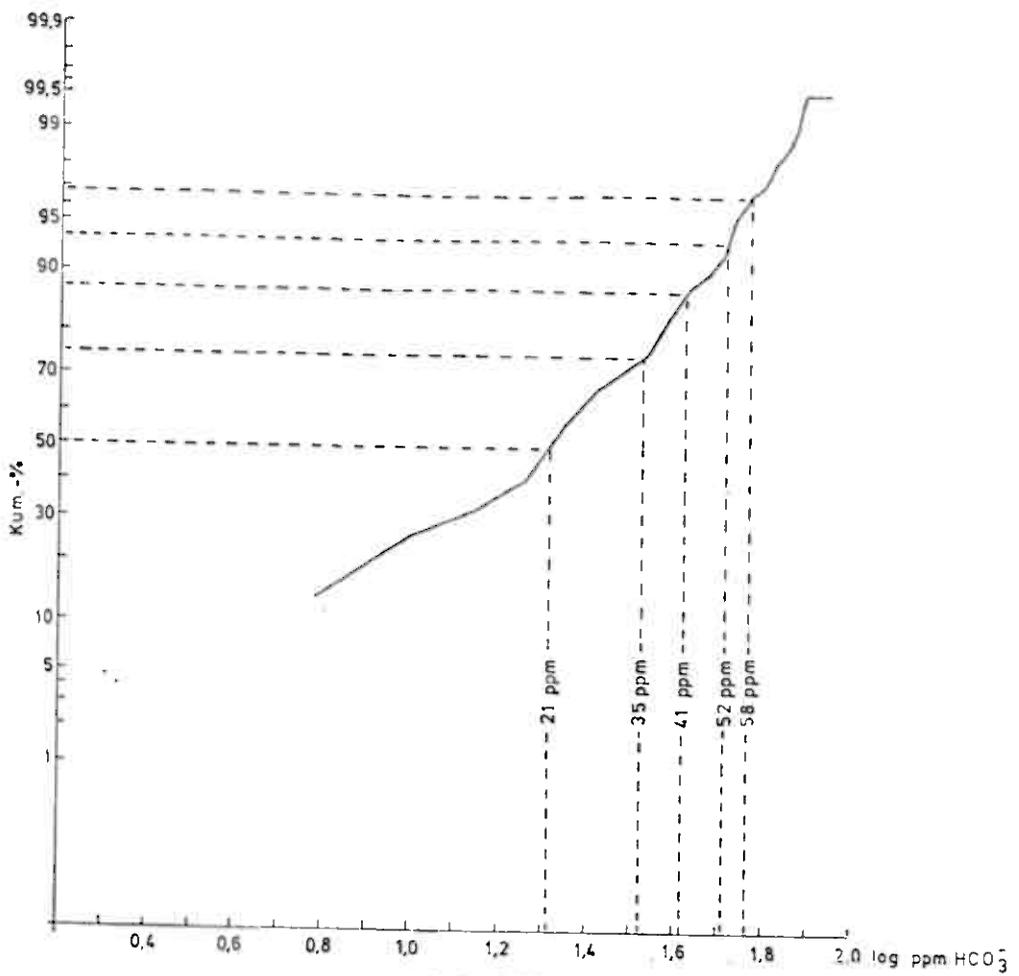


Abb. 31 b

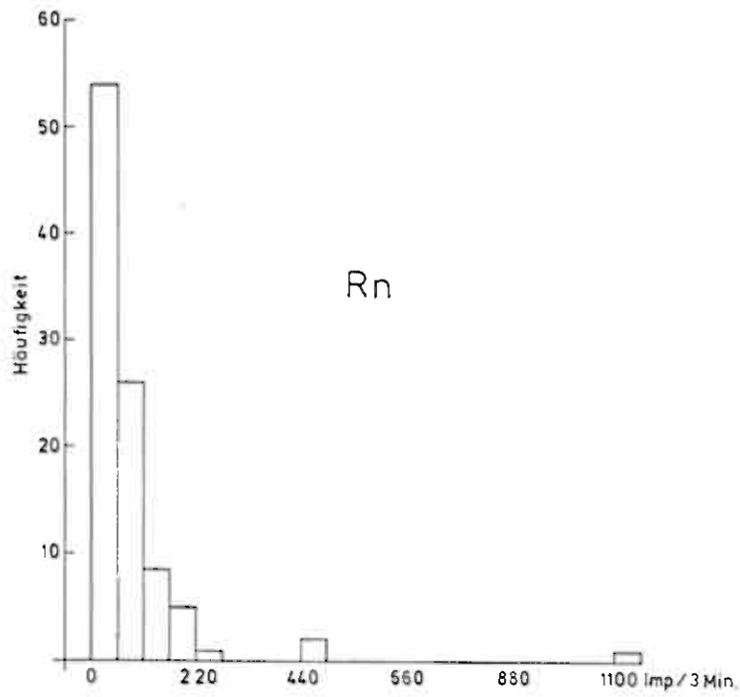


Abb. 32 a

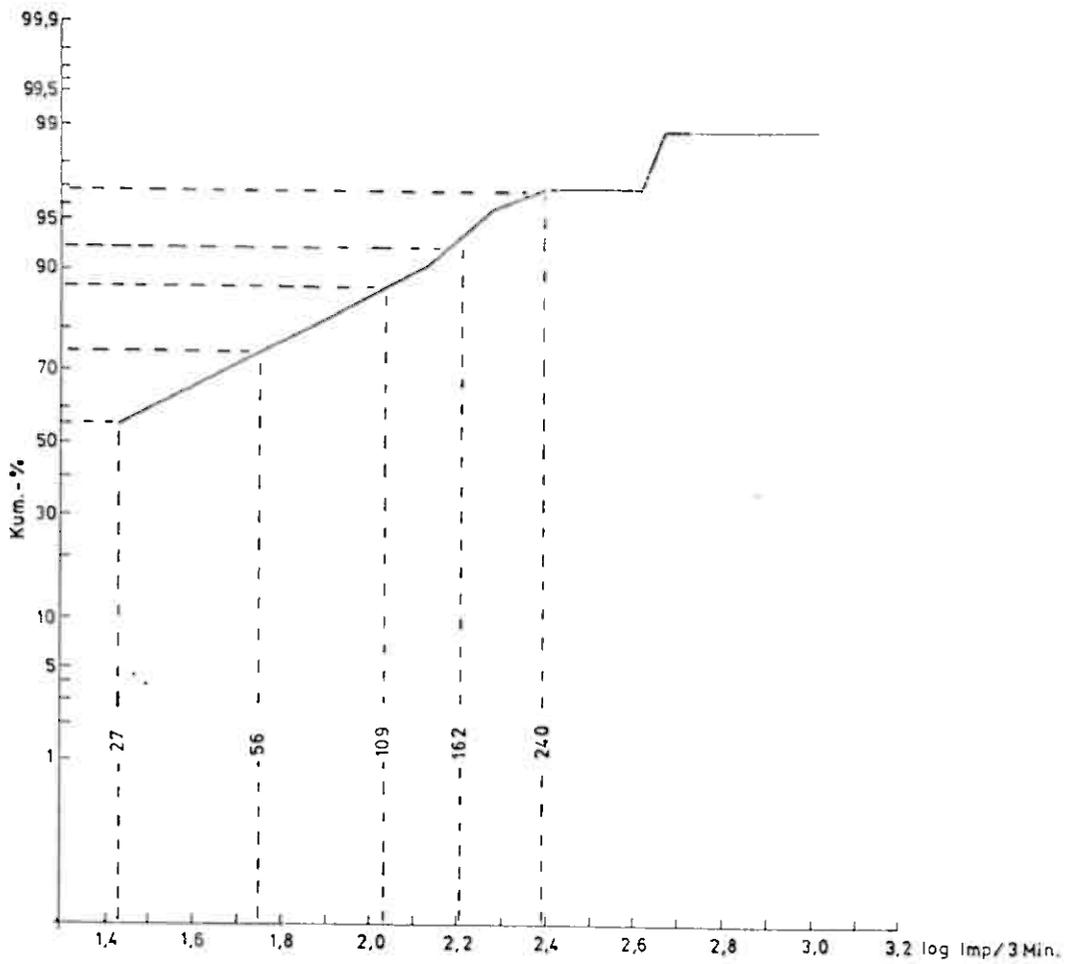


Abb. 32 b

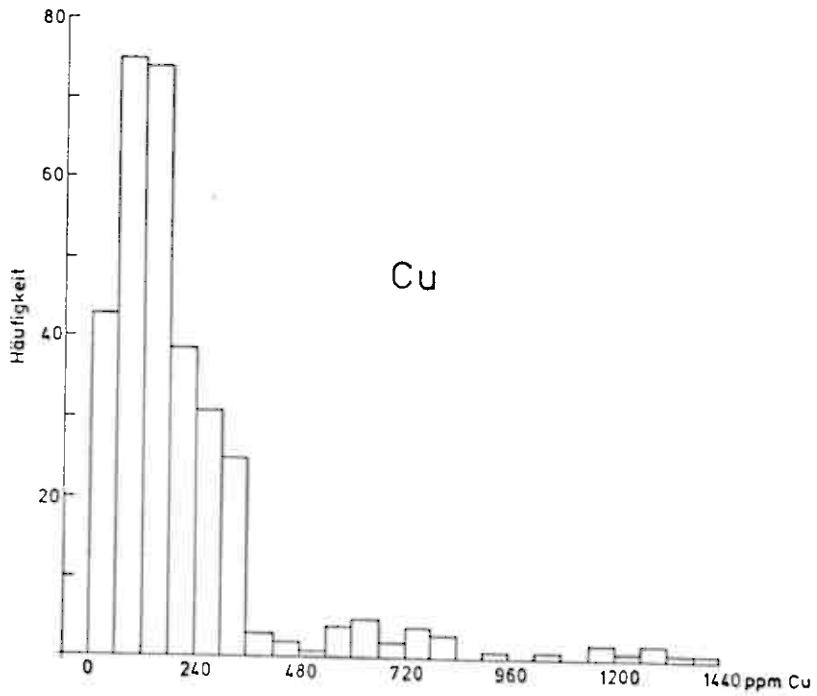


Abb. 33 a

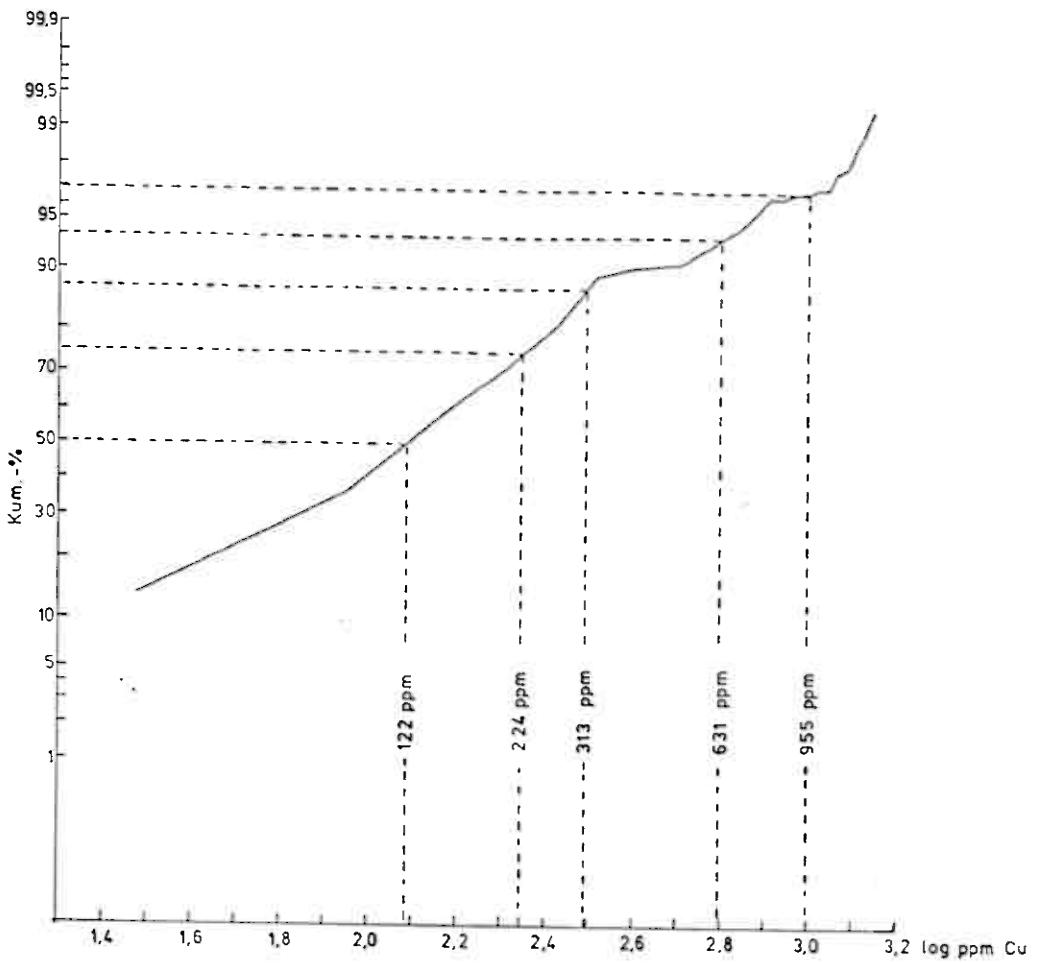


Abb. 33 b

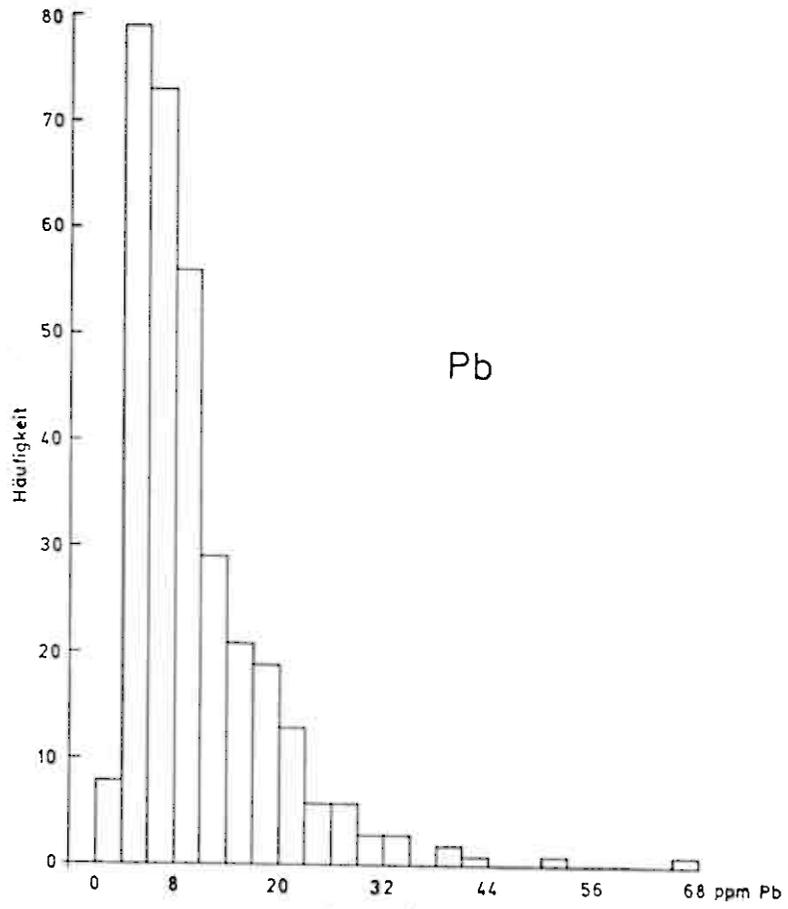


Abb. 34 a

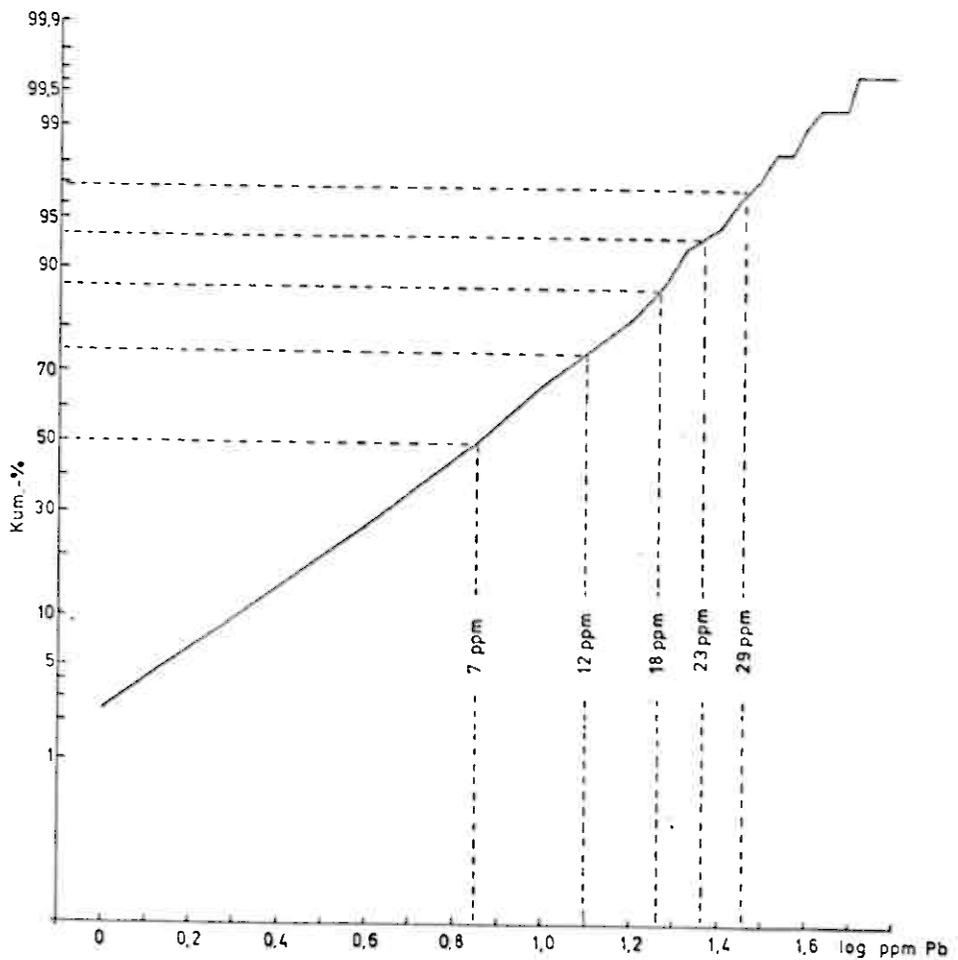


Abb. 34 b

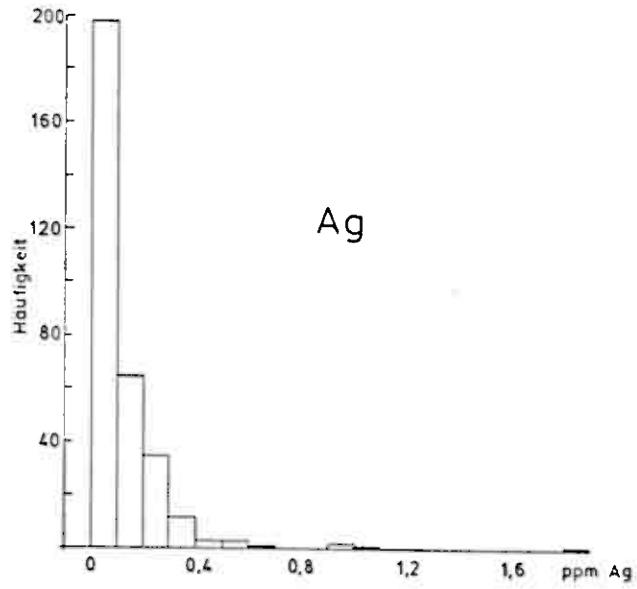


Abb. 35 a

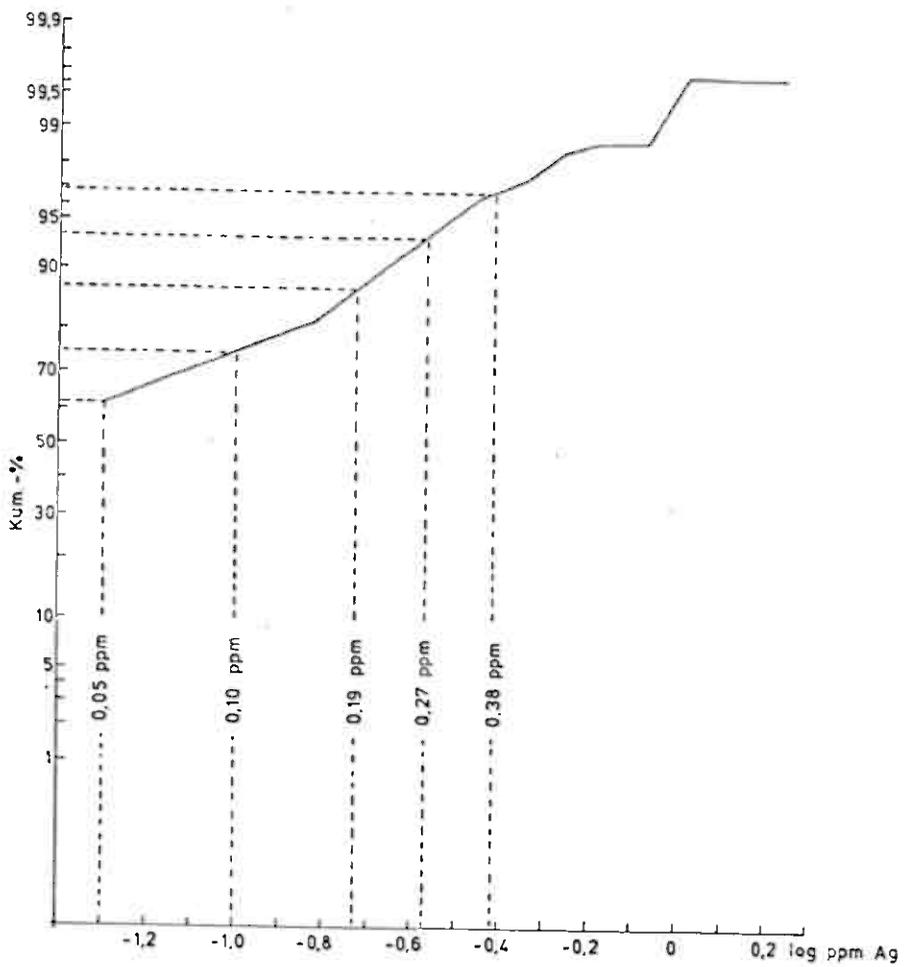


Abb. 35 b

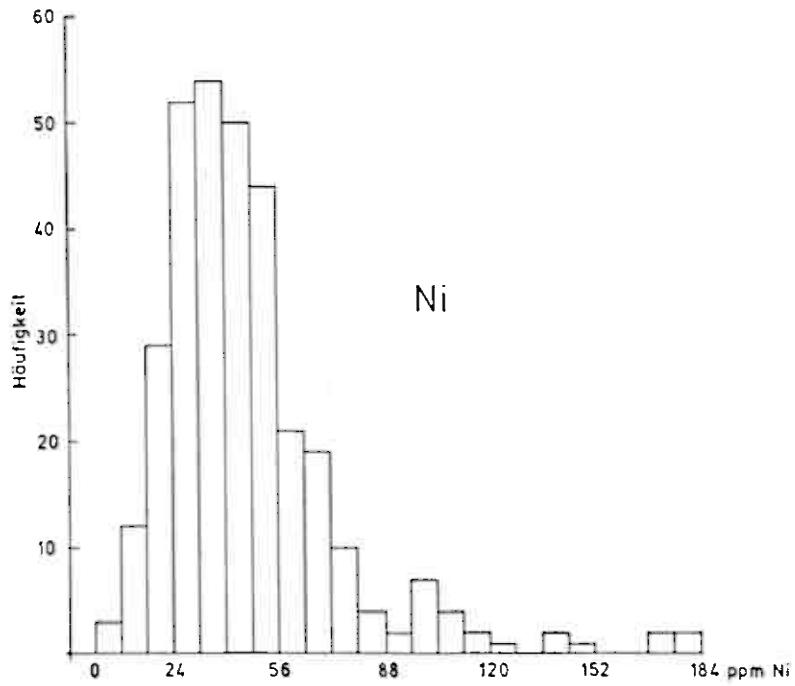


Abb. 36 a

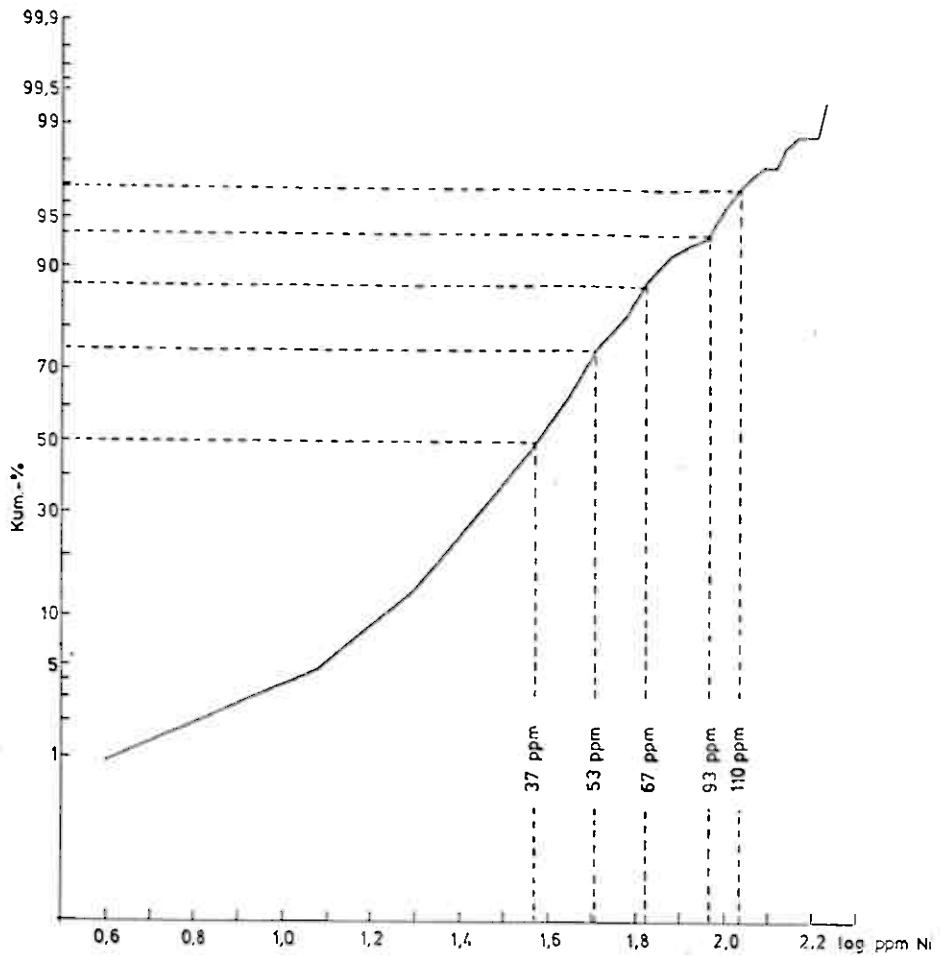


Abb. 36 b

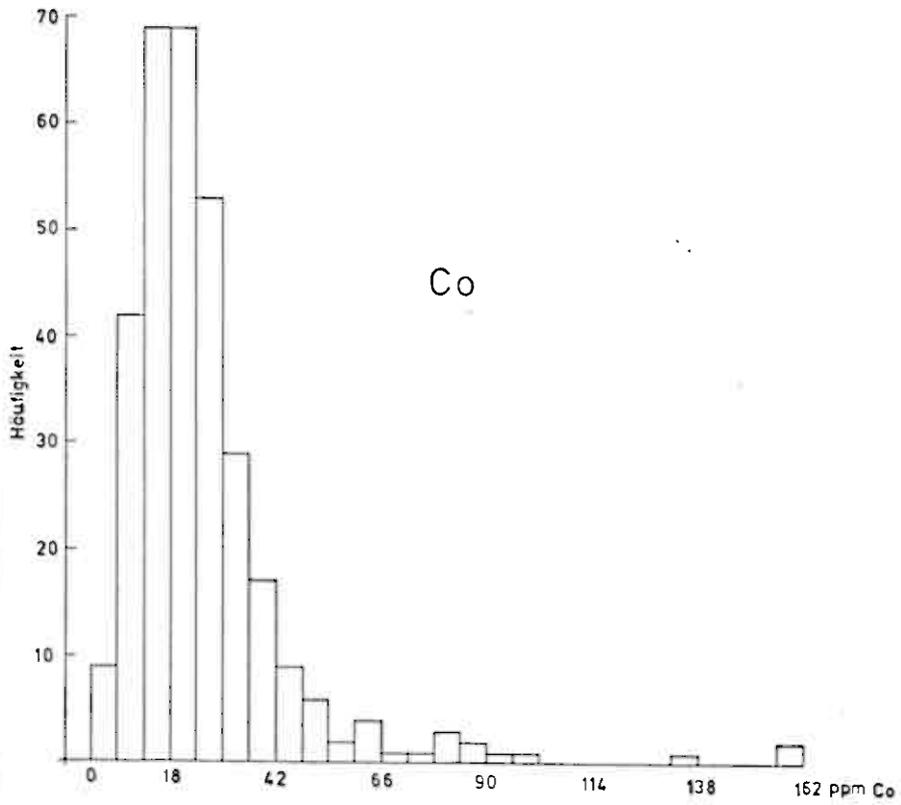


Abb. 37 a

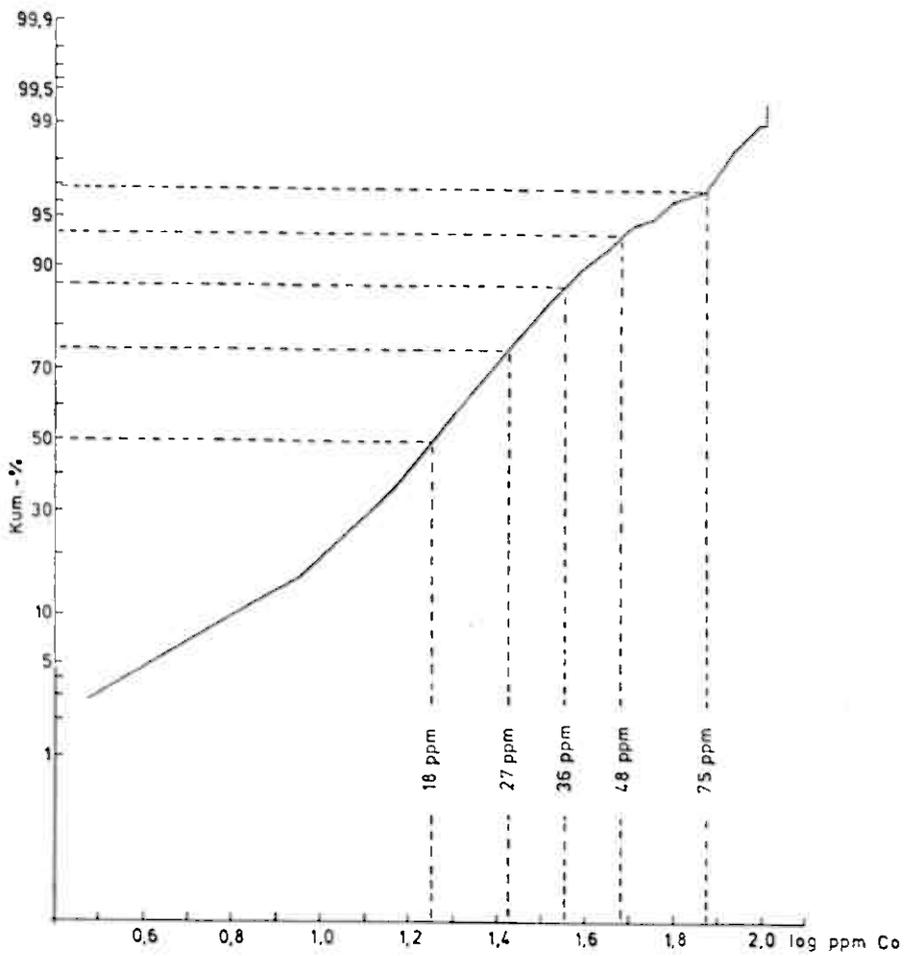


Abb. 37 b

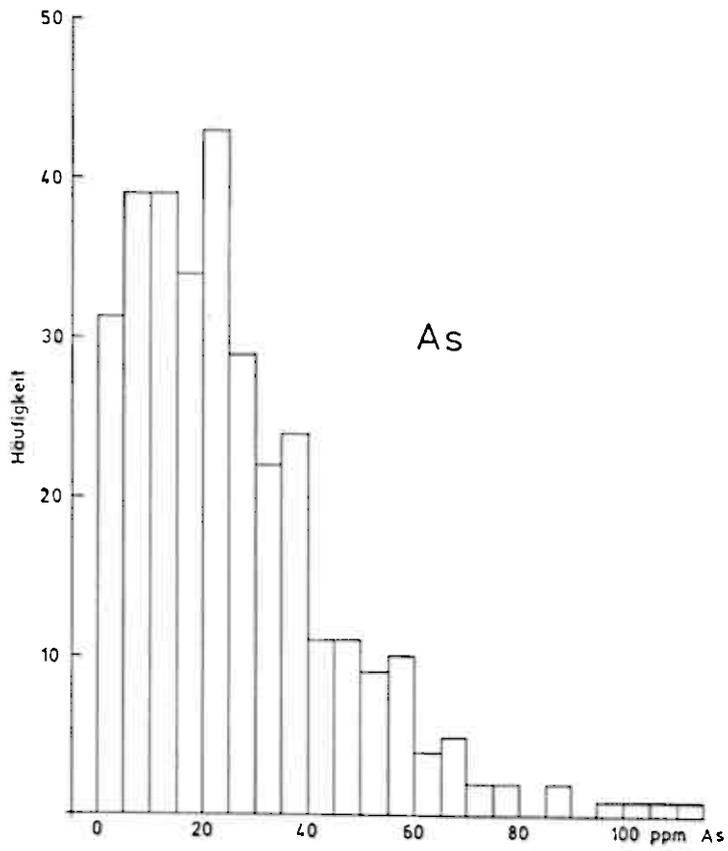


Abb. 38 a

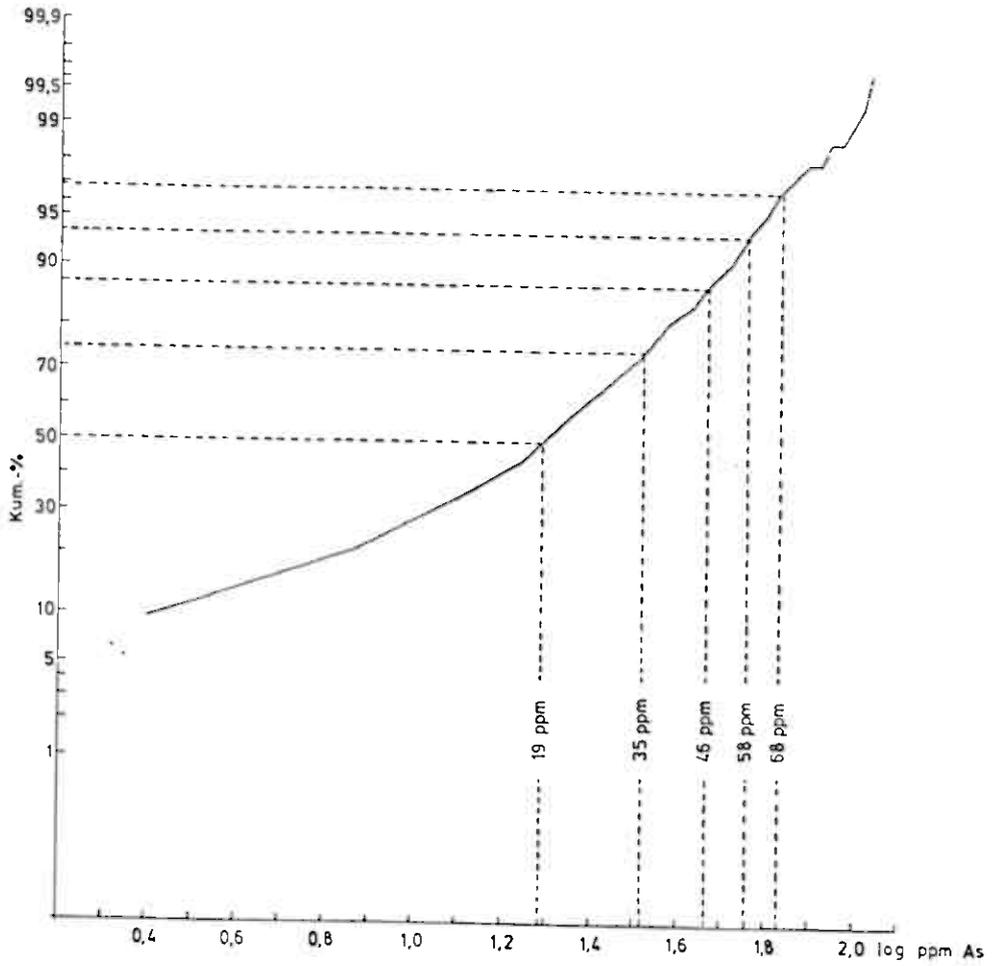


Abb. 38 b

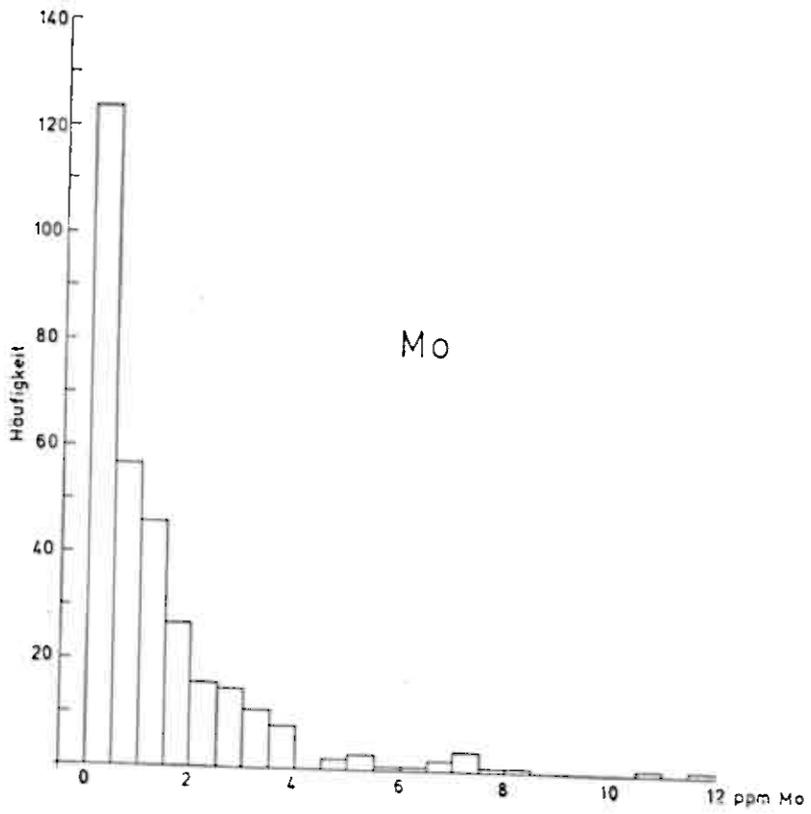


Abb. 39a

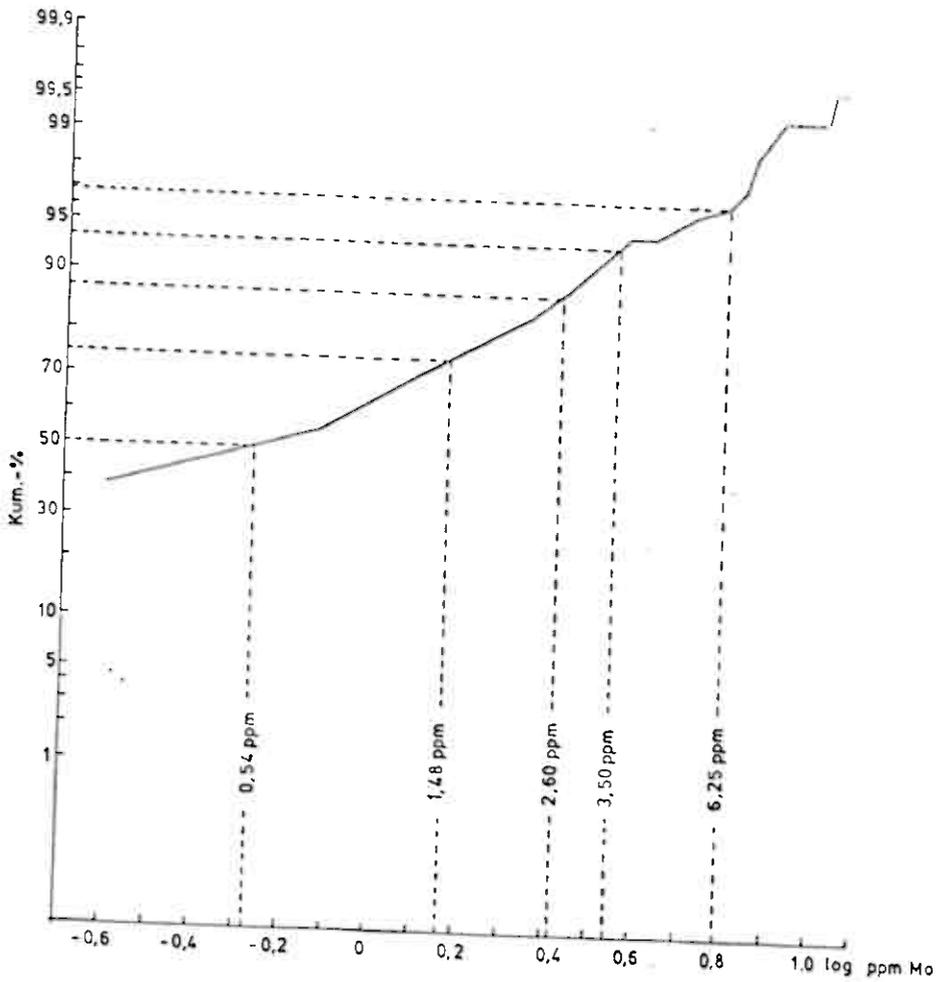


Abb. 39b

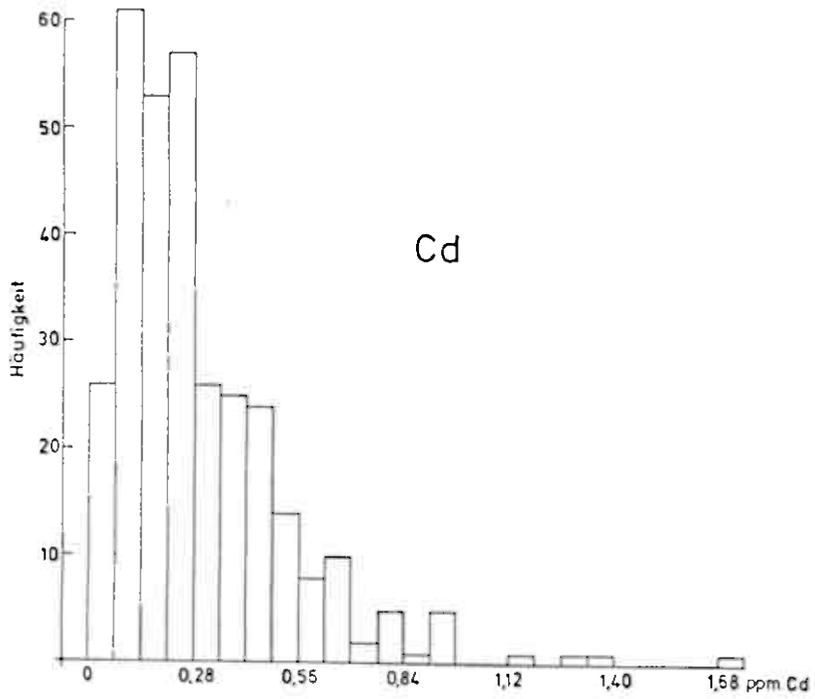


Abb. 40 a

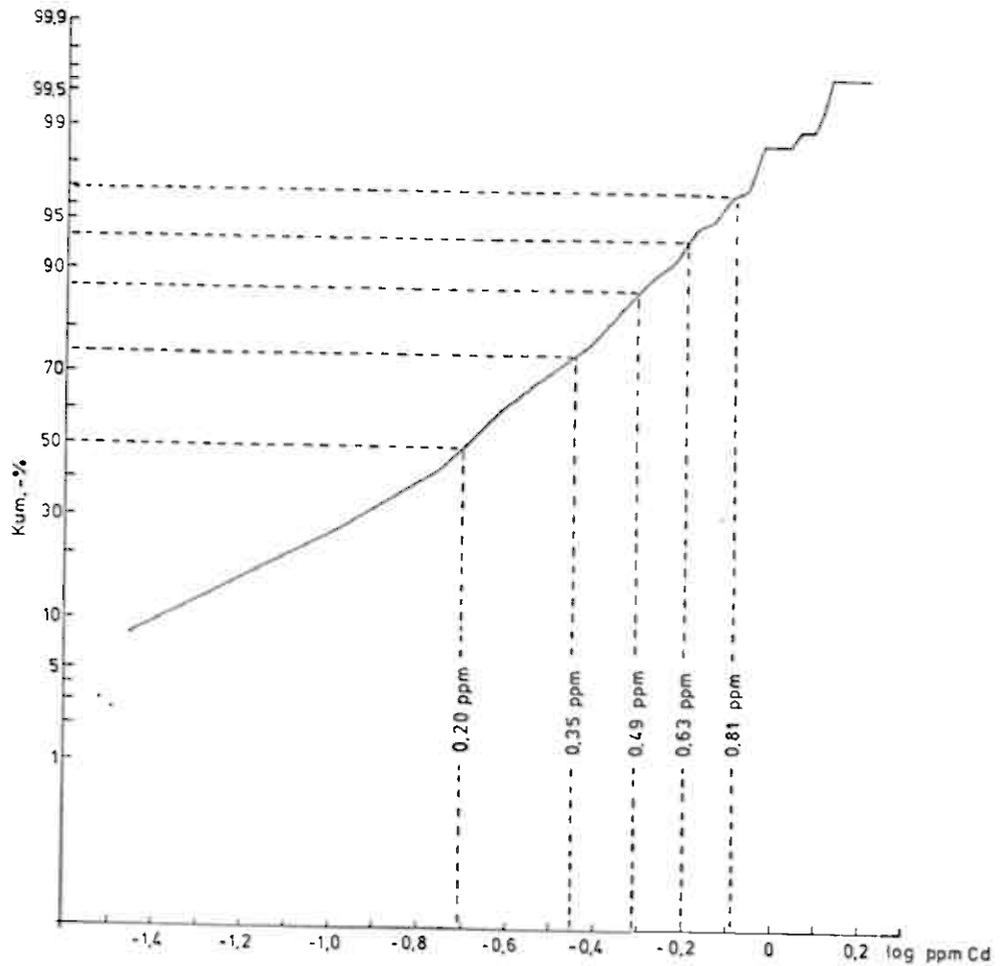


Abb. 40 b

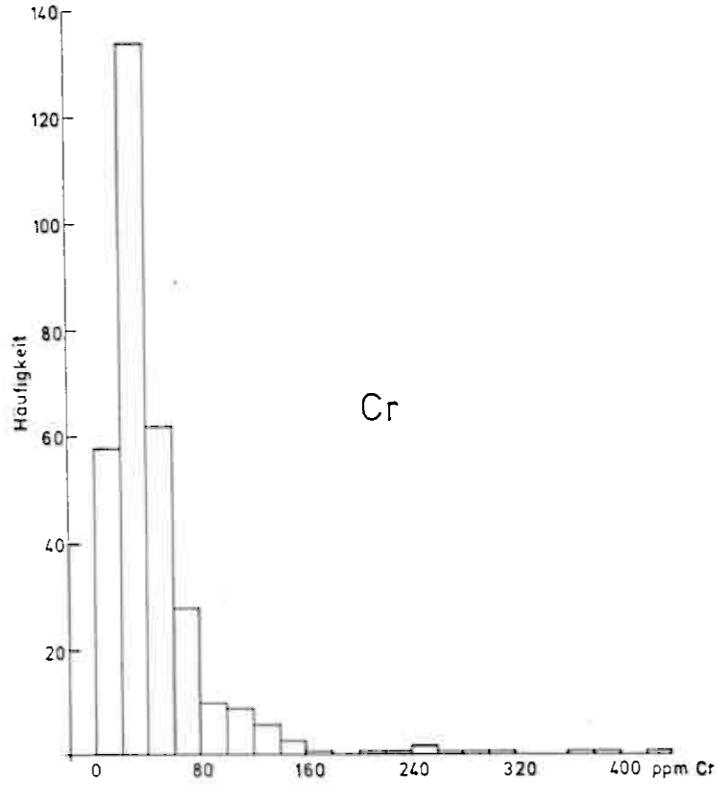


Abb. 41 a

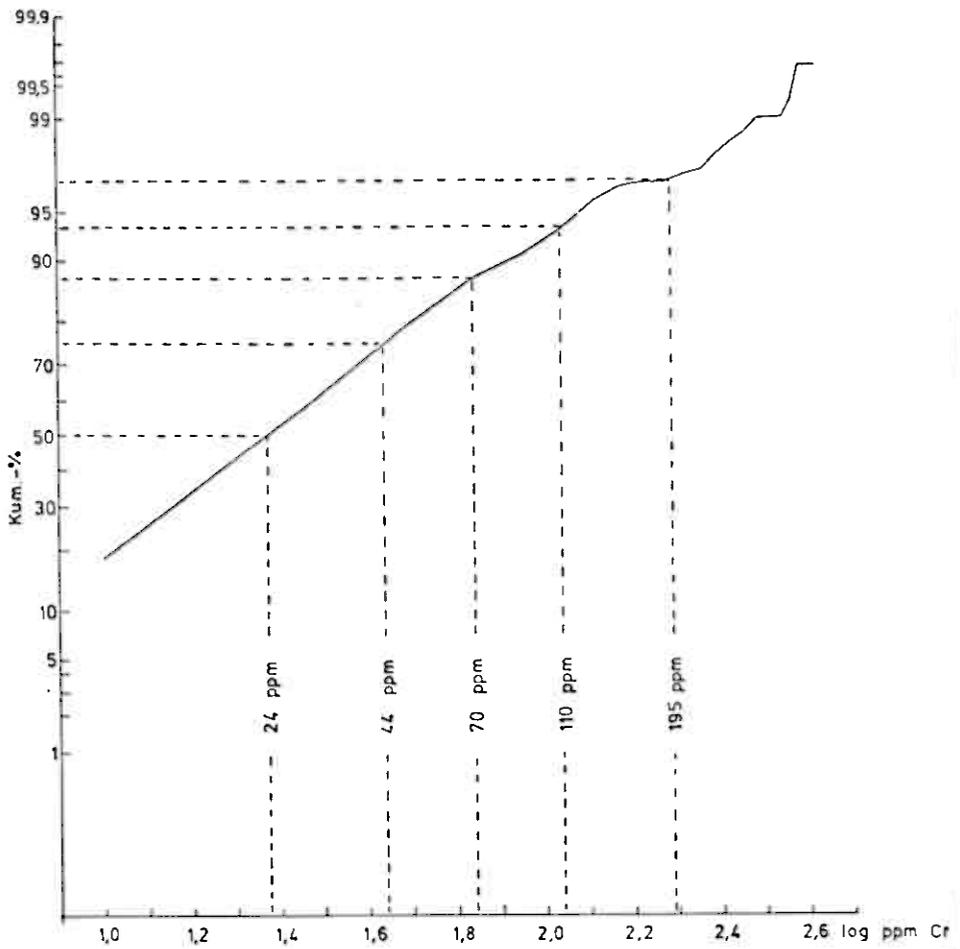


Abb. 41 b

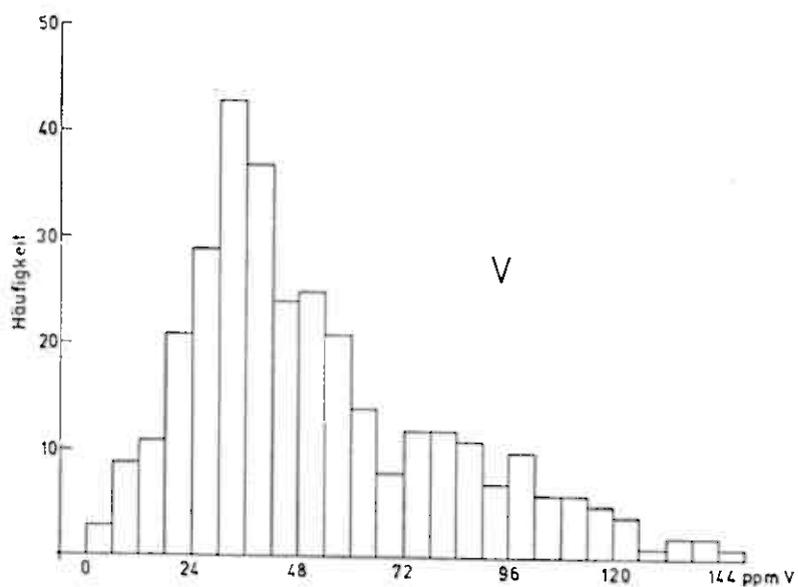


Abb. 42 a

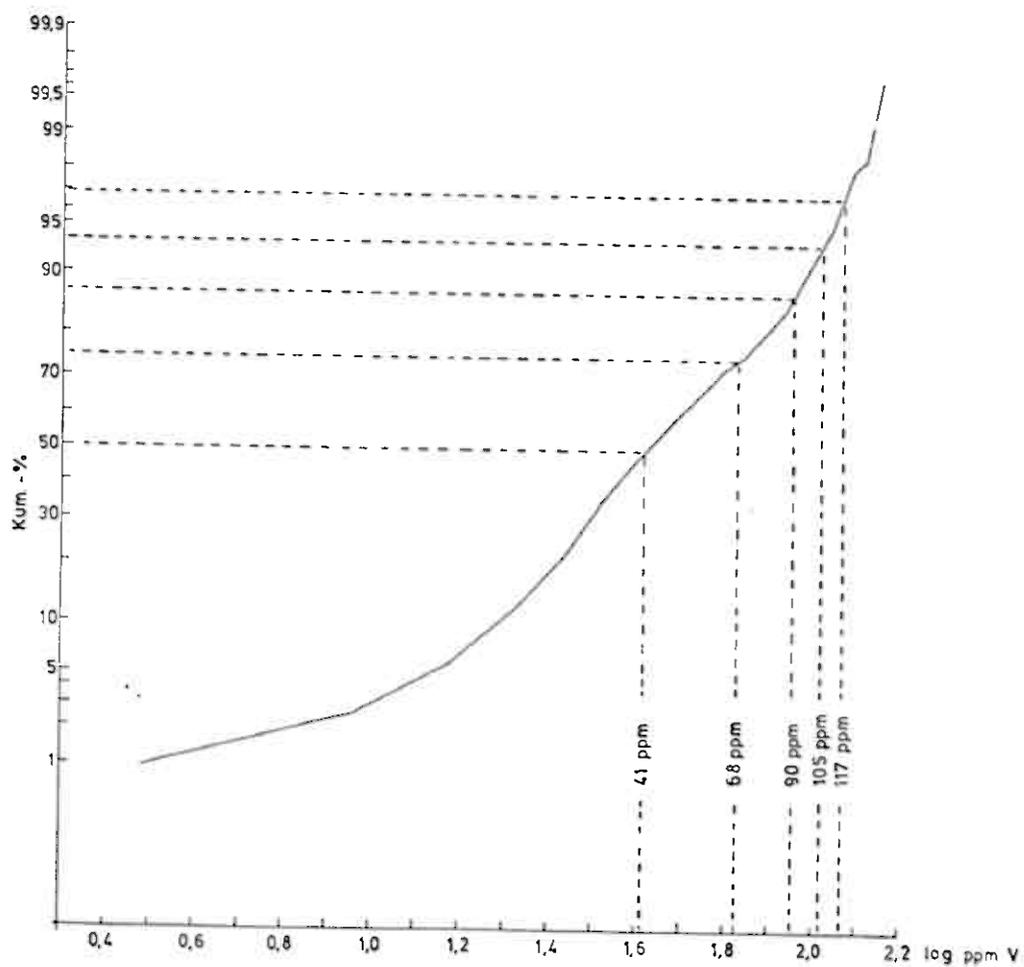


Abb. 42 b

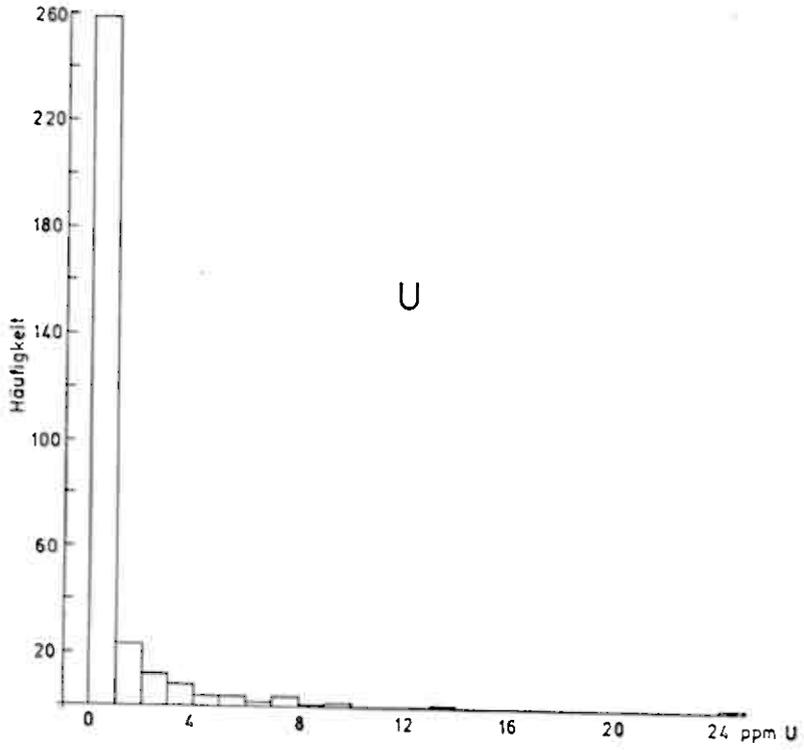


Abb. 43 a

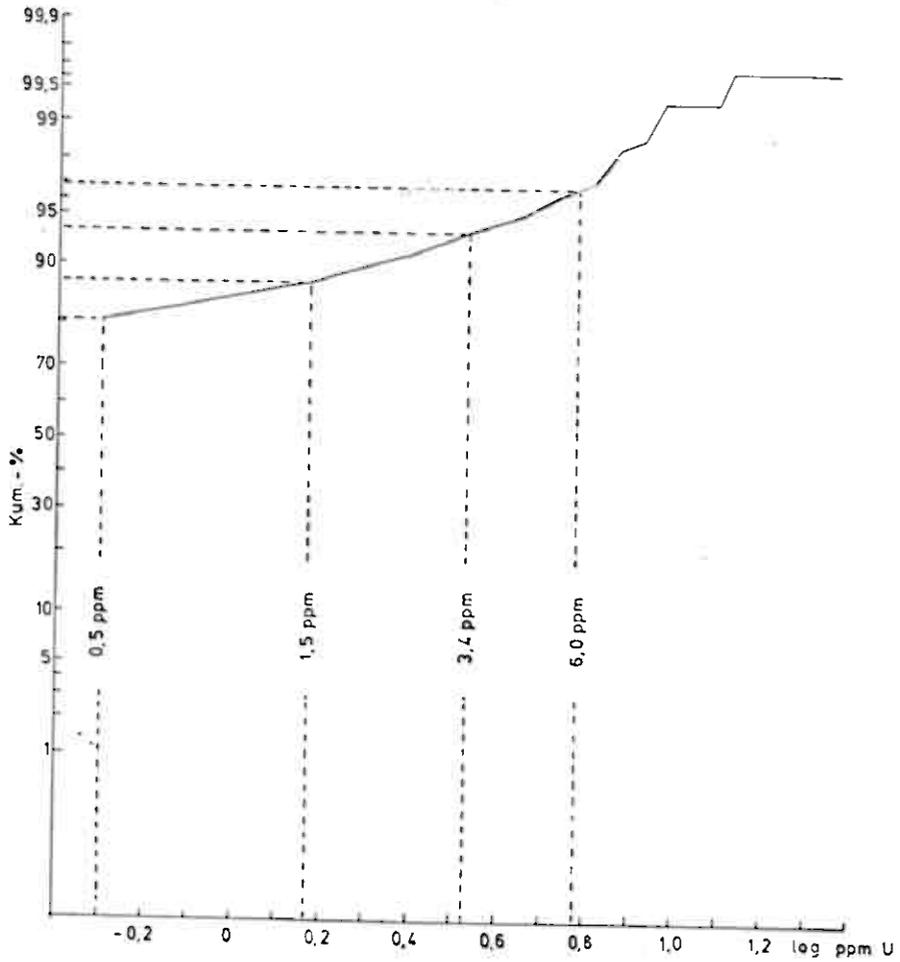


Abb. 43 b

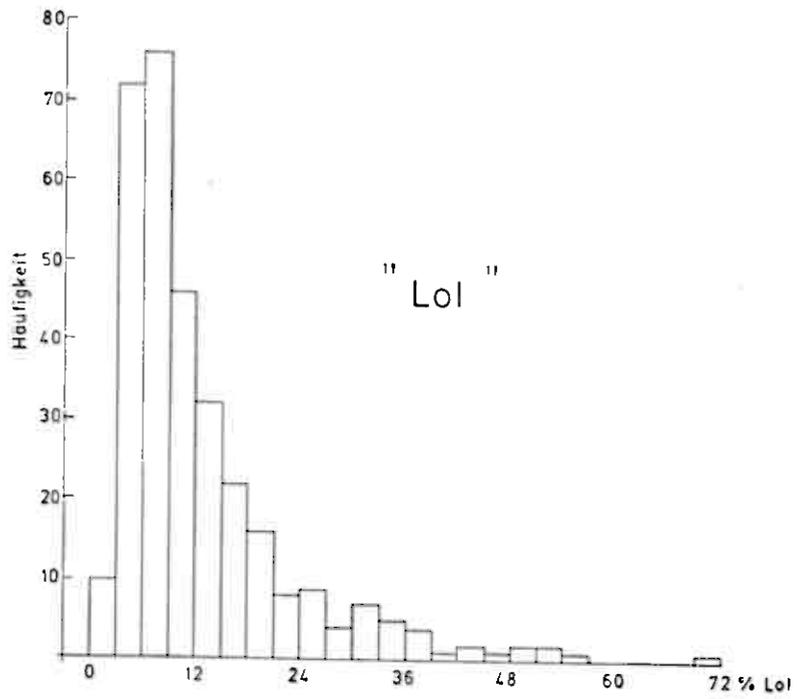


Abb. 44 a

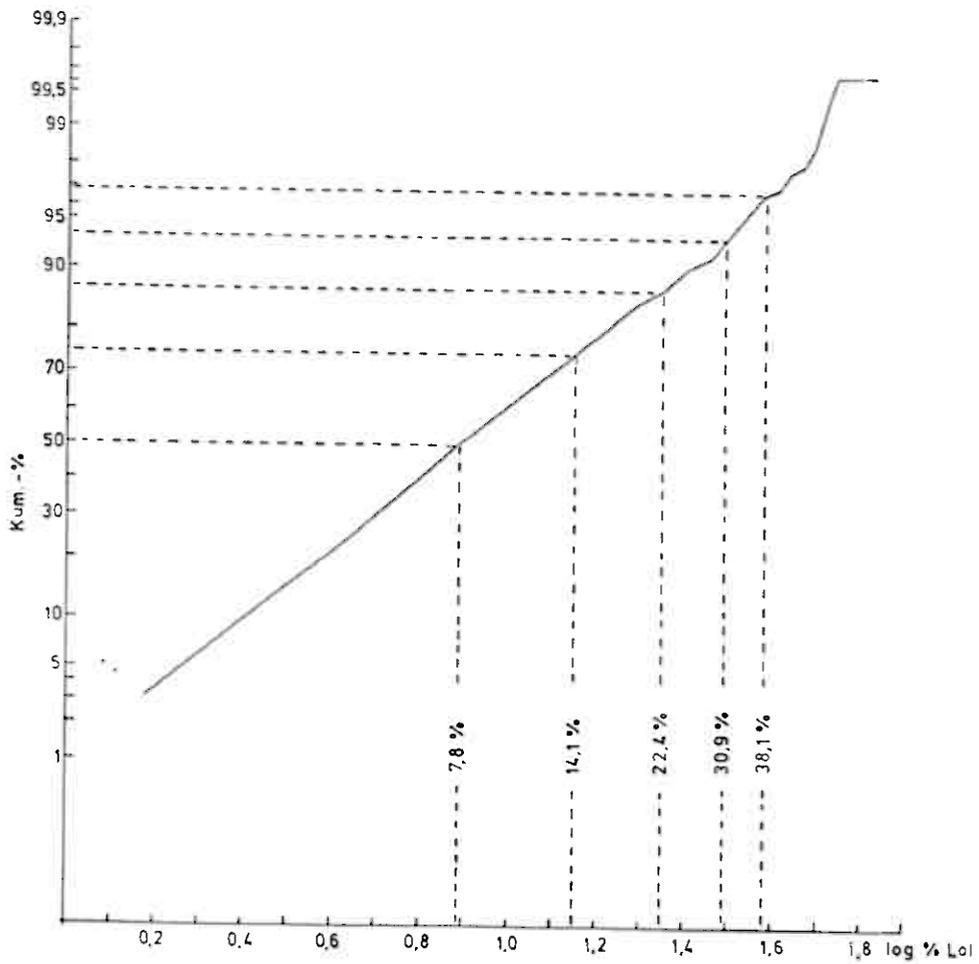


Abb. 44 b

Tab. 13: Schema zur Ermittlung von Background- und Anomalien-Werten (nach Bølviken, 1967)

Gruppe	%	Kum. - %	Symbol	
1	50,00	0 - 50,00	◦	niedriger Background
2	24,99	50,01 - 75,00	○	erhöhter Background
3	12,49	75,01 - 87,50	○	Threshold
4	6,24	87,51 - 93,75	○	mögliche Anomalie
5	3,12	93,76 - 96,88	●	Anomalie
6	3,11	96,89 - 100,0	●	hohe Anomalie

#### 4.3 Korrelation

Für die Bachwasser- und Bachsediment-Analysen wurden per Rechenprogramm SPSS von Nie et al. (1975) die Pearson'schen Korrelationskoeffizienten ( $r$ ) berechnet. Zuvor wurden die Daten wegen ihrer im großen und ganzen logarithmischen Verteilung logarithmiert. Für die 321 Bachsediment-Analysen ist eine lineare Korrelation bei Werten von  $r > 0,148$  und  $r < -0,148$  zu 99 % wahrscheinlich.

Die Ergebnisse sind in Tab. 14 und 15 festgehalten. Aus ihnen ist zu ersehen, daß Cu positive Korrelationen mit V, Cr und Co aufweist. Ein möglicher Grund hierfür ist die Assoziation von V und Co mit Cu in den untersuchten Cu-Vererzungen, in Bahrs-Grube auch mit Cr. Die Elementbeziehungen in den Vererzungen werden somit auch in den sekundären Dispersionshöfen widerspiegelt. Eine negative Korrelation zeigen Cu, Co, V und Mo mit  $\text{HCO}_3^-$ . Das ist darauf zurückzuführen, daß die höchsten  $\text{HCO}_3^-$ -Werte im Wasser im Bereich der Dolomite auftreten, wo jedoch die Background-Werte der genannten Metalle niedriger liegen als in den Grünsteinen oder Schwarzschiefern. Uran im Bachwasser zeigt nur mit  $\text{HCO}_3^-$  eine relativ gute positive Korrelation. Die Zusammenhänge zwischen U und  $\text{HCO}_3^-$  und die daraus resultierende Mobilisationserhöhung von U wurden bereits in Kap. 2.1.1 diskutiert. Der Glühverlust (LoI) zeigt eine positive Korrelation mit

Tab. 14: Korrelationsmatrix für Bachwasser bzw. Bachsedimentanalysen.

Es sind Pearson'sche Koeffizienten angegeben.

	Ag	As	Pb	Mo	Ni	Co	U(Sed)	Cd	Cu	Cr	V	LoI	U(H <sub>2</sub> O)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Rn
Rn	0,197	-0,108	0,049	0,014	-0,068	0,047	-0,128	0,188	0,088	0,008	0,026	0,111	0,066	-0,002	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,211	-0,025	-0,122	-0,384	0,092	-0,358	0,140	0,020	-0,445	0,024	-0,390	-0,197	0,390		
U(H <sub>2</sub> O)	-0,125	-0,099	-0,042	-0,129	0,019	-0,252	0,108	0,000	-0,215	0,028	-0,252	-0,147			
LoI	0,342	0,112	0,297	0,216	-0,023	-0,018	0,319	0,181	0,282	-0,039	0,102				
V	0,100	0,205	-0,011	0,167	0,323	0,357	-0,187	0,013	0,590	0,382					
Cr	-0,044	0,054	-0,126	-0,084	0,153	-0,063	-0,075	-0,066	0,339						
Cu	0,209	0,180	0,161	0,225	0,075	0,361	-0,088	0,098							
Cd	0,226	0,115	0,364	0,048	0,028	0,033	-0,015								
U(Sed)	0,002	0,002	0,099	0,023	-0,022	-0,186									
Co	0,115	0,227	0,197	0,236	0,222										
Ni	0,171	0,415	0,154	0,074											
Mo	0,148	0,211	0,275												
Pb	0,309	0,278													
As	0,125														
Ag															

Tab. 15: Korrelationsmatrix für Bachwasser- bzw. Bachsedimentanalysen

	Ag	As	Pb	Mo	Ni	Co	U(Sed)	Cd	Cu	Cr	V	LoI	U(H <sub>2</sub> O)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Rn
Rn	○	◦	◦	◦	◦	◦	○	○	○	○	○	○	○	○	○
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	○	◦	◦	●	◦	●	○	◦	●	○	●	○	●		
U(H <sub>2</sub> O)	◦	◦	◦	◦	◦	○	○	○	○	○	○	○			
LoI	⊙	◦	⊙	○	◦	◦	⊙	○	⊙	◦	◦				
V	◦	○	◦	○	⊙	●	○	◦	●	●					
Cr	◦	◦	◦	◦	○	◦	◦	◦	⊙						
Cu	○	○	○	○	◦	●	○	○							
Cd	○	◦	●	◦	◦	◦	○								
U(Sed)	◦	◦	◦	◦	◦	○									
Co	◦	○	○	○	○										
Ni	○		○	◦											
Mo	◦	○	⊙												
Pb	⊙	⊙													
As	◦														
Ag															

r =

- | <0,15|
- | 0,15| - 0,25|
- ⊙ | 0,26| - 0,35|
- | >0,35|

den Elementen U und Ag. Das bedeutet, daß die beiden Elemente am stärksten von organischer Substanz im Bachsediment absorbiert werden. Ag weist auch eine positive Korrelation mit Pb auf. Ni zeigt die beste Korrelation mit As, aber auch mit V. V korreliert neben mit Cu und Ni auch mit Cr und Co. Rn korreliert mit anderen Elementen sehr schlecht.

Die Daten der Erzanalysen wurden für die Elemente Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Th, U, Zn und V ebenfalls korreliert. Eine Diskussion dieser Daten erfolgt in Kap. 6.1.3.

## 5. Diskussion der Anomalien

### Zusammenfassung

---

Die Ergebnisse der Bachwasser- und Bachsediment-Analysen wurden nach ihrer Klassifikation in verschiedene Gruppen in geochemischen Karten dargestellt (siehe Karte 2 - Karte 16).

Die Anomalien werden im wesentlichen durch folgende 6 Faktoren verursacht:

- a) Anomalien wurden oft beobachtet, wo hohe Anteile organischer Substanz im Bachsediment vorlagen. Am häufigsten wurde dies für das Element Uran beobachtet. Aber auch Anomalien für andere Elemente wurden aus diesem Grund verursacht. Für die Häufigkeit solcher Anomalien ergab sich unter den verschiedenen Elementen folgende Reihenfolge:  
$$U > Ag > Pb = Mo > As > Cu = Cd > Co = V = Cr = Ni.$$
Für Co, V, Cr und Ni wurden keine durch die organische Substanz bedingten Anomalien festgestellt.
- b) Häufig wurden Anomalien in Bereichen beobachtet, in denen Gesteinstypen auftreten, die höhere Background-Werte an Schwermetallen besitzen als die auftretenden Dolomite oder Basalte. Dies gilt insbesondere für die Schwarzschiefer der Kvalsund-Formation. Durch diese Schiefer wurden oft Anomalien für viele der untersuchten Metalle verursacht. Für Cr und Ni wurden Anomalien im Bereich von Chloritschiefern festgestellt. Alle diese Anomalien werden nicht durch konzentrierte Mineralisationen verursacht. Tab. 16 zeigt Durchschnittsgehalte von Schwermetallen verschiedener Gesteinstypen, die überwiegend im Porsa-Nevefjord-Gebiet auftreten.
- c) Innerhalb von Grünsteinen befinden sich bisweilen Kleinmineralisationen, die vereinzelt über größere Gebiete auftreten. Diese Mineralisationen, wobei es sich um Cu-Mineralisationen handelt, sind oft auf Klüften und in Scherzonen der Gesteine als leicht verwitternde Tapeten zu finden und verursachen häufig Anomalien für Cu und Co.

Tab. 16: Durchschnittsgehalte an Schwermetallen von Gesteinstypen, die überwiegend im Porsa-Nevefjord-Gebiet auftreten (Angaben in ppm).

	Basalte		Schwarzschiefer Durchschnitt metallreiche		Karbonate
	(A)	(B)	(C)	(C)	(A)
Cu	87	100	70	150	4
Pb	6	8	20	70	9
Ag	0,11	0,1	1	5	0,0X
Ni	130	160	50	200	20
Co	48	45	10	20	0,1
As	2	2	-	-	1
Mo	1,5	1,4	10	-	0,4
Cd	0,22	0,19	-	-	0,035
Cr	170	200	100	500	11
V	250	200	150	700	20
U	1	0,5	-	20	2,2

Daten von: A = Turekian & Wedepohl (1961),

B = Vinogradov (1962),

C = Vine & Tourtelot (1970).

- d) Ein weiterer Grund für Anomalien sind die im Untersuchungsgebiet befindlichen alten Gruben und Schürfe. Diese verursachen meist Anomalien für Cu, Co, Ag, Mo und Pb.
- e) Bei den Wasseranomalien für U liegt die Ursache meist in hohen  $\text{HCO}_3^-$ -Gehalten im Bachwasser, was eine erhöhte Mobilisation des Urans zur Folge hat. Dies wurde oft im Bereich von Dolomiten beobachtet.
- f) Ein geringer Anteil der Anomalien wird durch Vererzungen verursacht, die bisher nicht bekannt waren und aufgrund dieser Untersuchungen gefunden wurden.
- g) Ein anderer geringer Anteil der Anomalien konnte wegen der starken Überdeckung durch Boden oder Schutt nicht geklärt werden. Möglicherweise werden diese Anomalien durch verborgene, nicht aufgeschlossene Mineralisationen verursacht.

Im einzelnen ergaben sich bei der Überprüfung der Anomalien folgende Ergebnisse:

## 5.1 Bachwässer

### 5.1.1 Uran

Im Bereich der bereits bekannten Uranmineralisationen konnten keine erhöhten Uranwerte im Wasser gemessen werden. Die Anomalien werden meist durch erhöhte  $\text{HCO}_3^-$ -Gehalte im Wasser verursacht, welches eine stärkere Mobilisation des Urans bedingt. Dieses ist im Bereich der Dolomite der Vargsund-Formation zu beobachten. Außerdem befinden sich Anomalien im Bereich der Schwarzschiefer der Kvalsund-Formation.

Anomalie östl. Segelnesfjell (P.Nr. 17, 18):

Hier ist eine relativ starke Bedeckung durch Schutt und Boden zu beobachten. Mineralisationen konnten an der Oberfläche mit dem Scintillometer nicht gefunden werden. Die Alkalitätsbestimmungen an diesen Stellen ergaben jedoch hohe  $\text{HCO}_3^-$ -Werte, welches eine erhöhte Mobilisation des Urans hervorrufen könnte.

Anomalie südl. Middagstind (P.Nr. 149; 150, 151):

Hier sind keine Aufschlüsse vorhanden. Allerdings wird die Anomalie mit großer Wahrscheinlichkeit durch die Schwarzschiefer der Kvalsund-Formation hervorgerufen. In streichender Verlängerung dieser Anomalie befindet sich auch die innerhalb der Schwarzschiefer aufgefundene Uranmineralisation westlich des Øvre-Nevefjordvann (siehe Kap. 6.3).

Anomalie südl. Neverfjord (P.Nr. 5):

Hier konnte trotz intensiven Absuchens der Umgebung mit dem Scintillometer keine Uranmineralisation aufgefunden werden.

Anomalie südl. Neverfjord (P.Nr. 1, 13, 14, 266):

Das geologische Bild wird von Dolomiten und Quarziten geprägt. Die Bedeckung ist meist sehr dick. Mineralisationen konnten nicht gefunden werden. Es ist allerdings wahrscheinlich, daß die hier weit verbreitet auftretenden Dolomite eine stärkere Mobilisation des Urans verursachen.

Anomalie nördl. Segelnesfjell (P.Nr. 277, 278):

Hier stehen Dolomite und Schwarzschiefer an. Stärkere Urankonzentrationen konnten nicht aufgefunden werden. Die  $\text{HCO}_3^-$ -Gehalte im Bachwasser sind hoch. Es ist daher anzunehmen, daß durch die hohen Bikarbonatgehalte im Bachwasser das Uran aus den Schwarzschiefern leichter mobilisiert wurde und dadurch diese Anomalie zustande kommt.

#### 5.1.2 Radon

Die Anomalien der Radon-Messungen spiegeln die bereits bekannten Uran-Vererzungen der Bachkes- und Bahrs-Grube wider (siehe Kap. 6.1). Außerdem befinden sich Anomalien im Bereich von Schwarzschiefern der Kvalsund-Formation, die sich durch einen erhöhten Uran-Gehalt gegenüber den anderen auftretenden Gesteinen auszeichnen. Neue Mineralisationen konnten mit Hilfe dieser Messungen nicht gefunden werden.

Anomalie südöstl. Ivtasvarri (P.Nr. 146):

Die hohen Radon-Werte wurden in einem Bach gemessen, der unmittelbar aus den Schwarzschiefern der Kvalsund-Formation entspringt. Die Backgroundstrahlung der Gesteine ist hier relativ hoch. Anzeichen von stärkeren Urankonzentrationen konnten nicht festgestellt werden.

Anomalie südöstl. Ivtasvarri (P.Nr. 121):

Der Grund für diese Anomalie dürfte der gleiche sein, wie der für die vorher beschriebene. Es sind hier zwar keine Aufschlüsse vorhanden, da die Bedeckung mit Boden und Schutt relativ dick ist; die Anomalie liegt aber in der streichenden Verlängerung der vorher beschriebenen Anomalie und der dort aufgeschlossenen Schwarzschiefer.

Anomalie nordwestl. Middagstind (P.Nr. 259):

Hier ist die Bedeckung durch Boden und Schutt sehr dick. Irgendwelche Anzeichen für eine alpha-Strahlungsquelle konnten an der Oberfläche nicht festgestellt werden.

Anomalie nordöstl. Ivtasvarri (P.Nr. 40):

Es stehen massive Grünsteine an, die intensiv zerklüftet sind. Die nähere Umgebung von Probenpunkt 40 wurde intensiv mit dem Scintillometer abgesucht, ohne daß jedoch Anzeichen für eine Uranmineralisation beobachtet werden konnten. Die Anomalie wird wahrscheinlich durch das Uranvorkommen in der Bachkes-Grube verursacht, die etwa 300 m weiter südlich (hangaufwärts) liegt. Die intensive Zerklüftung des Gesteins ermöglicht leicht eine Migration des Radons über diese Entfernung.

Anomalie östl. Langvann (P.Nr. 106):

Hier stehen Grünsteine an. Trotz intensiven Absuchens der Umgebung mit dem Scintillometer konnte keine Ursache für diese Anomalie gefunden werden.

Anomalie nördl. Storvann (P.Nr. 89):

Diese Anomalie liegt nur etwa 100 m von der Uranvererzung der Bahrs-Grube entfernt. Sie kann also zweifelsohne mit diesem Erzvorkommen in Verbindung gebracht werden.

## 5.2 Bachsedimente

### 5.2.1 Kupfer

Anomalie südwestl. Øvre Neverfjordvann (P.Nr. 173):  
siehe bei Co in 5.2.5

Anomalie nordwestl. Gruvevann (P.Nr. 303-309):

Dieses große Anomalienfeld wird durch die ehemaligen Grubenaktivitäten im Bereich der Porsa-Gruben (Greville- und Parallelen-Grube) verursacht. Halden und Schürfe sowie verschiedene Schächte und ein Stollen sind vorhanden. Außer für Kupfer wurden hier anomale Werte für Ag (wohl bedingt durch akzessorischen Ag-Gehalt im Kupferkies), Co und Pb gemessen, die offensichtlich ebenfalls in nicht unbeträchtlichen Mengen im Erz enthalten sind. Minerale, die die beiden letztgenannten Elemente enthalten, konnten jedoch nicht beobachtet werden.

Anomalie nordöstl. Ivtasvarri (P.Nr. 43, 44):

Diese Anomalie liegt in unmittelbarer Umgebung der Bachkes-Gruben. Halden und Schürfe sind zahlreich vorhanden. Neben Kupfer liegt auch Silber in anomal hoher Konzentration vor, welches wahrscheinlich auf einen akzessorischen Silbergehalt im Kupferkies zurückzuführen ist. Eine Blei-Anomalie wurde hier ebenfalls gemessen. Da in den Bachkes-Gruben neben Kupfer auch Uran in beträchtlichen Konzentrationen vorhanden ist, wird diese Anomalie offensichtlich durch Blei verursacht, das durch radioaktiven Zerfall aus Uran entstanden ist. Die sehr gute Korrelation von U und Pb in den Erzproben bestätigt dies. Die Erzanalysen zeigten teilweise auch hohe Werte für Co, Mo und V. Diese Elemente wurden auch in anomal hohen Konzentrationen im Bachsediment gemessen. Minerale dieser Elemente konnten jedoch nicht gefunden werden.

Anomalie nördl. Middagstind (P.Nr. 24):

Die Ursache für die hier auftretende Anomalie ist die etwa 100 m südöstlich hangaufwärts gelegene Middagstind-Grube (siehe auch Kap. 6.3). Auch hier wurde, wie bei allen anderen Gruben, neben Kupfer auch eine Anomalie für Silber im Bachsediment gemessen. Uran liegt ebenfalls in erhöhter Konzentration vor.

Anomalie nördl. Storvann (P.Nr. 88):

Diese Anomalie wird durch Halden und Schürfe in unmittelbarer Umgebung der Bahrs-Grube verursacht. Außer für Cu werden Anomalien für Ni, Cr, As, Co und Mo im Bachsediment gemessen. Wie die Analysen von einigen Erzproben dieser Grube zeigten, sind die Konzentrationen dieser Elemente, besonders Cr und Co, relativ hoch.

Anomalie westl. Stortind (P.Nr. 68):

siehe bei Ag in 5.2.3.

Anomalie östl. Midterfjell (P.Nr. 175):

Hier stehen Grünsteine an. Am nordöstlichen Talhang, etwa 50 m hangaufwärts der Anomalie, konnte ein kleiner Schurf

gefunden werden. Erzminerale waren jedoch nicht zu beobachten. Die rostige Verwitterung deutet auf eine Sulfidmineralisation hin.

Anomalie nordöstl. Gruvevann (P.Nr. 281):  
siehe bei U in 5.2.11.

Anomalie östl. Storvann (P.Nr. 295):  
In diesem Bachabschnitt wurden sowohl für Cu als auch für Co, Ag, Cd, U und Pb Anomalien gemessen. Entlang der nördlichen Bachseite, am Hang, lassen sich bisweilen kleinere Cu-Mineralisationen auf Klüften und in Scherzonen der Grünsteine beobachten. Minerale sind Kupferkies und Malachit, verwachsen mit Calcit. Hiermit lassen sich die Anomalien für Cu, Ag und Co erklären. Oft wurde auf Klüften auch überdurchschnittlich viel Magnetit beobachtet. Für die Anomalien von Cd, Pb und U ließen sich jedoch keine eindeutigen Erklärungen finden.

Anomalie westl. Skinnfjell (P.Nr. 181 - 184):  
In diesem Bachabschnitt wurden außer für Cu auch anomale Werte für Mo, V, Ag, Cd und Pb gemessen. Überall stehen gut aufgeschlossene Grünsteine an. Oft ist im gesamten Anomalienbereich die *Viscaria alpina* anzutreffen. Des öfteren wurden an Gesteinsblöcken auf Klüften kleinere Mineralisationen beobachtet, in erster Linie Magnetit, aber auch einzelne Kupferkieskristalle. Diese beiden Minerale sind wohl für die Cu, V und Ag - Anomalien verantwortlich. Im oberen Bachabschnitt (P.Nr. 183 und 184) sind hohe Werte für den Anteil der organischen Substanz gemessen worden, welches möglicherweise Grund für die Pb- und Mo-Anomalie ist.

## 5.2.2 Blei

Anomalie südl. Øvre-Nevefjordvann (P.Nr. 161):  
siehe bei Mo in 5.2.7.

Anomalie östl. Storvann (P.Nr. 297):  
siehe bei U in 5.2.11.

Anomalie nordwestl. Gruvevann (P.Nr. 303-304):  
siehe bei Cu in 5.2.1.

Anomalie nordöstl. Ivtasvarri (P.Nr. 41):  
siehe bei Cu in 5.2.1.

Anomalie nordwestl. Stortind (P.Nr. 76):  
siehe bei Ag in 5.2.3.

Anomalie nördl. Storvann (P.Nr. 94):  
Diese Anomalie ist mit großer Sicherheit auf den hohen Anteil an organischer Substanz (38,8 %) in der Bachsedimentprobe zurückzuführen. Das Gelände ist sehr sumpfig und verbreitet bedeckt. Mineralisationen konnten nicht gefunden werden.

Anomalie westl. Skinnfjell (P.Nr. 183):  
Hier stehen verbreitet Grünsteine an. Ursachen für Blei-Anomalien konnten keine gefunden werden. Wahrscheinlich ist diese Anomalie auf den hohen organischen Anteil im Bachsediment zurückzuführen.

Anomalie westl. Storvann (P.Nr. 292-295):  
siehe bei Cu in 5.2.1.

Anomalie südl. Porsa (P.Nr. 135):  
siehe bei Co in 5.2.5.

Anomalie südöstl. Stortind (P.Nr. 224):  
siehe bei As in 5.2.6.

### 5.2.3 Silber

Anomalie südl. Neverfjord (P.Nr. 6):  
Die Bedeckung durch Boden und besonders durch Schutt ist ziemlich stark. Ein Grund für diese Anomalie konnte nicht gefunden werden. Möglicherweise wird sie durch eine verborgene Mineralisation verursacht.

Anomalie südl. Øvre-Neverfjordvann (P.Nr. 161):  
siehe bei Mo in 5.2.7.

Anomalie nordwestl. Gruvevann (P.Nr. 304-309):  
siehe bei Cu in 5.2.1.

Anomalie östl. Storvann (P.Nr. 298):  
siehe bei U in 5.2.11.

Anomalie nordöstl. Ivtasvarri (P.Nr. 43):  
siehe bei Cu in 5.2.1.

Anomalie nördl. Middagstind (P.Nr. 24):  
siehe bei Cu in 5.2.1.

Anomalie nordwestl. Stortind (P.Nr. 76):  
Hier liegen anomale Werte für Silber und Blei vor. Es wurden in dieser Probe aber auch sehr hohe anomale Werte bei der Bestimmung des Glühverlustes gefunden (50,8 Gew.-%), so daß diese Anomalie mit großer Wahrscheinlichkeit auf einen hohen Gehalt an org. C zurückzuführen ist.

Anomalie westl. Stortind (P.Nr. 87):  
Hier stehen verbreitet Grünsteine an, in denen sich des öfteren Quarzlinsen beobachten lassen. Mineralisationen konnten nicht gefunden werden.

Anomalie südwestl. Stortind (P.Nr. 72):  
Es stehen Grünsteine, Dolomite und Quarzite an. Ein plausibler Grund für diese Anomalie konnte jedoch nicht gefunden werden. Möglicherweise ist eine verborgene Mineralisation vorhanden.

Anomalie südwestl. Stortind (P.Nr. 68):  
Hier stehen Grünsteine, Dolomite und Quarzite an. Außer einer Silber-Anomalie wurde hier auch ein anomaler Wert für Cu gemessen. Der organische Anteil im Bachsediment ist hoch. Da keine Anzeichen für eine Mineralisation beobachtet werden konnten, ist diese Anomalie wohl hierauf zurückzuführen.

Anomalie nordwestl. Midterfjell (P.Nr. 129):  
Es stehen verbreitet Grünsteine an. Da in diesem Bereich keine Mineralisation aufgefunden wurde, die eine Silber-Anomalie verursachen könnte, muß angenommen werden, daß die Anomalie durch den hohen organischen Anteil im Bachsediment verursacht wird (44,9 Gew.-%).

Anomalie südwestl. Skinnfjell (P.Nr. 184):  
siehe bei Mo in 5.2.7.

Anomalie südöstl. Storvann (P.Nr. 294):  
siehe bei Cu in 5.2.1.

#### 5.2.4 Nickel

Anomalie südl. Øvre-Nevefjordvann (P.Nr. 161):  
siehe bei Mo in 5.2.7.

Anomalie östl. Nevefjord (P.Nr. 51, 52):  
Außer für Ni wurden in diesem Bereich auch anomale Werte für Cr gemessen. Der wahrscheinliche Grund für diese Anomalien sind grüne Chlorit-Schiefer. Diese sind in die hier auftretenden Dolomite eingelagert. Chrom und Nickel sind wahrscheinlich an die Schichtsilikate gebunden. Eine Analyse dieser Chlorit-Schiefer ergab einen Gehalt von 490 ppm Ni und 360 ppm Cr. Anreicherungen von Cr- oder Ni-Mineralen konnten nicht beobachtet werden.

Anomalie südöstl. Nevefjord (P.Nr. 47):  
In diesem Bereich wurden auch anomale Cr-Werte gemessen. Grüne Chlorit-Schiefer wurden nicht beobachtet. Das Gebiet ist allerdings ziemlich stark bedeckt. Es muß angenommen werden, daß der Grund für diese Anomalien die Chlorit-Schiefer sind, obwohl sie hier nicht aufgeschlossen sind.

Anomalie südl. Segelnesfjell (P.Nr. 88, 100-102, 109, 110, 107, 108, 248):  
siehe bei Cr in 5.2.9.

#### 5.2.5 Kobalt

Anomalie südl. Øvre-Nevefjordvann (P.Nr. 173):  
Außer für Co wurde auch ein anomaler Wert für Cu gemessen. Hier stehen Grünsteine der Høgfjell-Formation an, die von Dolomiten der Vargsund-Formation überlagert werden. Der nördliche Talhang ist relativ stark mit Boden und Schutt bedeckt. Trotz intensiven Absuchens der Umgebung konnte keine Mineralisation aufgefunden werden.

Anomalie nordwestl. Gruvevann (P.Nr. 299-304, 307-308):  
siehe bei Cu in 5.2.1.

Anomalie nordöstl. Ivtasvarri (P.Nr. 41):  
siehe bei Cu in 5.2.1.

Anomalie nördl. Storvann (P.Nr. 88):  
siehe bei Cu in 5.2.1.

Anomalie südöstl. Storvann (P.Nr. 292, 294, 295):  
siehe bei Cu in 5.2.1.

Anomalie südl. Porsa (P.Nr. 135):  
Hier befindet sich auf der westlichen Flußseite, ca. 50 m  
flußaufwärts der Anomalie, eine Mineralisation in einer  
Scherungszone der Grünsteine, die ca. 1-2 m lang ist. An  
Mineralen wurden beobachtet: Pyrit, Bleiglanz, Zinkblende (?).

#### 5.2.6 Arsen

Anomalie nördl. Storvann (P.Nr. 88):  
siehe bei Cu in 5.2.1.

Anomalie nordöstl. Ivtasvarri (P.Nr. 40):  
Bei dieser Probe wurden anomal hohe Werte für As und Mo ge-  
messen. In der Umgebung dieses Probenpunktes konnte jedoch  
keine Mineralisation aufgefunden werden. Es ist allerdings  
zu vermuten, daß die anomalen Gehalte durch die Dispersion  
von Halden der Bachkes-Grube zustande kommen, die ca. 600 m  
weiter südlich liegen. Die Bildung der Anomalie wird durch  
die Anwesenheit eines hohen Anteils organischer Substanz  
in dieser Probe begünstigt.

Anomalie südl. Porsa (P.Nr. 139):  
siehe bei Mo in 5.2.7.

Anomalie nördl. Storvann (P.Nr. 98):  
siehe bei Mo in 5.2.7.

Anomalie südöstl. Stortind (P.Nr. 222-224):  
Außer für As wurden hier auch anomale Werte für Cd und Pb  
gemessen. Der Bach, aus dem diese Proben entnommen wurden,  
läuft durch ein Gebiet, in welchem die Schwarzschiefer der  
Kvalsund-Formation gut aufgeschlossen sind, die wahrschein-  
lich diese Anomalie verursachen. Mineralisationen konnten

nicht gefunden werden.

Anomalie südl. Storvann (P.Nr. 313, 314, 318):

Diese Anomalie tritt innerhalb der kaledonischen Schiebedecke auf. Hier stehen Glimmerschiefer an, die offensichtlich wesentlich höhere As-Backgroundwerte besitzen als die Gesteine des Komagfjord-Fensters. Mineralisationen konnten jedenfalls nicht gefunden werden.

#### 5.2.7 Molybdän

Anomalie südl. Øvre-Nevefjordvann (P.Nr. 161):

Außer für Mo wurden hier auch anomale Werte für Ni, Pb und Ag im Bachsediment gemessen. Hier stehen die Schwarzschiefer der Kvalsund-Formation an. Ca. 200 m östlich der Anomalie, hangaufwärts, wurde eine Mineralisation innerhalb der Schwarzschiefer aufgefunden (Beschreibung in Kap. 6.3).

Anomalie nordöstl. Ivtasvarri (P.Nr. 43):

siehe bei Cu in 5.2.1.

Anomalie nördl. Storvann (P.Nr. 88):

siehe bei Cu in 5.2.1.

Anomalie nordöstl. Ivtasvarri (P.Nr. 40):

siehe bei As in 5.2.6.

Anomalie südl. Porsa (P.Nr. 138-140):

Das Gelände ist stark bedeckt und sumpfig. Der organische Anteil in den Bachsedimentproben ist hoch (56,3 Gew.-% in Probe 138). Wahrscheinlich wird die Anomalie dadurch verursacht. In Probe 139 wurde auch ein anomaler Wert für As gemessen. Mineralisationen konnten nicht gefunden werden.

Anomalie nördl. Storvann (P.Nr. 93):

siehe bei U in 5.2.11.

Anomalie südl. Nedre-Nevefjordvann (P.Nr. 186-194, 196, 198):

Dieses Anomalienfeld ist das größte innerhalb des Arbeitsgebietes. Außer für Mo wurden in dieser Umgebung auch anomale Werte für Ag, Cd, Ni, V, Pb, As, U und Cu gemessen. Der Grund für diese Anomalien ist offensichtlich. In der Umgebung dieses

Anomalienfeldes stehen weit verbreitet die Schwarzschiefer der Kvalsund-Formation an, die recht gut aufgeschlossen sind und mit rostiger Farbe verwittern. Allerdings konnten keine lokalen stärkeren Metallkonzentrationen aufgefunden werden.

Anomalie nördl. Storvann (P.Nr. 98):

Es wurde außer für Mo auch ein anomaler Wert für As gefunden. Die Bedeckung durch Schutt ist relativ stark. Mineralisationen wurden keine gefunden. Es ist daher anzunehmen, daß diese Anomalie durch den hohen Anteil der organischen Substanz, der in dieser Probe gemessen wurde, zustande kommt.

Anomalie südwestl. Skinnfjell (P.Nr. 184):

Hier sind Grünsteine gut aufgeschlossen. Außer für Mo wurde auch ein anomaler Wert für Ag gemessen, der wahrscheinlich durch eine der hier zahlreich auftretenden Cu-Mineralisationen zustande kommt. Anzeichen für Mo-Mineralisationen konnten jedoch nicht gefunden werden. Die Anomalie ist wahrscheinlich auf den hohen Anteil organischer Substanz im Bachsediment zurückzuführen.

#### 5.2.8 Cadmium

Anomalie nordöstl. Segelnesfjell (P.Nr. 27):

Es stehen Quarzite der Langorvann-Formation an. Allerdings konnte die Ursache dieser Anomalie nicht geklärt werden.

Anomalie südl. Neverfjord (P.Nr. 5):

Hier wurden auch anomale Werte für Uran im Bachwasser gemessen. Allerdings konnte die Ursache dieser Anomalie nicht geklärt werden.

Anomalie östl. Storvann (P.Nr. 297):

siehe bei U in 5.2.11.

Anomalie nordwestl. Stortind (P.Nr. 59, 60, 62):

Hier konnte keine Mineralisation aufgefunden werden. Allerdings ist der organische Anteil im Bachsediment relativ hoch, in Probe 62 beträgt er 44,3 Gew.-%. Hierin dürfte der Grund dieser Anomalie liegen.

Anomalie südl. Øvre-Nevefjordvann (P.Nr. 177):  
siehe bei V in 5.2.10

Anomalie nordöstl. Gravevann (P.Nr. 292, 295):  
siehe bei Cu in 5.2.1.

Anomalie südl. Porsa (P.Nr. 135, 142, 143):  
siehe bei Co in 5.2.5.

Anomalie südöstl. Stortind (P.Nr. 222, 223):  
siehe bei As in 5.2.6.

#### 5.2.9 Chrom

Anomalie nördl. Storvann (P.Nr. 88):  
siehe bei Cu in 5.2.1.

Anomalie östl. Nevefjord (P.Nr. 52, 54, 320):  
siehe bei Ni in 5.2.4.

Anomalie südl. Segelnesfjell (P.Nr. 109, 111, 107, 108,  
248-253, 32, 33, 255-258, 88):

In diesem großen Anomalienfeld treten neben Cr-Anomalien auch Ni-Anomalien auf. Der Grund für diese Anomalien ist ein Horizont von grünen Chlorit-Schiefern. Cr und Ni sind möglicherweise an diese Schichtsilikate gebunden. Cr- und Ni-haltige Erze konnten jedenfalls nicht gefunden werden. Die Schiefer sind hier zwischen Grünsteinen und Dolomiten eingelagert. Die Mächtigkeit ist offensichtlich unterschiedlich, übersteigt aber stellenweise mehrere Meter.

#### 5.2.10 Vanadium

Anomalie nordöstl. Ivtasvarri (P.Nr. 43):  
siehe bei Cu in 5.2.1.

Anomalie südl. Øvre Nevefjordvann (P.Nr. 176, 177):  
Hier stehen verbreitet Grünsteine an. Außer für V wurde auch ein anomaler Wert für Cd gemessen. Die Anomalie liegt in einem engen Tal, in das von den Seiten Schutt gefallen ist. Es wurden einige Gesteinsblöcke beobachtet, die auf Klüften

mit Magnetit mineralisiert sind, welcher möglicherweise durch V-Gehalte diese Anomalie verursacht. Ein Grund für die Cd-Anomalie konnte jedoch nicht gefunden werden. Die Interpretation der übrigen V-Anomalien im Gelände ist sehr schwierig. Diese Anomalien stehen offensichtlich im Zusammenhang mit dem Magnetitgehalt im Bachsediment. Aus einigen Bachsedimentproben aus dem Bereich südlich des Skinnfjells (P.Nr. 208-221) wurde der Magnetit magnetisch abgetrennt. Analysen ergaben Gehalte von ca. 0,07 % V.

#### 5.2.11 Uran

Anomalie nordöstl. Segelnesfjell (P.Nr. 31):

Die Backgroundstrahlung ist hier sehr niedrig. Der Grund dieser Anomalie könnten aber die hier auftretenden Schiefer der Langorvann-Formation sein, die wohl einen höheren Urangehalt besitzen als die Grünsteine. Uranmineralisationen konnten hier nicht gefunden werden.

Anomalie östl. Segelnesfjell (P.Nr. 32,33):

Der Grund dieser Anomalie dürfte der gleiche sein wie der der vorhergehend geschilderten Anomalie, obwohl die Schiefer hier nicht aufgeschlossen sind. Die Bedeckung durch Boden und Schutt ist relativ dick. Mineralisationen konnten hier ebenfalls nicht festgestellt werden.

Anomalie nordöstl. Segelnesfjell (P.Nr. 26):

Hier stehen Quarzite an, die der Langorvann-Formation angehören. Strahlungsanomalien konnten nicht festgestellt werden.

Anomalie nordwestl. Middagstind (P.Nr. 18):

Die Backgroundstrahlung ist sehr niedrig. Die Bedeckung durch Boden und Schutt ist sehr dick. Anzeichen für irgendwelche Vererzungen konnten nicht beobachtet werden.

Anomalie südl. Ivtasvarri (P.Nr. 134):

Hier befinden sich innerhalb der Grünsteine vier kleine Schürfe. An Erzmineralen konnten Pyrit, Kupferkies und

Magnetit beobachtet werden, die mit Calcit verwachsen sind. Erhöhte radioaktive Strahlung konnte jedoch nicht festgestellt werden.

Anomalie nördl. Middagstind (P.Nr. 24):

Aufschlüsse existieren hier nicht. Die Bedeckung durch Boden und Schutt ist hier ziemlich dick. Die Anomalie wird wahrscheinlich durch die ca. 100 m hangaufwärts liegende Middagstind-Grube verursacht, obwohl in der Grube selbst und auf Halden kein Uran nachgewiesen werden konnte. Die Anwesenheit von geringen Spuren Uran in den hydrothermalen Lösungen, die für die Entstehung dieser Vererzung als verantwortlich angesehen werden (siehe Kap. 6.1.4) ist aber möglich.

Anomalie östl. Storvann (P.Nr. 297, 298):

Neben hohen Uran-Gehalten treten hier überdurchschnittlich hohe Werte für Cu, Ag, Cd und Pb auf. In Probe 298 ist zusätzlich der Anteil der organischen Substanz sehr hoch (70,3 Gew.-%). Hier stehen an der nördlichen Talseite die Schwarzschiefer der Kvalsund-Formation an. Die Radioaktivität ist hier auch leicht erhöht. Anzeichen für stärkere Konzentrationen der Metalle konnten jedoch nicht gefunden werden. Die hohe Anomalie in P.Nr. 298 ist sicherlich auf den hohen organischen Anteil zurückzuführen, der eine Akkumulation der Metalle bedingte. Als eigentliche Ursache der Anomalie sind jedoch die hier anstehenden Schwarzschiefer zu sehen, die sich durch einen erhöhten Backgroundgehalt der genannten Metalle auszeichnen.

Anomalie nordwestl. Stortind (P.Nr. 57):

Hier ist die Bedeckung durch Boden und Schutt sehr stark. Das Gelände ist sehr sumpfig. Der Anteil der organischen Substanz ist sehr hoch (53,5 Gew.-%), was wahrscheinlich diese Anomalie verursacht.

Anomalie nordwestl. Stortind (P.Nr. 58):

Diese Anomalie wird wahrscheinlich durch hier anstehende Schwarzschiefer verursacht. Vererzungen konnten nicht gefunden werden.

Anomalie westl. Stortind (P.Nr. 75):

Bei dieser U-Anomalie stehen unmittelbar in Nähe des Bachverlaufs an der nordwestlichen Talseite Schwarzschiefer sowie Dolomite und Kalksteine an. Die Umgebung ist stark mit Schutt und Sumpf bedeckt. Mineralisationen konnten nicht gefunden werden.

Anomalie nordöstl. Nedre Neverfjordvann (P.Nr. 242):

Hier stehen Gesteine der Langorvann-Formation an. Trotz intensiven Absuchens des Geländes konnte kein plausibler Grund für diese Anomalie gefunden werden.

Anomalie südwestl. Langvann (P.Nr. 101, 102):

Hier stehen Grünsteine und Dolomite an. Zwischen diesen beiden Gesteinstypen ist ein Horizont mit grünen Schiefern eingelagert. Die Backgroundstrahlung dieser Schiefer liegt etwas höher als die der übrigen hier auftretenden Gesteine. Möglicherweise ist hierin der Grund dieser Anomalie zu suchen. Probe 102 enthält außerdem einen hohen Anteil an organischer Substanz.

Anomalie nördl. Storvann (P.Nr. 91):

In der Umgebung dieser Anomalie stehen Grünsteine an. Trotz intensiven Absuchens des Geländes konnte die Ursache für diese Anomalie nicht festgestellt werden.

Anomalie nördl. Storvann (P.Nr. 93):

Außer für Uran wurde hier auch ein anomaler Wert für Mo gemessen. In der Umgebung der Anomalie stehen weit verbreitet Grünsteine an. Der Bach, in dem die Anomalie gemessen wurde, läuft durch ein Sumpfgebiet.

Anomalie nördl. Gruvevann (P.Nr. 281):

Hier stehen verbreitet Grünsteine an. Außer für U wurde auch ein anomaler Wert für Cu gemessen. Die Cu-Anomalie wird möglicherweise durch eine der hier öfter auftretenden typischen kleinen sulfidischen Cu-Vererzungen verursacht. Die U-Anomalie ist jedoch auf den hohen Anteil an organischem Material in dieser Probe (50,8 Gew.-%) zurückzuführen.

Anomalie südwestl. Øvre-Nevefjordvann (P.Nr. 152):  
In dieser Probe ist der Anteil der organischen Substanz sehr hoch (38,7 Gew.-%), welches mit Wahrscheinlichkeit der Grund für diese Anomalie sein dürfte. Allerdings befinden sich auch ca. 100 m nordwestlich dieser Anomalie Schwarzschiefer, die hier aber nicht aufgeschlossen sind. Diese Gesteine liegen in streichender Verlängerung der kleinen Uranmineralisation innerhalb dieser Schwarzschiefer am Øvre-Nevefjordvann (siehe Kap. 6.3).

Anomalie östl. Storvann (P.Nr. 294):  
siehe bei Cu in 5.2.1.

Anomalie südl. Storvann (P.Nr. 309):  
Der Bachlauf im Bereich dieser Uran-Anomalie liegt in einem Sumpfbereich, daß seitlich von Schutt überdeckt ist. Anzeichen für Mineralisationen konnten nicht gefunden werden.

### 5.3 Geophysikalische Messungen

#### 5.3.1 Magnetik

In der geomagnetischen Karte (Abb. 45) können im wesentlichen drei größere Anomalienfelder erkannt werden:

Anomalienfeld zwischen Storvann und Gruvevann/Hermanvann:  
Dieses Anomalienfeld zeigt sehr hohe Anomalienwerte im Bereich der alten Porsa-Gruben (siehe Kap. 6.2). Diese Vererzungen führen in relativ starkem Maße Magnetit, welcher diese magnetischen Anomalien verursacht. Das Anomalienfeld erstreckt sich von hier aus weiter nach Osten entlang der hier auftretenden Grünsteine, welches wahrscheinlich auf fein verteilten Magnetit zurückzuführen ist. Dieser läßt sich häufig im Gestein beobachten.

Anomalie ca. 1 km östl. des Langvann:  
Diese hohe Anomalie wird durch die Grubenaktivitäten im Bereich der ehemaligen Bachkes-Gruben verursacht. Auch diese Cu-Vererzungen sind magnetitführend, welches diese Anomalie erklärt.

Anomalie am Skinnfjell:

Auf der Spitze des Skinnfjells befindet sich eine Gabbro-Intrusion, welche wohl für diese Anomalie, bedingt durch hohen Magnetit-Gehalt, verantwortlich ist. Diese Intrusion liegt außerhalb der Gesteine der Porsavann-Gruppe.

### 5.3.2 Elektromagnetik

Die elektromagnetischen Messungen hatten den Zweck, Objekte mit elektrischer Leitfähigkeit zu lokalisieren. Die Reellkomponentenkarte ist in Abb. 46, die Imaginärkomponentenkarte in Abb. 47 dargestellt.

Bei der Imaginärkomponentenkarte ist das Produkt aus  $t \times \sigma$  ein Maß für die Höhe der Anomalie, wobei  $t$  die Dicke des Leiters und  $\sigma$  die Leitfähigkeit bedeutet. Hohe  $t \times \sigma$ -Werte sind also von größtem Interesse bei der Diskussion der Anomalien. Es muß erwähnt werden, daß in erster Linie senkrecht stehende Leiter gemessen werden und weniger flachliegende, welches durch die Anordnung der Meßspulen bedingt ist.

Vergleicht man die geologische Karte des Porsa-Nevefjord-Gebietes (Karte 18) mit den elektromagnetischen Karten, so kann man daraus ersehen, daß in erster Linie die Schwarzschiefer der Kvalsund-Formation als elektrische Leiter in den Vordergrund treten.

### 5.3.3 Radiometrie

Die Ergebnisse der radiometrischen Messungen sind aus Abb. 48 bis Abb. 54 zu ersehen. Außer für die Kanäle für Uran ( $^{214}\text{Bi}$ ), Thorium ( $^{208}\text{Tl}$ ) und  $^{40}\text{K}$  wurden auch Karten für das Verhältnis von  $\text{U}/^{40}\text{K}$ ,  $\text{Th}/^{40}\text{K}$  und  $\text{U}/\text{Th}$  sowie für die gesamte Gammastrahlung erstellt. In den Karten sind die geflogenen Profile dargestellt. Bei U-, Th- und  $^{40}\text{K}$ -Kanal sind auf jeder Karte die Background-Werte für das gesamte Komagfjord-Fenster angegeben. Die dargestellten Karten sind Ausschnittskarten für den Bereich des Porsa-Nevefjord-Gebietes.

Im Urankanal (Abb. 49) lassen sich Anomalien in Höhe bis zum ca. 4fachen Backgroundwert im Bereich der Konglomerate und Tonschiefer der Lomvann-Formation beobachten. Diese Gesteine besitzen offensichtlich höhere U-Backgroundwerte als die

übrigen präkambrischen Gesteine der Porsavann-Gruppe. Bei der Überprüfung dieses Bereiches mit dem Scintillometer konnten allerdings keine Uranvererzungen gefunden werden. Ebenfalls anomale Werte, die etwa doppelt so hoch wie der Background liegen, lassen sich im Bereich der Schwarzschiefer der Kvalsund-Formation, südlich des Storvann, sowie 3 km nordöstlich des Nedre-Nevefjordvann, im Kvalsundalen beobachten. Diese spiegelt ebenfalls einen erhöhten Urangehalt gegenüber den übrigen auftretenden Gesteinstypen wider.

Im Th-Kanal (Abb. 50) lassen sich ebenfalls anomale Werte, die etwa 3-4fache Werte der Backgroundstrahlung erreichen, im Bereich der Gesteine der Lomvann-Formation westlich und südlich des Storvann beobachten. Im übrigen Gebiet liegen die Werte etwa im Bereich der Backgroundstrahlung des gesamten Komagfjord-Fensters.

Die Werte im  $^{40}\text{K}$ -Kanal (Abb. 51) sind über das gesamte Porsanevefjord-Gebiet sehr unterschiedlich und variieren stark. Höhere Anomalien ergaben sich ebenfalls wieder im Bereich der Gesteine der Lomvann-Formation südlich und westlich des Storvann. Außerdem befinden sich Anomalien, die etwa die 3fache Backgroundstrahlung erreichen, im Bereich der Schwarzschiefer im Kvalsundalen.

Aus den Karten der Verhältnisse  $\text{U}/^{40}\text{K}$ ,  $\text{Th}/^{40}\text{K}$  und  $\text{U}/\text{Th}$  (Abb. 52 - Abb. 54) lassen sich keine eindeutigen Trends erkennen. Die Werte sind stark variierend und unterschiedlich. Eindeutige Anomalien, die regional etwas verbreitet sind, lassen sich nicht beobachten.

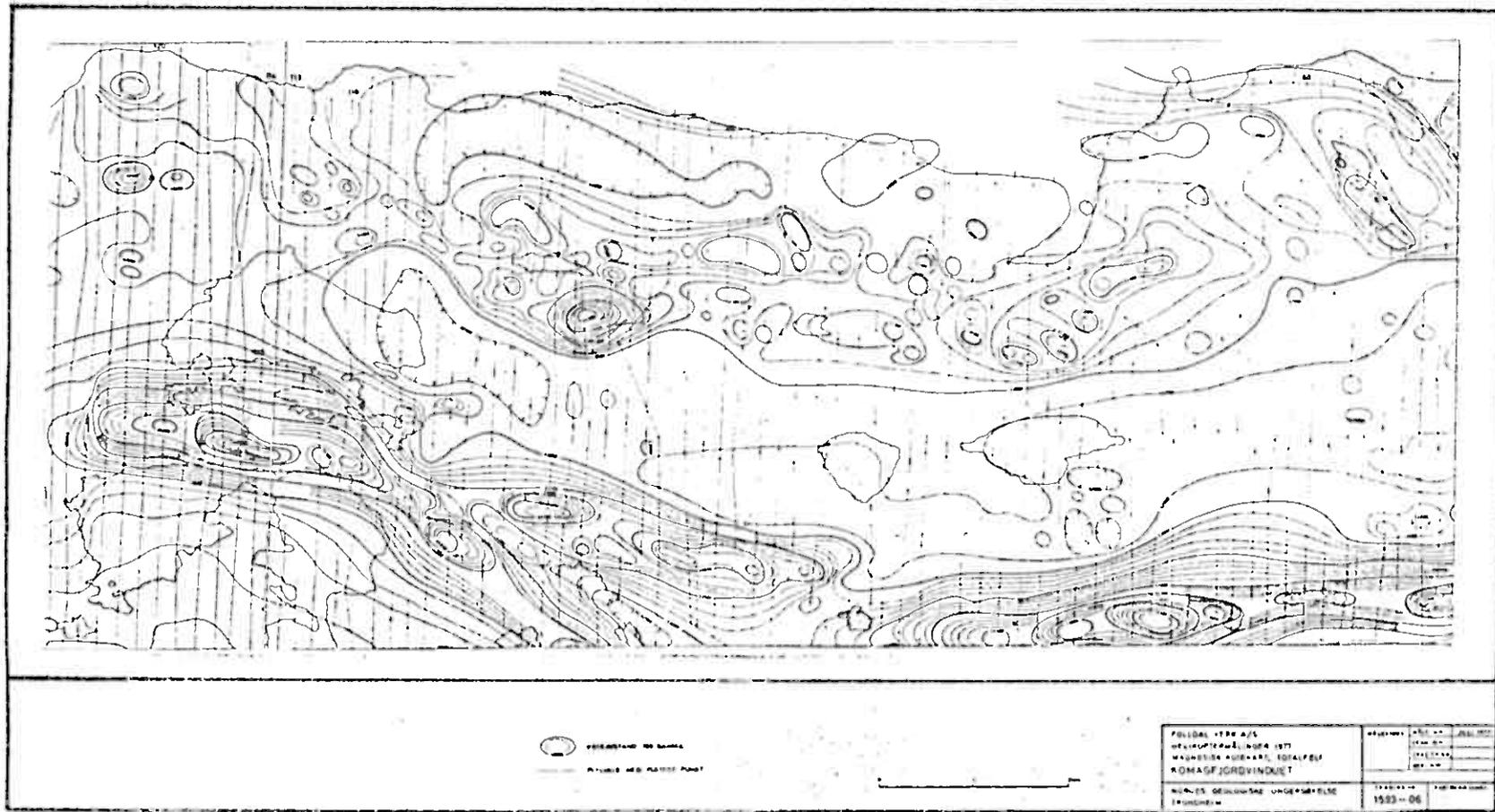


Abb. 45: Geomagnetische Karte des Porsa-Nevefjord-Gebietes

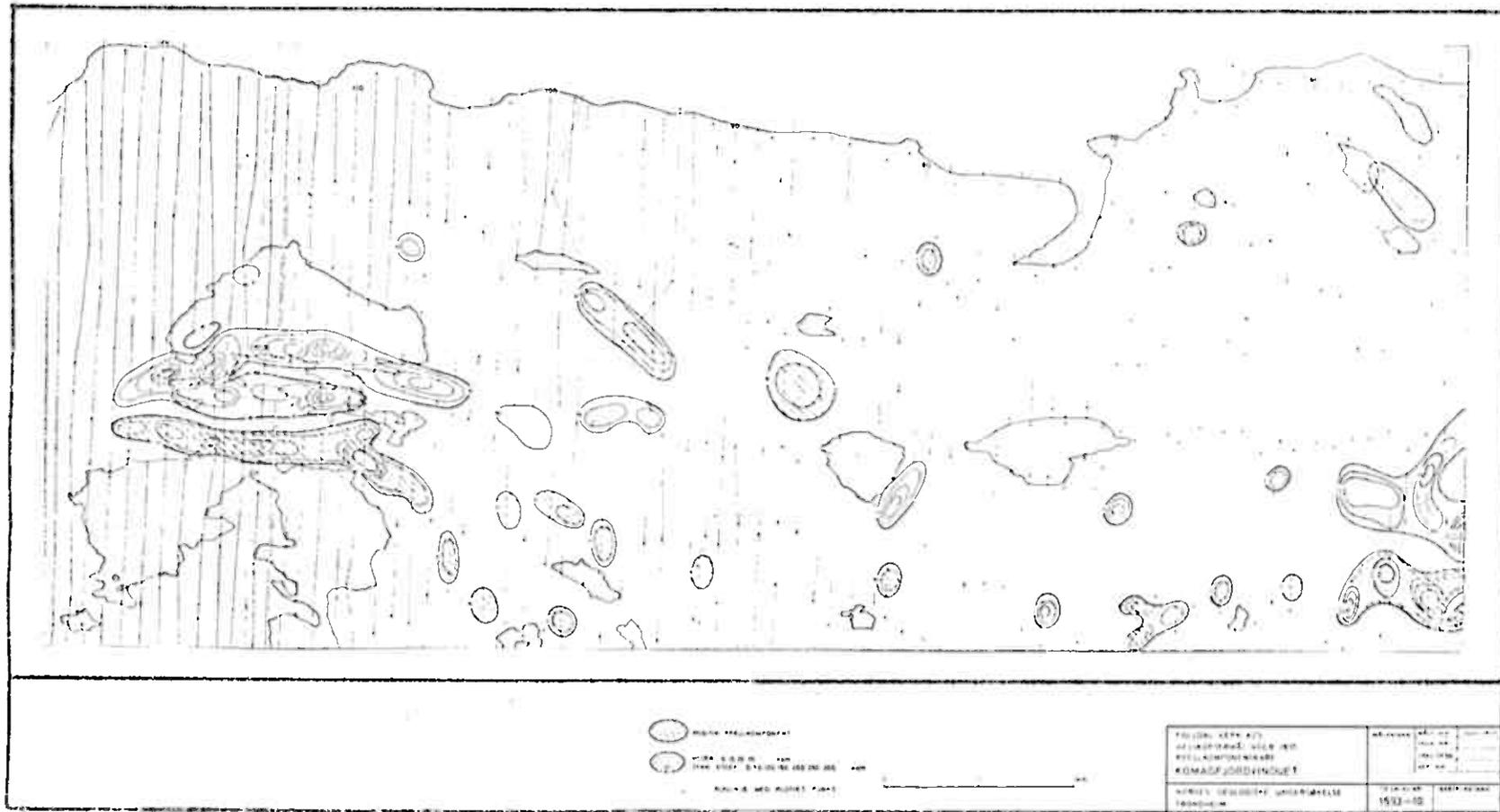


Abb. 46: Elektromagnetische Karte (Reellkomponente) des Porsa-Nevefjord-Gebietes

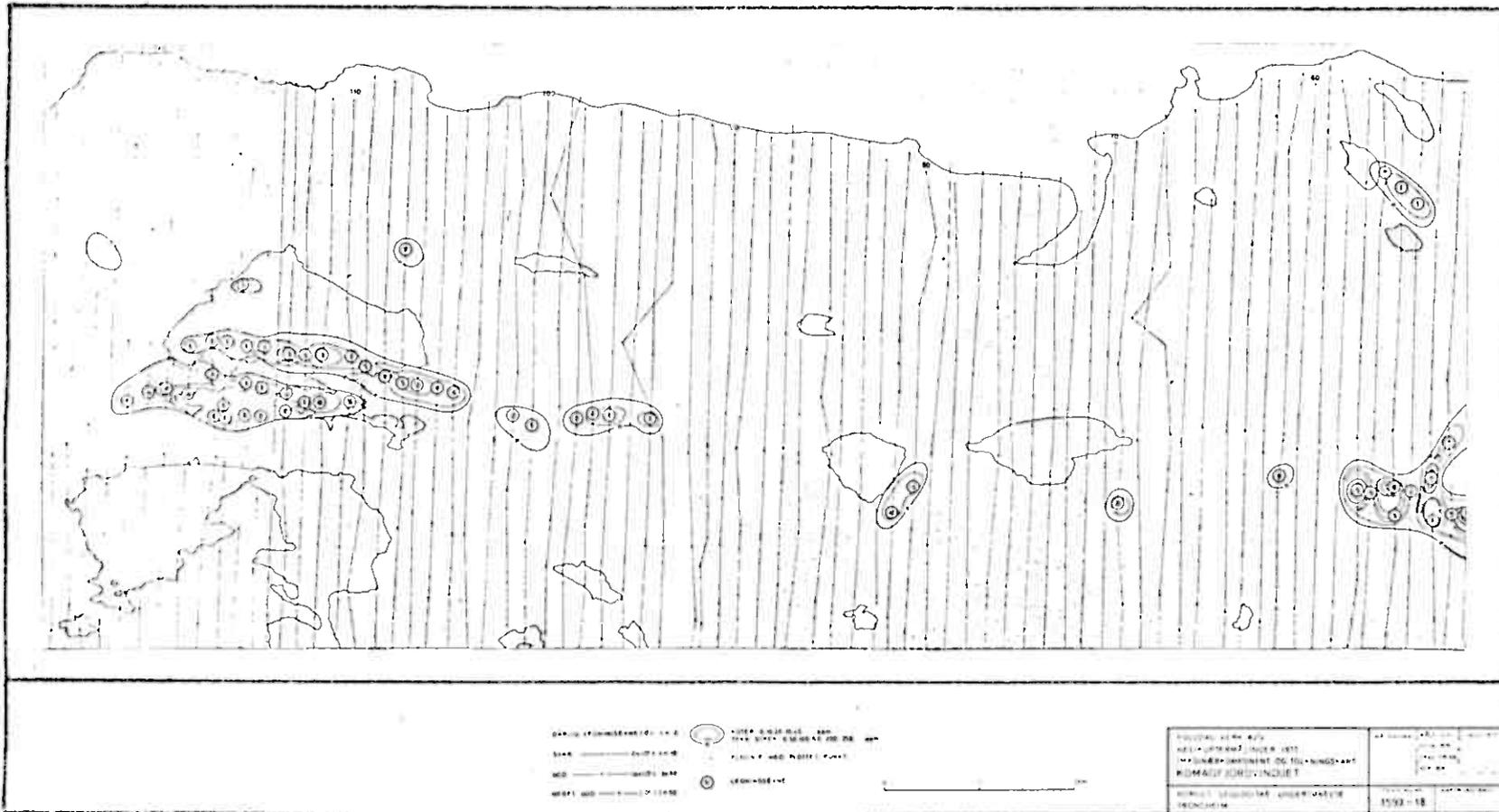
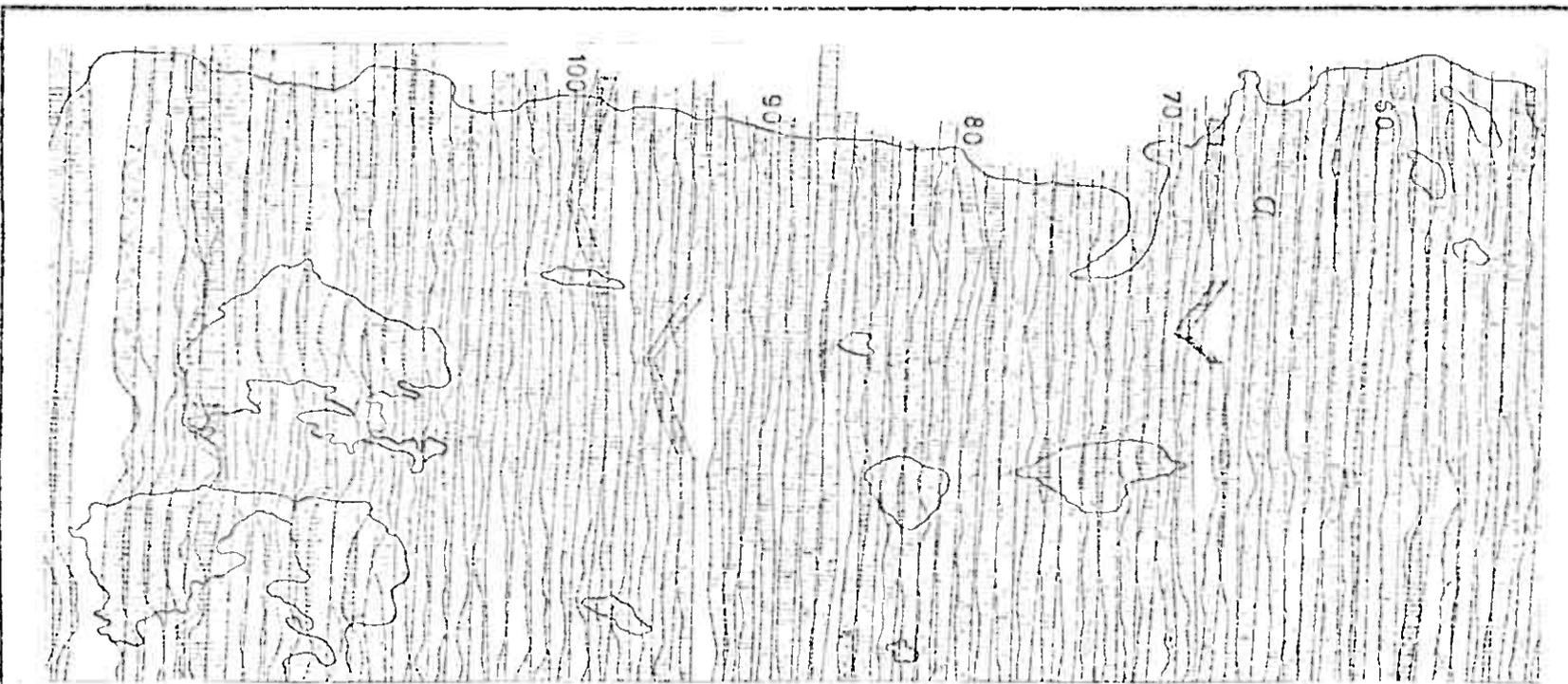


Abb. 47: Elektromagnetische Karte (Imaginärkomponente) des Porsa-Nevefjord-Gebietes



0,6 cm auf der Kurve entsprechen 500 C/S

Fluglinie entspricht 400 C/S

Backgroundstrahlung = 200 C/S

1 km

RADIOMETRISCHE KARTE

Gesamtgammastrahlung

Norges Geologiske Undersøkelse, 1977

Abb. 48

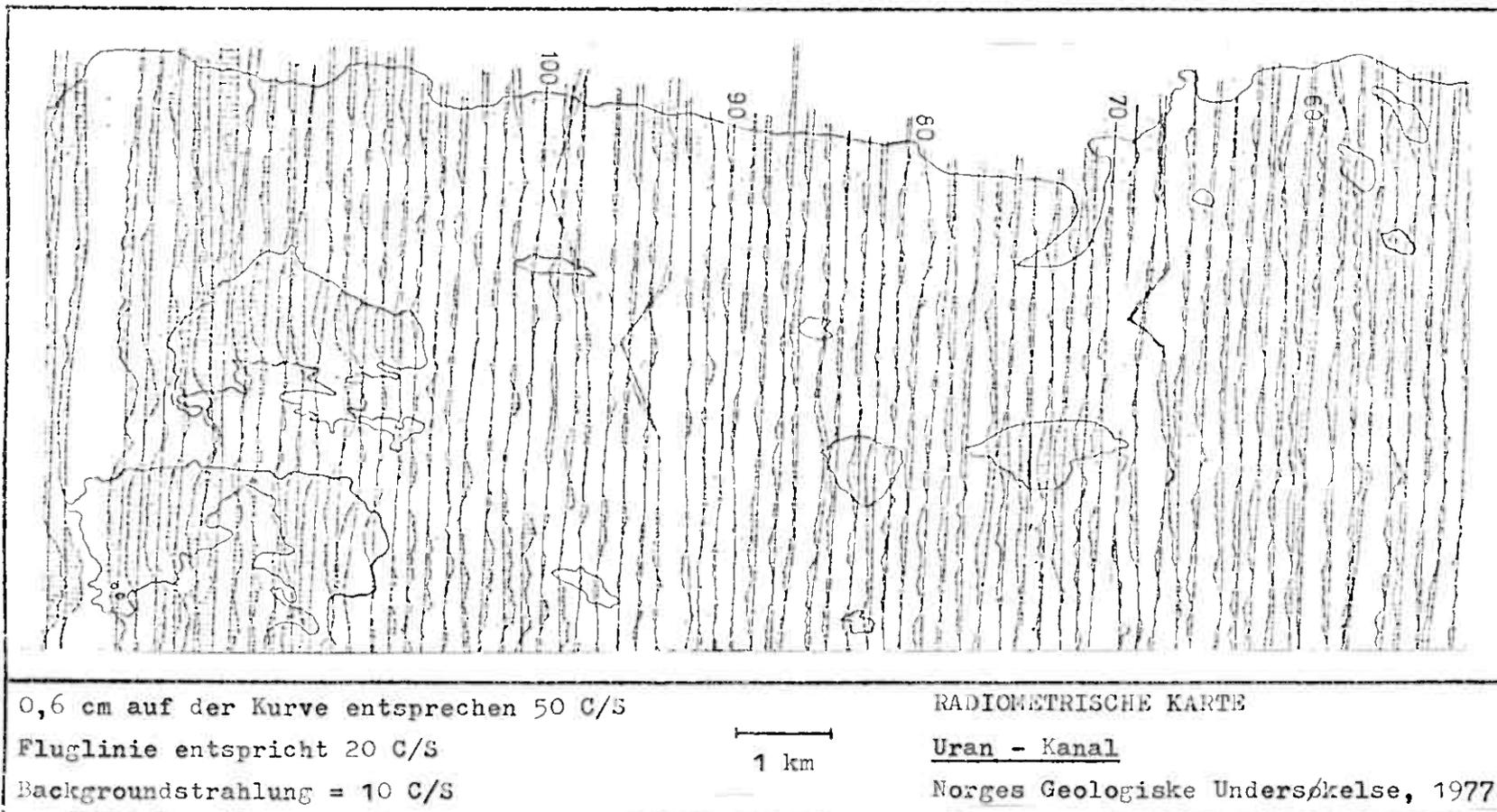


Abb. 49

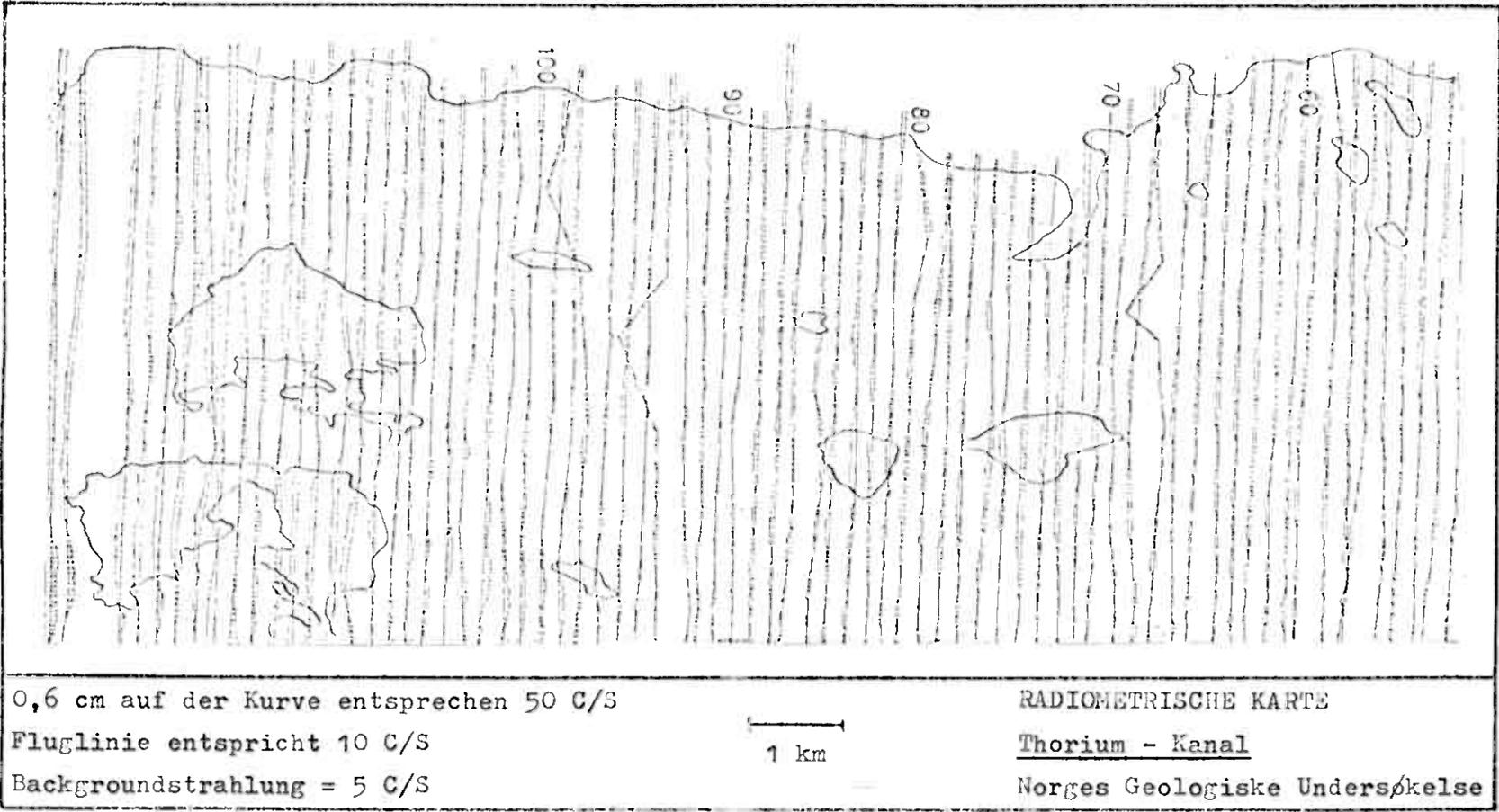


Abb. 50

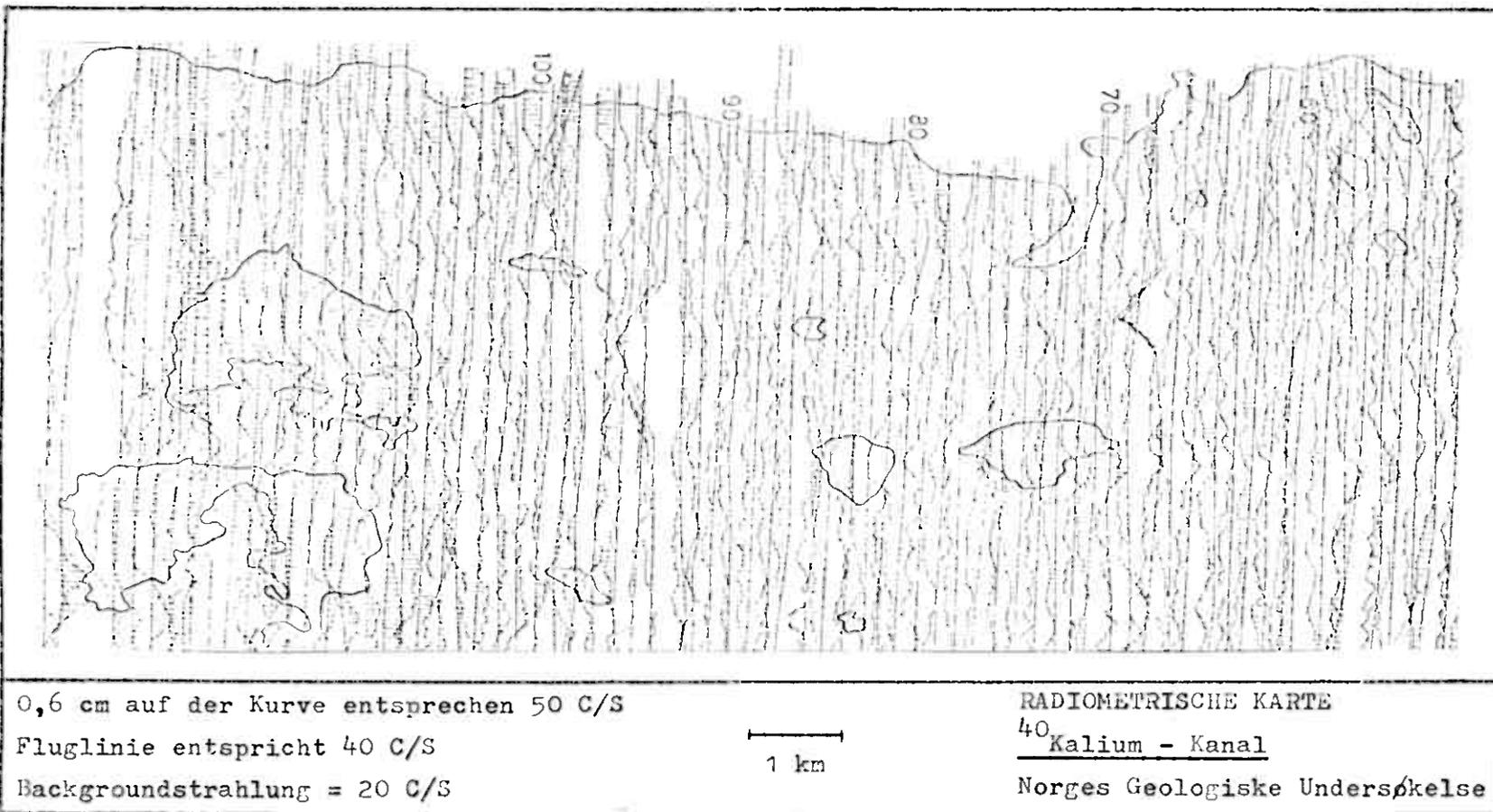


Abb. 51

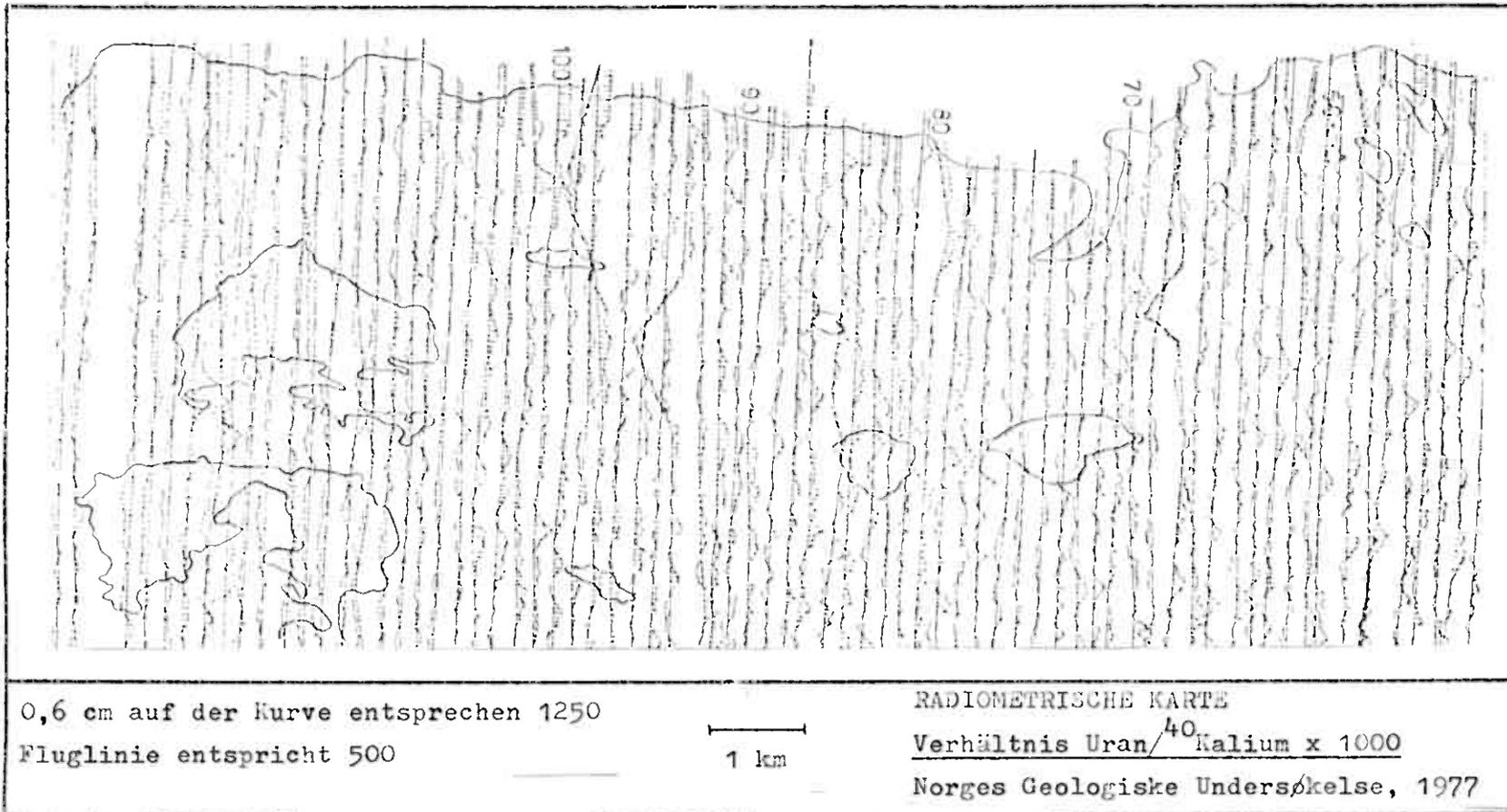


Abb. 52

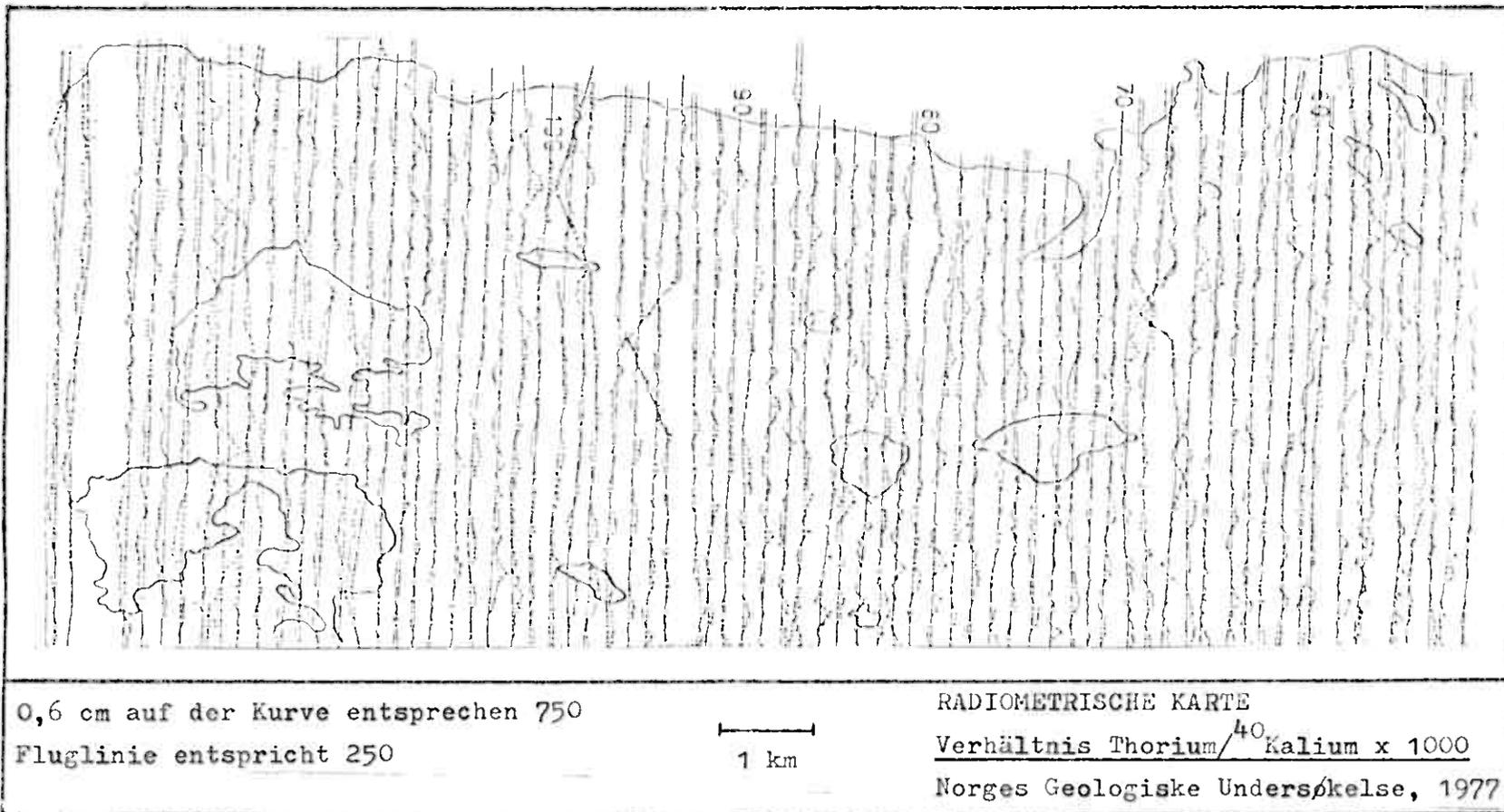


Abb. 53

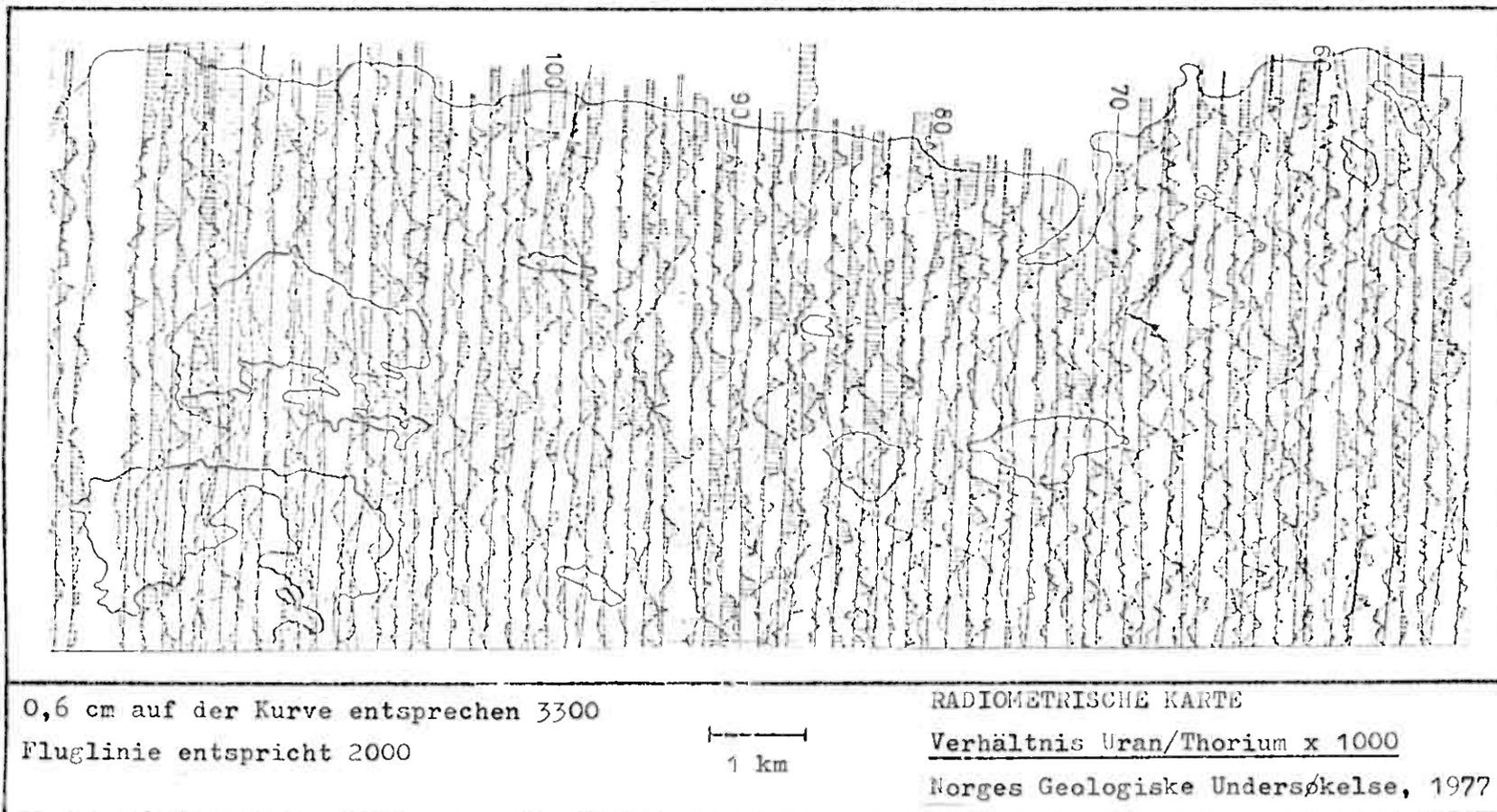


Abb. 54

## 6. Beschreibung der Vererzungen

Die Vererzungen des Porsa-Nevefjord-Gebietes lassen sich, ihrem geologischen Auftreten nach, in zwei verschiedene Typen untergliedern. Am häufigsten treten die Vererzungen als Gänge, überwiegend innerhalb der Grünsteine der Høgfjell-Formation, auf. Sie stellen Füllungen von Dehnungsklüften dar (Steffan & Stribrny, 1977). Es handelt sich um sulfidische Kupfervererzungen, wobei Erzminerale aus temperierten wäßrigen Lösungen ausgefällt wurden. Weitere Details wurden in Kap. 6.1.4 diskutiert. Diese Vorkommen standen zum größten Teil zu Beginn dieses Jahrhunderts in Abbau. Zwei dieser alten Bergbaue, Bachkes- und Bahrs-Grube, enthalten zusätzlich nicht unbedeutliche Mengen an Uran. Diese beiden Vererzungen werden im Nachfolgenden ausführlich beschrieben. Die Diskussion der Genese dieser beiden Mineralisationen ist auf alle übrigen auftretenden Mineralisationen dieses Typs zu übertragen.

Ein anderer Vererzungstyp tritt innerhalb der Schwarzschiefer der Kvalsund-Formation schichtgebunden auf. Diese Mineralisationen sind offensichtlich nicht an geologische Strukturen gebunden. Es treten ebenfalls Sulfide auf. Uran ist ebenfalls vorhanden. Diese Mineralisationen sind wirtschaftlich unbedeutend.

Die Lage aller im Porsa-Nevefjord-Gebiet auftretenden Mineralisationen ist aus Karte 17 zu ersehen.

### 6.1 Bachkes-Gruben und Bahrs-Grube

#### 6.1.1 Mineralogie

Zur Ermittlung des Mineralbestandes wurden Erzanschliffe, Dünnschliffe und Röntgendiffraktometeraufnahmen herangezogen. Um die uranföhrnden Phasen zu lokalisieren, wurden von einigen Erzanschliffen sogenannte Autoradiographien angefertigt. Ein Beispiel für eine solche Autoradiographie ist in Abb. 55 dargestellt. Ein Erzanschliff wurde dabei für die Dauer von ca. 2 Tagen auf einen Röntgenfilm gelegt. Nach dieser Zeit wurde er entwickelt, wobei Schwärzungen durch die Gammastrahlung der uranföhrnden Minerale verursacht wurden. Jede Schwärzung (auf Fotopapierabzug entsprechend hell erscheinend) charakterisiert die Lage eines radioaktiven Minerals im Erzanschliff.

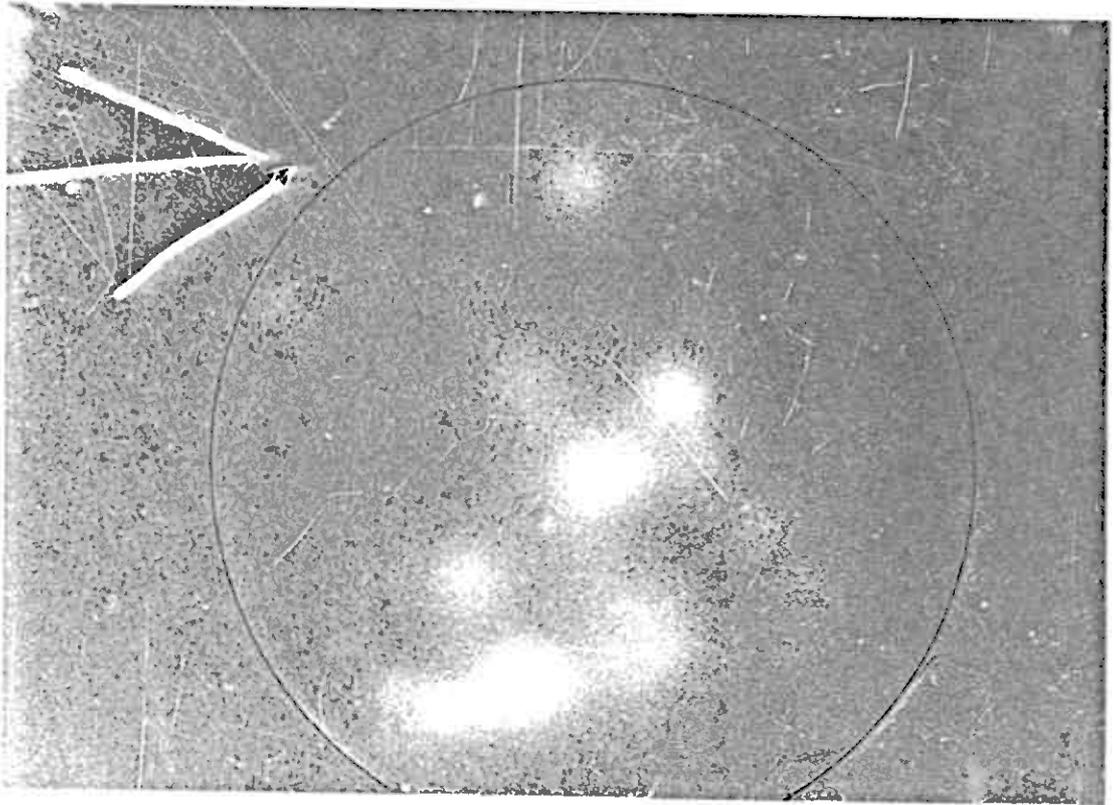


Abb. 55: Autoradiographie einer Probe von Bahrs-Grube. Belichtungen hier verursacht durch Brannerit. Vergrößerung ca. 5fach.

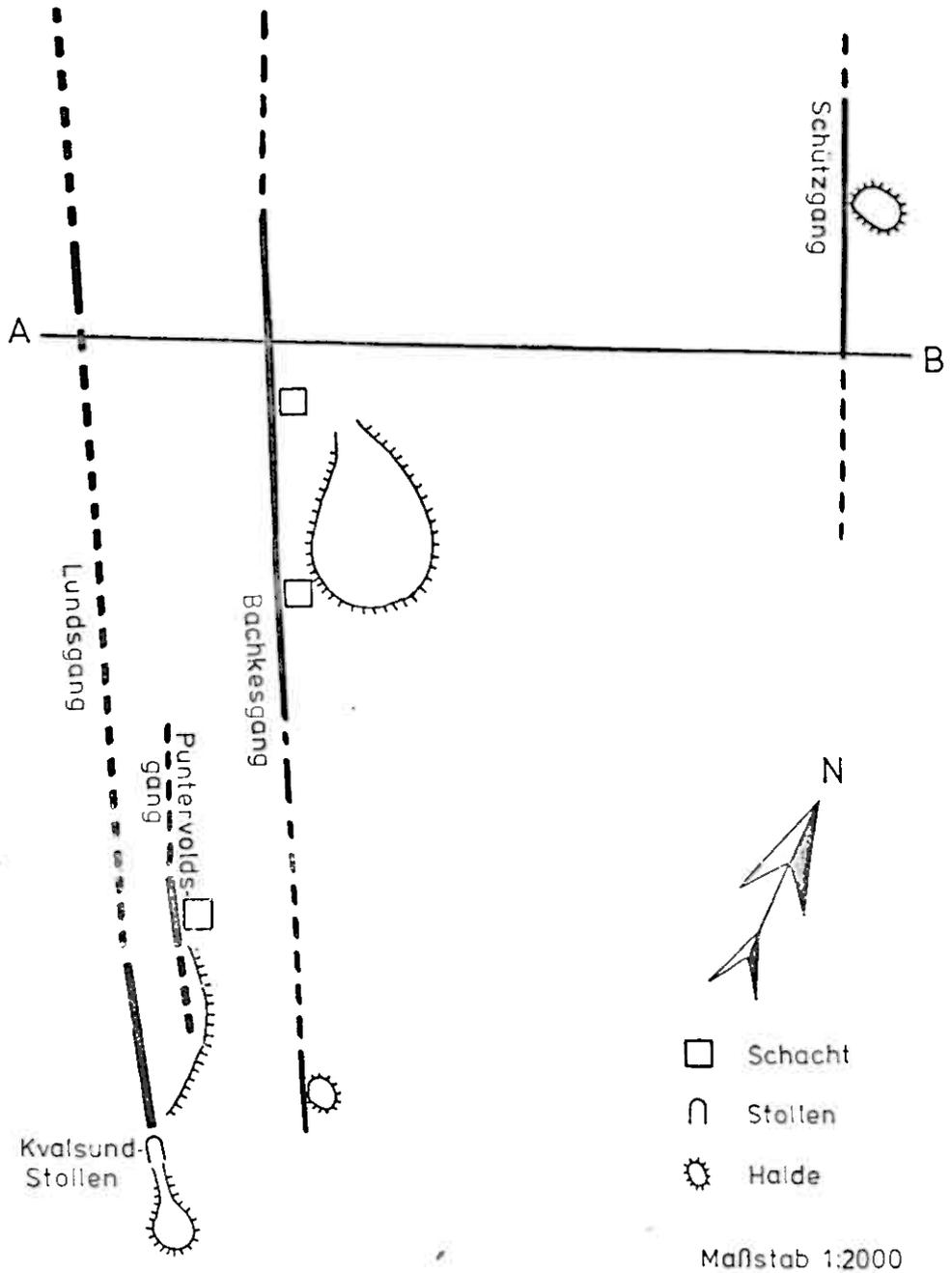
Bachkes-Grube:

Die Vererzung der Bachkes-Grube setzt sich aus einer Anzahl verschiedener mineralisierter Gänge zusammen. Eine Übersicht über die dort auftretenden Mineralisationen und Grubenanlagen ist in Abb. 56 gegeben.

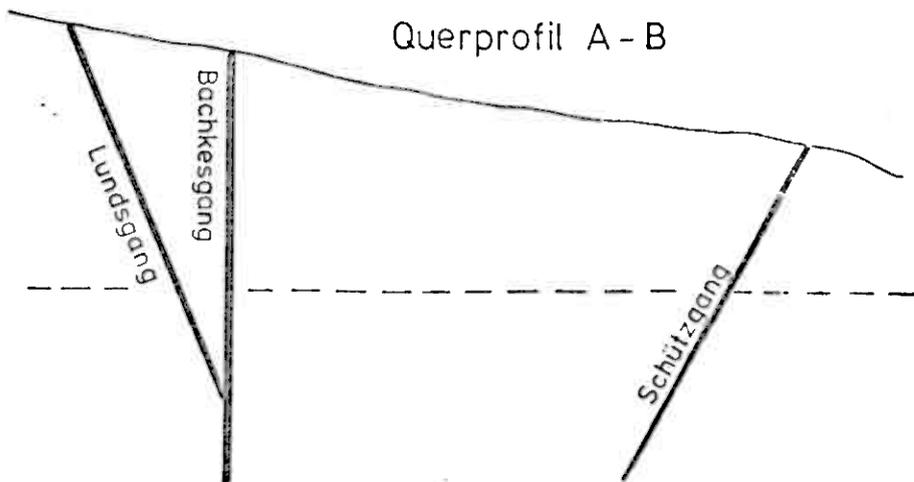
In der Vererzung der Bachkes-Gruben konnten folgende Minerale nachgewiesen werden:

primäre:	Aktinolith-Tremolit	sekundäre:	Covellin
	Amianth		Goethit
	Anatas		Lepidokrokit
	Calcit		sek. Cu-Minerale
	Chalcedon		sek. U-Minerale
	Chlorit		
	Hämatit		
	Kupferkies		
	Magnetit		
	Mikroklin		
	Muskovit		
	Pechblende		
	Plagioklas		
	Fyrit		
	Quarz		

# Bachkes-Grube



## Querprofil A - B



Als erste Minerale kristallisierten offensichtlich Magnetit und Pyrit aus, gefolgt von Kupferkies. Magnetit und Pyrit treten meist als idiomorphe Körner auf, sind oft jedoch von außen her korrodiert. Sie treten häufig in einer Masse von Kupferkies auf. Einzelne Kupferkiesindividuen wandeln sich häufig von außen und von Rissen ausgehend in Covellin (normaler und blaubleibender) oder auch in Goethit um (Abb. 57 und Abb. 58). Der Goethit wiederum wird häufig von einer dünnen Seele von Lepidokrokit durchzogen. Umwandlungserscheinungen in Goethit sind bisweilen auch beim Magnetit zu beobachten. Diese Umwandlungserscheinungen in Covellin und Goethit sind als sekundär zu betrachten.

Häufig lassen sich auch Verdrängungen des Magnetits durch Hämatit beobachten (Abb. 59). Diese Umwandlungsreaktion ist aus erzgenetischer Sicht von Bedeutung und wird in Kap. 6.1.4 interpretiert werden. Neben Hämatit tritt bisweilen fein verteilt Pechblende auf (Abb. 60 und Abb. 61). Hämatit und Pechblende scheinen gleichzeitig gebildet worden zu sein.

Die Erzminerale sind auf zwei verschiedene Arten mit Gangmineralen verwachsen: Zum einen wurden Stücke beobachtet, in denen derbe Kupferkiesmassen, die z.T. Pyrit und Magnetit beinhalten, mit größeren Aggregaten von Calcit und Quarz verwachsen sind. Uran ist hierin nicht enthalten. Dieser Verwachsungstyp stellt sicherlich das Hauptkupfererz dar. Zum anderen wurden Stücke beobachtet, in denen fein verteilter Kupferkies und Pyrit, sowie Hämatit und Pechblende mit Tremolit-Aktinolith, Chlorit, Plagioklas und Muskovit verwachsen sind. Diese Mineralisationen scheinen untergeordnet vorhanden zu sein; sie stellen wahrscheinlich eine bestimmte Zone innerhalb der Gangvererzung dar. Nur an diesen Typ ist Uran gebunden. Bisweilen konnten in diesem Verwachsungstyp auch Gesteinsbruchstücke des Nebengesteins beobachtet werden, welches darauf schließen läßt, daß es sich um eine Randzone innerhalb der Gänge handelt. Aktinolith-Tremolit, Chalcedon und Mikroklin wurden auf Klüften beobachtet. Amianth (Aktinolith-Tremolit-Asbest) kommt oft in unmittelbarer Nachbarschaft zu langstengeligen Aktinolith-Tremolit-Kristallen vor.

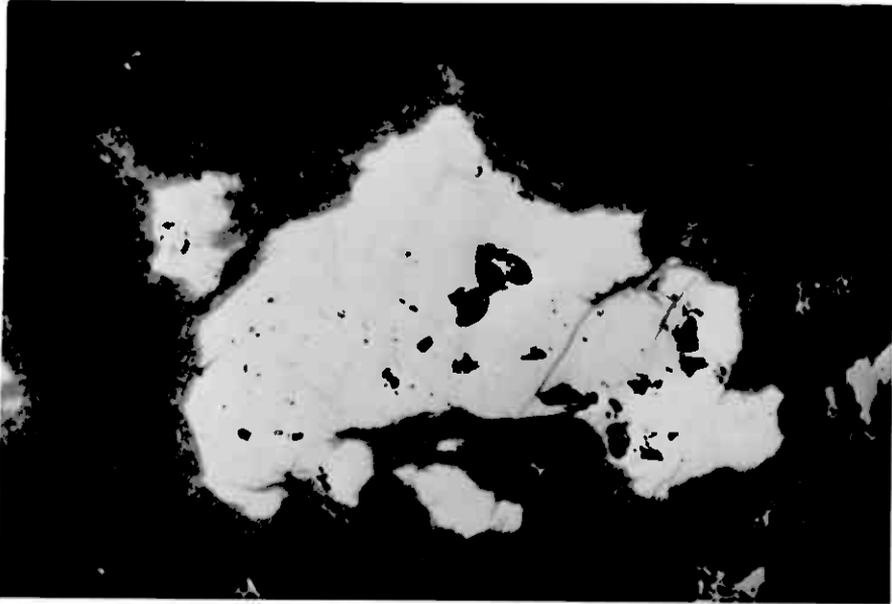


Abb. 57: Umwandlung von Kupferkies (weiß) in Covellin  
(grauer Saum um Kupferkies), ca. 1100 x in Öl

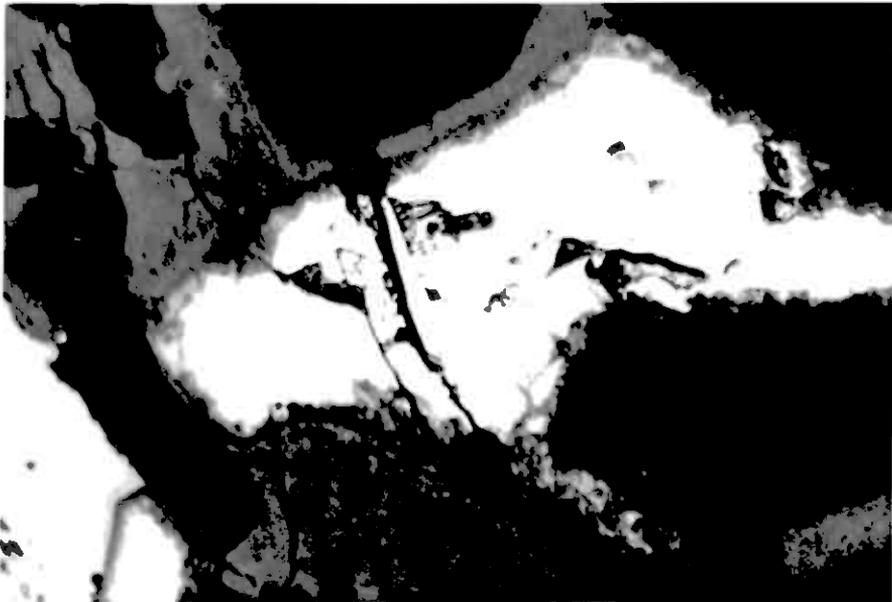


Abb. 58: Umwandlung von Kupferkies (weiß) in Covellin  
(Saum um Kupferkies) und Goethit (dunkelgrau)  
ca. 1100 x in Öl

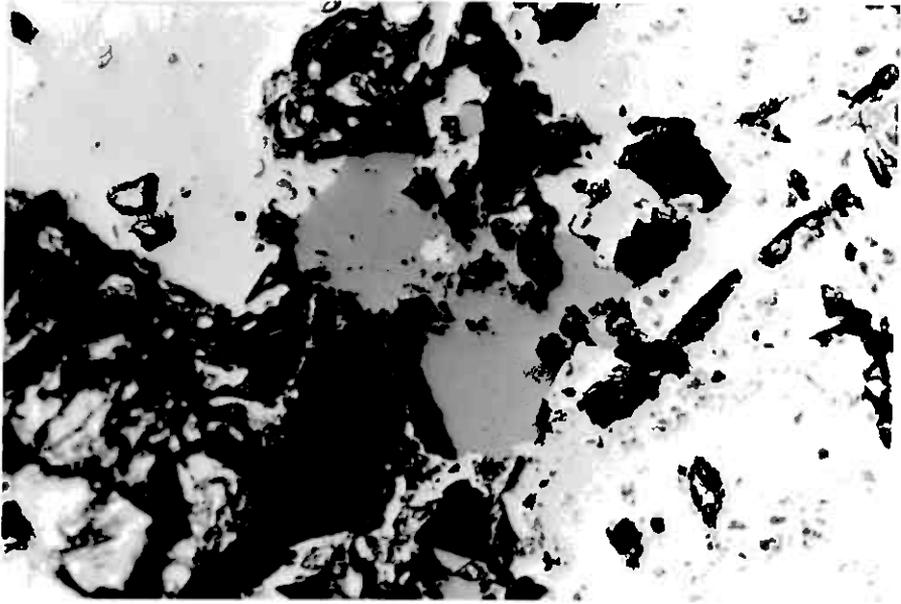


Abb. 59: Oxidation von Magnetit (grau) in Hämatit  
(weiß), ca. 1100 x in Öl

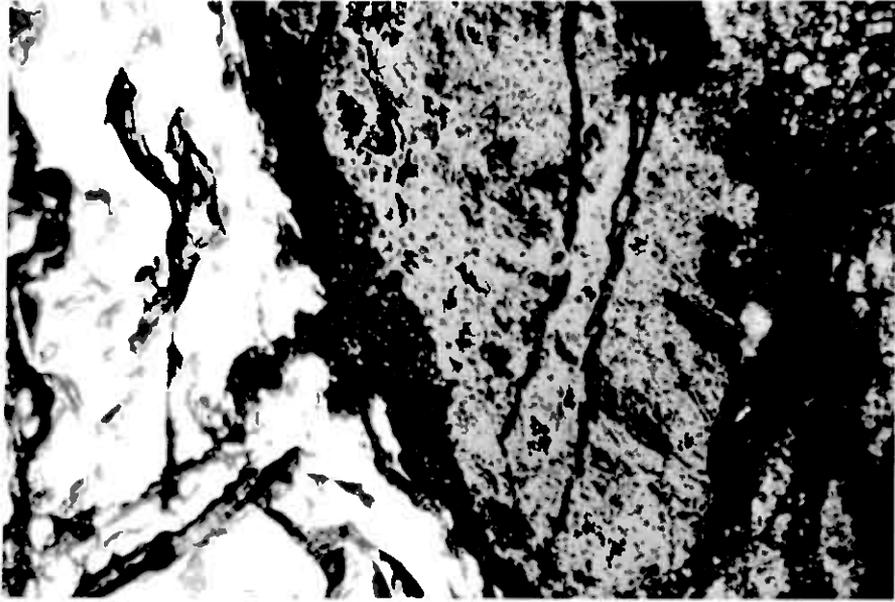


Abb. 60: Hämatit (links, weiß) neben Pechblende (grau),  
ca. 1100 x in Öl



Abb. 61: Hämatit (links, weiß) neben Pechblende  
ca. 1100 x in Öl

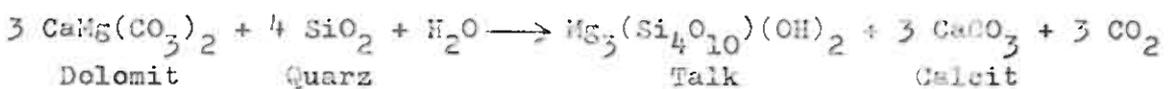
Bahrs-Grube:

Die Mineralogie ähnelt jener der Bachkes-Grube, unterscheidet sich in einigen Details jedoch wesentlich. Im einzelnen konnten folgende Minerale nachgewiesen werden.

primäre:	Anatas	sekundäre:	Goethit
	Brannerit		Lepidokrokit
	Calcit		sek. Cu-Minerale
	Chlorit		sek. U-Minerale
	Dolomit		
	Hämatit		
	Kupferkies		
	Magnetit		
	Muskovit		
	Plagioklas		
	Pyrit		
	Quarz		
	Rutil		
	Talk		

Pyrit, Magnetit und Kupferkies treten in der gleichen Paragenese wie in Bachkes-Grube auf (Abb. 62). Pyrit und Kupferkies wandeln sich vom Rand und von Rissen ausgehend in Goethit und Lepidokrokit um. Ebenfalls sind hier Umwandlungen des Magnetits in Hämatit durch Oxidation zu beobachten (Abb. 63).

Als Uranmineral tritt hier Brannerit ( $U_3Ti_5O_{16}$ ) auf. Dieser ist meist mit Anatas verwachsen, tritt aber auch in Verwachsungen mit Rutil auf (Abb. 64 bis 67). Pechblende wurde hier nicht beobachtet. Die Branneritbildung erfolgte nach Ramdohr's (1957) sogenannter Pronto-Reaktion, wobei Brannerit auf Kosten von Uranpecherz und  $TiO_2$  gebildet wird. An Gangmineralen treten derbe Aggregate von Calcit und Quarz in Verwachsung mit Kupferkies, Pyrit und Magnetit auf. Die Uranführung ist ähnlich wie bei Bachkes-Grube, auf Verwachsungen von Brannerit mit Hämatit, etwas Kupferkies und Pyrit, sowie Anatas, Rutil, Plagioklas, Muskovit, Chlorit, Dolomit und Talk beschränkt. Talk ist hier wahrscheinlich metamorph aus Dolomit gebildet worden, z.B. nach der Formel:



Dolomit kommt hier selbst auch als Gangmineral vor.

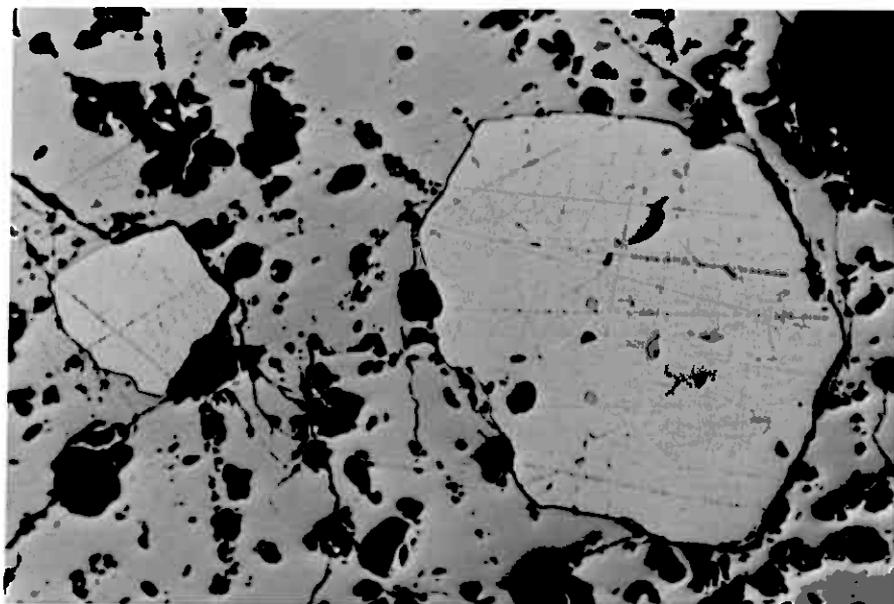


Abb. 62: 2 Pyritkörner (hellgrau) in Kupferkies, ca. 100 x

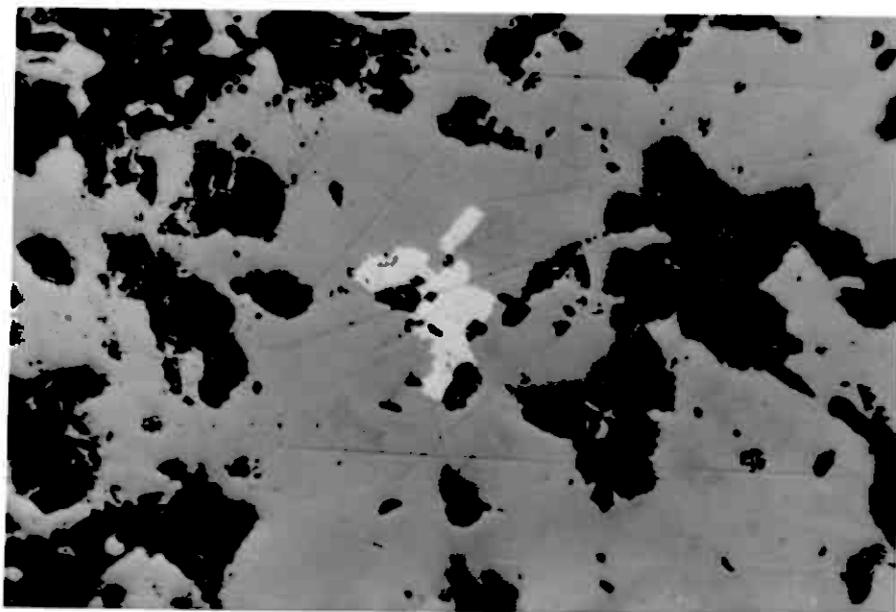


Abb. 63: Oxidation von Magnetit (grau) in Hämatit (weiß), ca. 1100 x in Öl

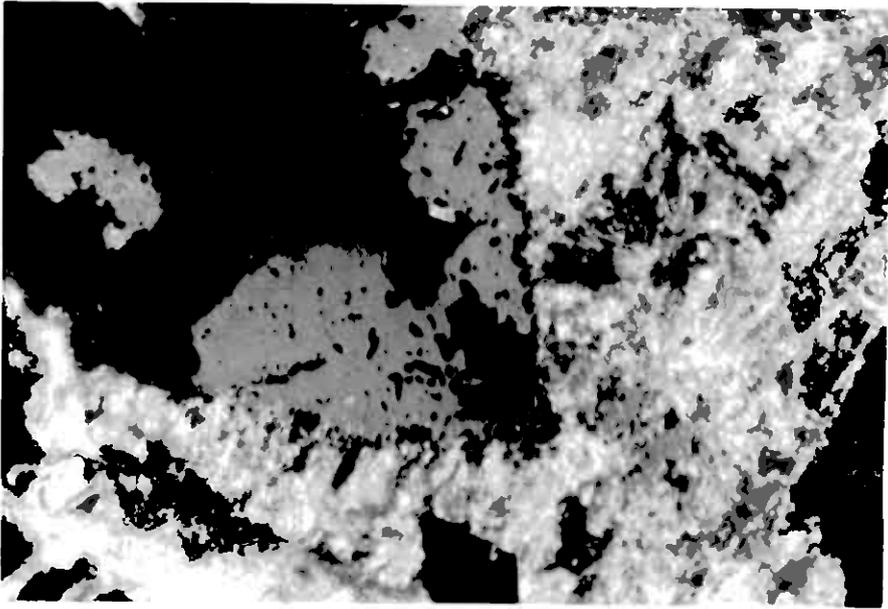


Abb. 64: Anatas (weiß, mit Innenreflexen), Brannerit  
(mittelgrau), ca. 1100 x in Öl



Abb. 65: Wie Abb. 64, nur bei gekreuzten Nicols

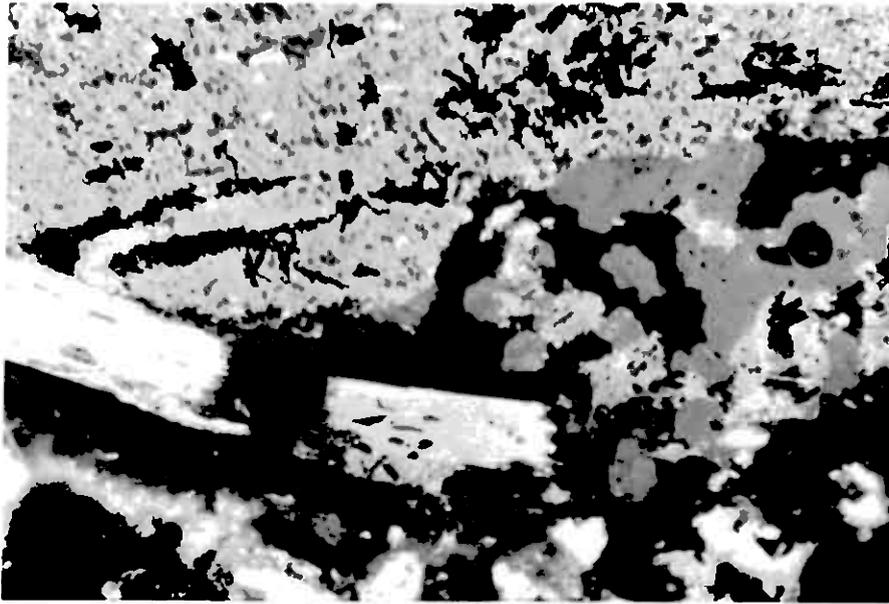


Abb. 66: Anatas (oben, weiß mit Innenreflexen), Braunerit  
(in rechter Bildhälfte, mittelgrau) und Rutil  
(weiß, stengelig), ca. 1100 x in Öl

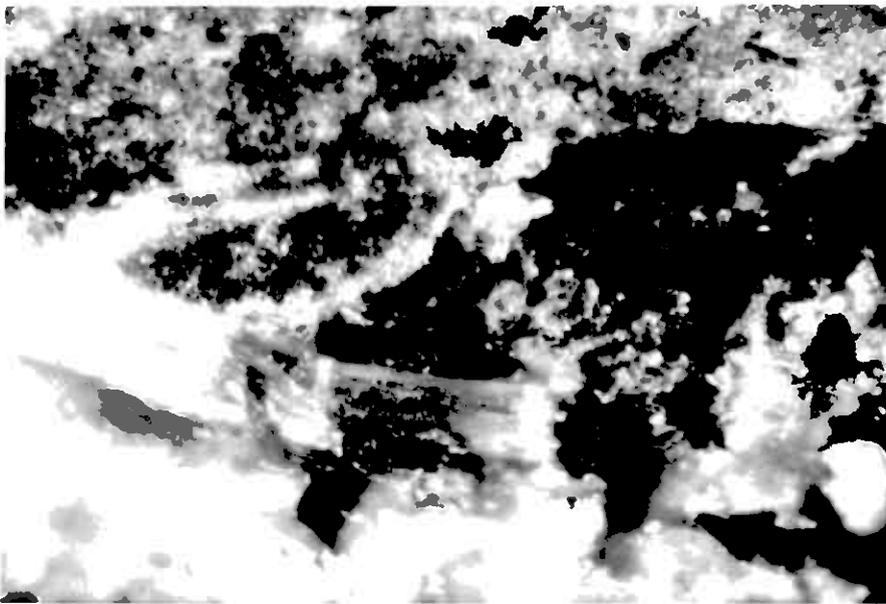


Abb. 67: Wie Abb. 66, nur bei gekreuzten Nicols

### 6.1.2 Geochemie

Von einigen radioaktiven Erzproben wurden chemische Analysen angefertigt. Die Analyseergebnisse sind aus Tab. 16 zu ersehen. Es muß erwähnt werden, daß diese Erzproben nicht das typische Cu-Erz darstellen, sondern eine Zone innerhalb der Vererzungen, in der Uran stärker angereichert ist.

Tab. 17: Analyseergebnisse von Erzproben der Bachkes- und Bahrs-Grube. (Werte in ppm)

#### Bachkes-Grube:

Nr.	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Th	U	Zn	V
UE 1	125	15	11200	70	185	57	3052	88	431
UE 3	60	13	25500	34	5	24	242	41	170
UE 9	40	10	4920	13	44	14	492	26	488
UE 16	60	18	7800	25	362	47	7554	39	402
UE 17	91	61	2710	14	31	5	2728	26	84
UE 20	65	13	5300	34	714	67	9092	54	544
UE 23	9	2	1750	0	618	108	7257	16	200
UE 26	97	50	8400	17	105	7	4582	32	156
UE 30	60	18	5310	25	117	18	2482	46	460
UE 36	54	13	6800	28	195	22	4224	44	314
UE 37	35	44	2475	17	21	4	348	42	200
$\bar{x}$ =	63	23	7470	25	218	34	3800	41	314

#### Bahrs-Grube:

Nr.	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Th	U	Zn	V
UE 4	850	196	104000	48	53	4	365	27	56
UE 10	195	1600	1020	104	76	7	330	33	314
UE 11	648	2325	17620	62	178	9	1415	35	520
UE 13	160	200	4130	4	7	4	131	15	84
UE 15	740	2060	15500	117	224	10	955	52	402
UE 19	547	1640	15300	23	214	8	1446	33	488
UE 22	262	950	5230	40	82	2	769	25	70
UE 25	650	620	3390	22	25	4	521	18	200
UE 32	162	880	2070	43	86	5	638	30	358
$\bar{x}$ =	468	1163	18696	51	105	6	700	30	277

### 6.1.3 Elementkorrelationen

Um die Verteilung der Elemente innerhalb der Vererzungen von Bachkes- und Bahrs-Grube näher zu untersuchen und um evtl. einige erzgenetische Aussagen zu erhalten, wurden einige Elementkorrelationen aufgestellt. Korrelationskoeffizienten sind aus Tab. 18 bis Tab. 19 zu ersehen.

Die Daten wurden teilweise in ein x-y-Diagramm geplottet. In den nachfolgenden Abbildungen sind die Daten von Bachkes-Grube in den oberen Diagrammen mit Sternchen gekennzeichnet; die Daten von Bahrs-Grube befinden sich darunter, die Proben sind durch Kreise symbolisiert. Außerdem wurde in jedem Diagramm der Korrelationskoeffizient ( $r$ ) angegeben und die Regressionsgeraden berechnet. Im einzelnen gab es folgende Ergebnisse:

Sehr gute Korrelationen bestehen in beiden Vererzungen zwischen Uran und Blei, sowie zwischen Thorium und Blei (Abb. 68 und 69). Dies bedeutet, daß der überwiegende Teil des vorhandenen Bleis radiogenen Ursprungs ist. Außerdem konnte eine recht gute Korrelation zwischen Thorium und Uran festgestellt werden (Abb. 70). Dies ist auf den ersatzweisen Einbau von Thorium für Uran in Pechblende bzw. in Brannerit zurückzuführen. Die Thoriumwerte sind dabei sehr niedrig. Keine bzw. eine sehr schlechte Korrelation besteht zwischen Uran und Kupfer (Abb. 71). Pechblende bzw. Brannerit gehen also mit dem Auftreten von Kupferkies nicht einher, haben also möglicherweise unterschiedliche Herkunftsquellen. Kupfer zeigt zu Kobalt bei Bahrs-Grube eine gute, bei Bachkes-Grube eine etwas schlechtere Korrelation (Abb. 72). Kobalt ist in hydrothermal gebildetem Pyrit des öfteren in beträchtlichen Mengen anwesend (siehe z.B. Bralía et al., 1979), was wohl auch hier der Fall sein dürfte. Somit läßt sich an Hand dieser Aussage feststellen, daß zumindest bei Bahrs-Grube, Kupferkies und Pyrit sich in ihrem mengenmäßigen Auftreten etwa gleich verhalten. Eine interessante Korrelation konnte auch zwischen Vanadium und Chrom beobachtet werden (Abb. 73). Bei Bahrs-Grube ergibt sich dabei eine gute po-



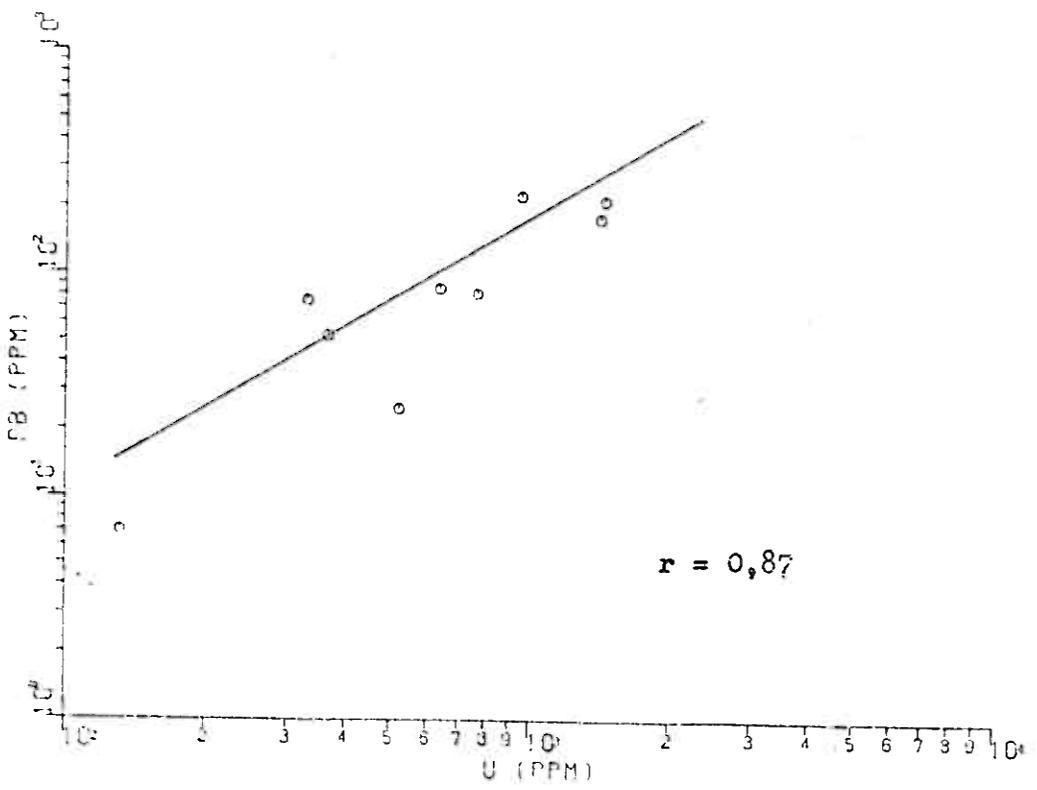
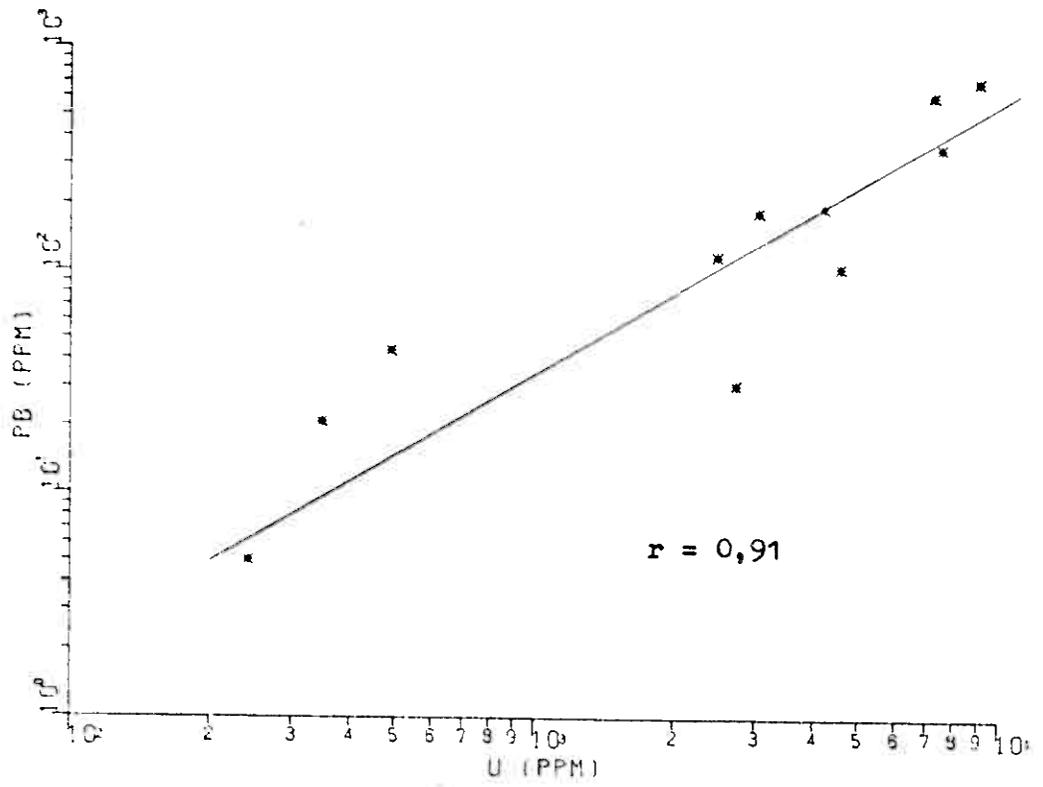


Abb. 68

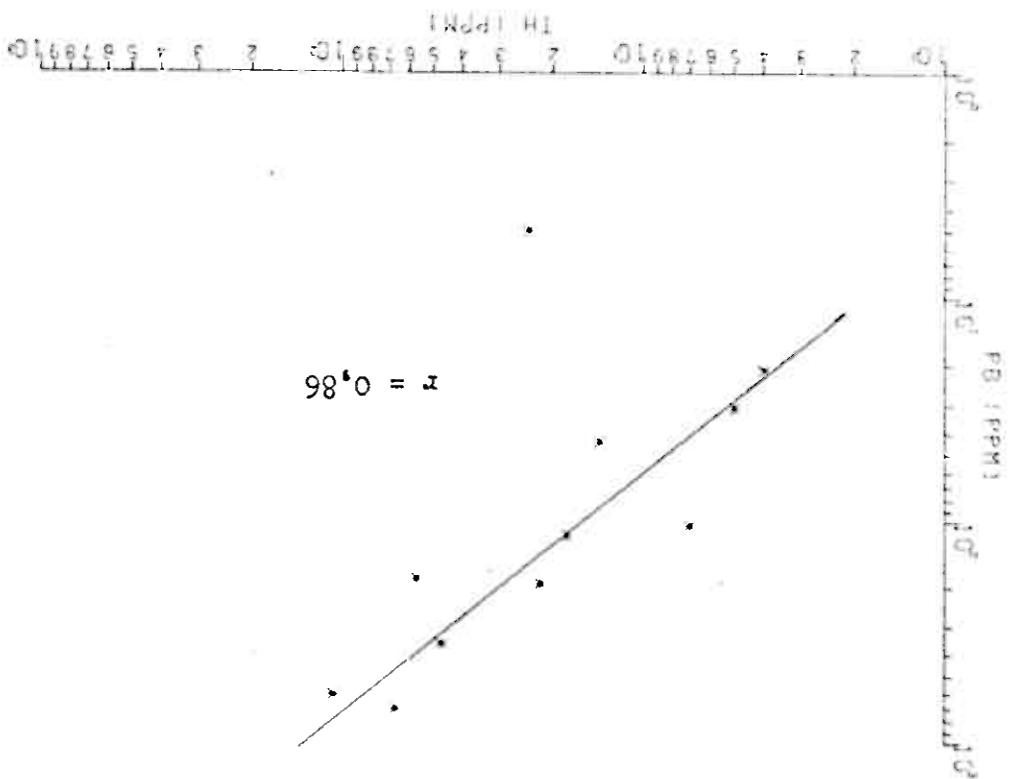
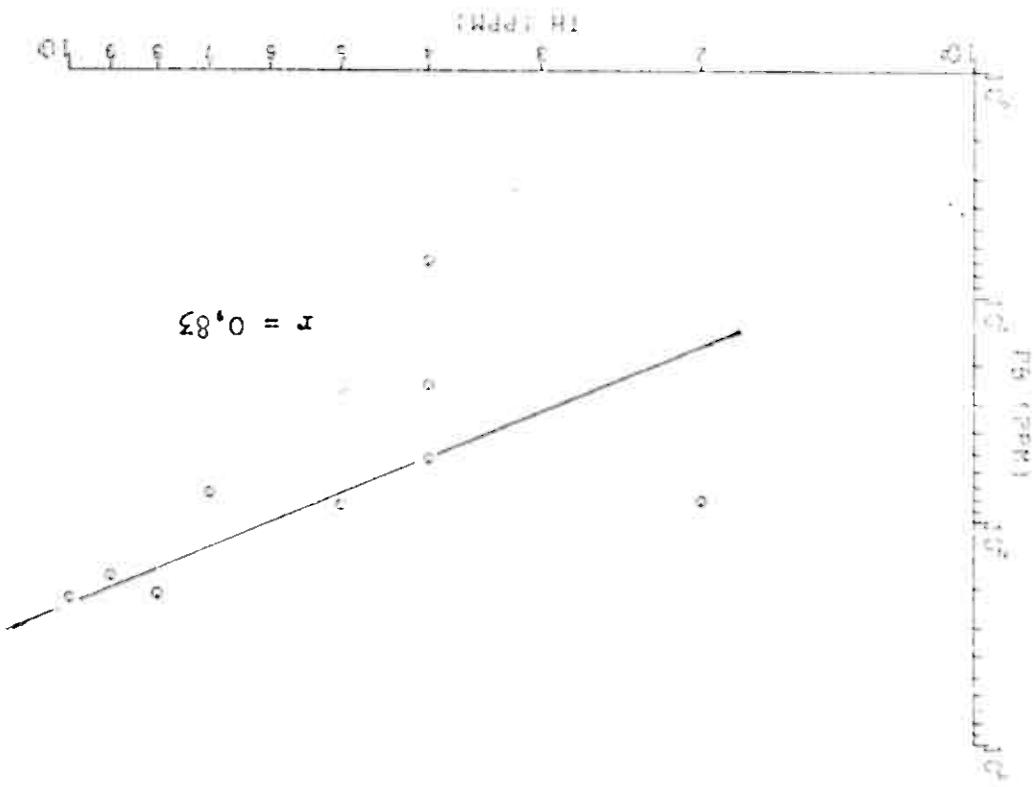
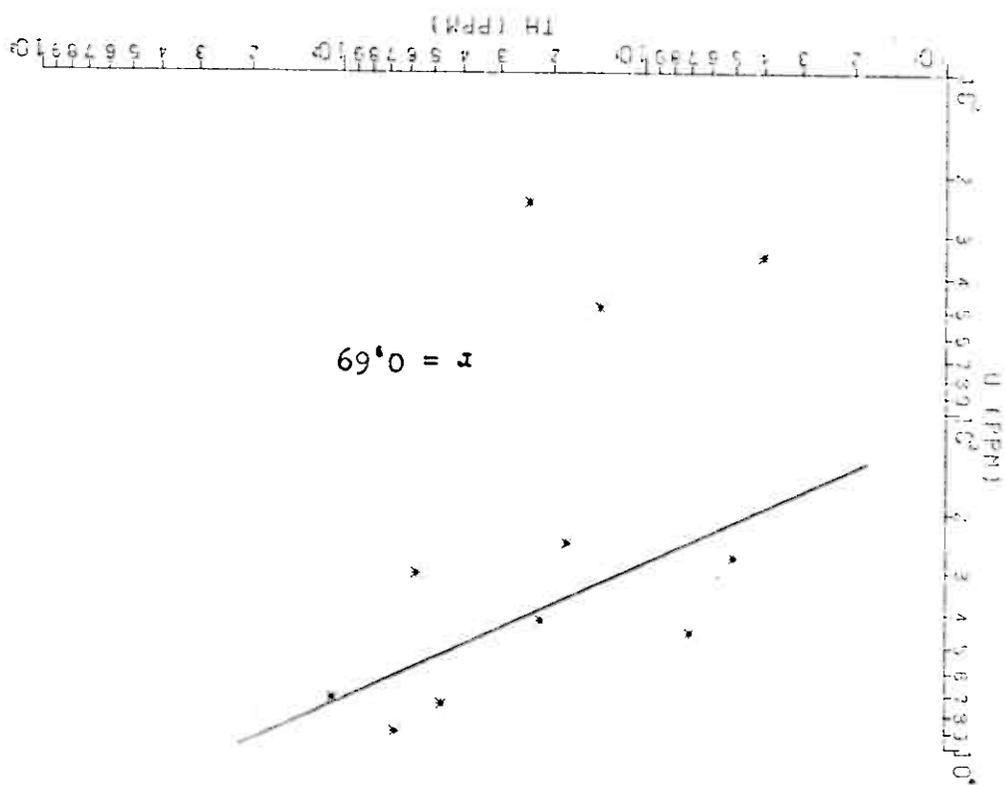
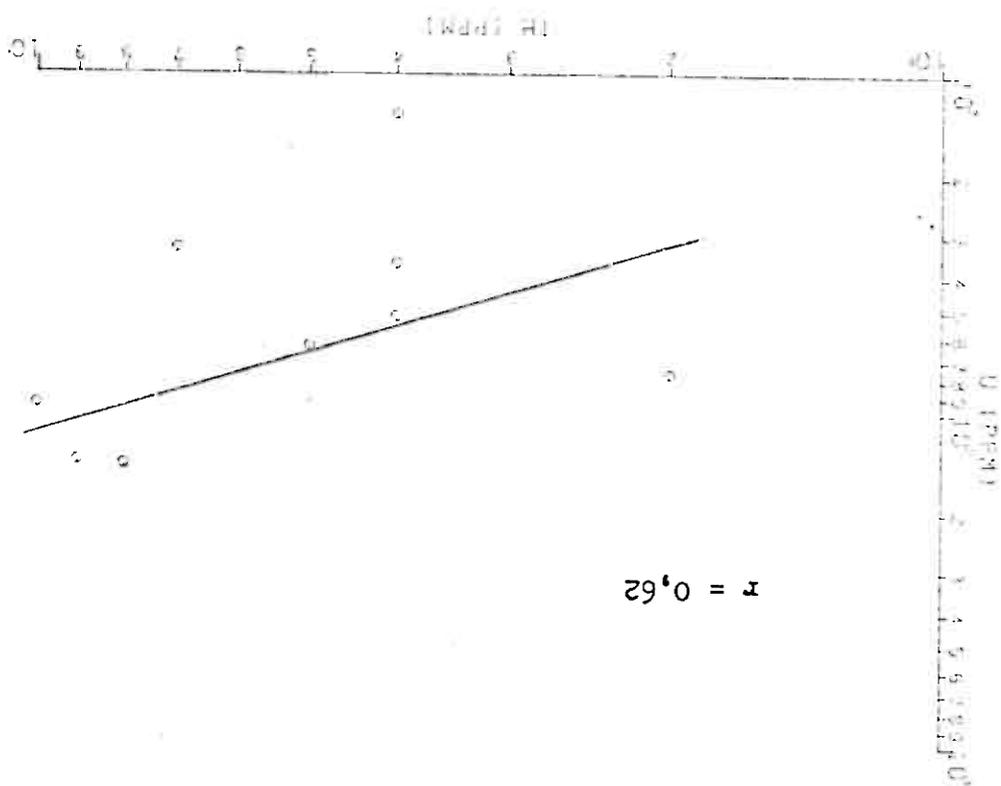


Abb. 20



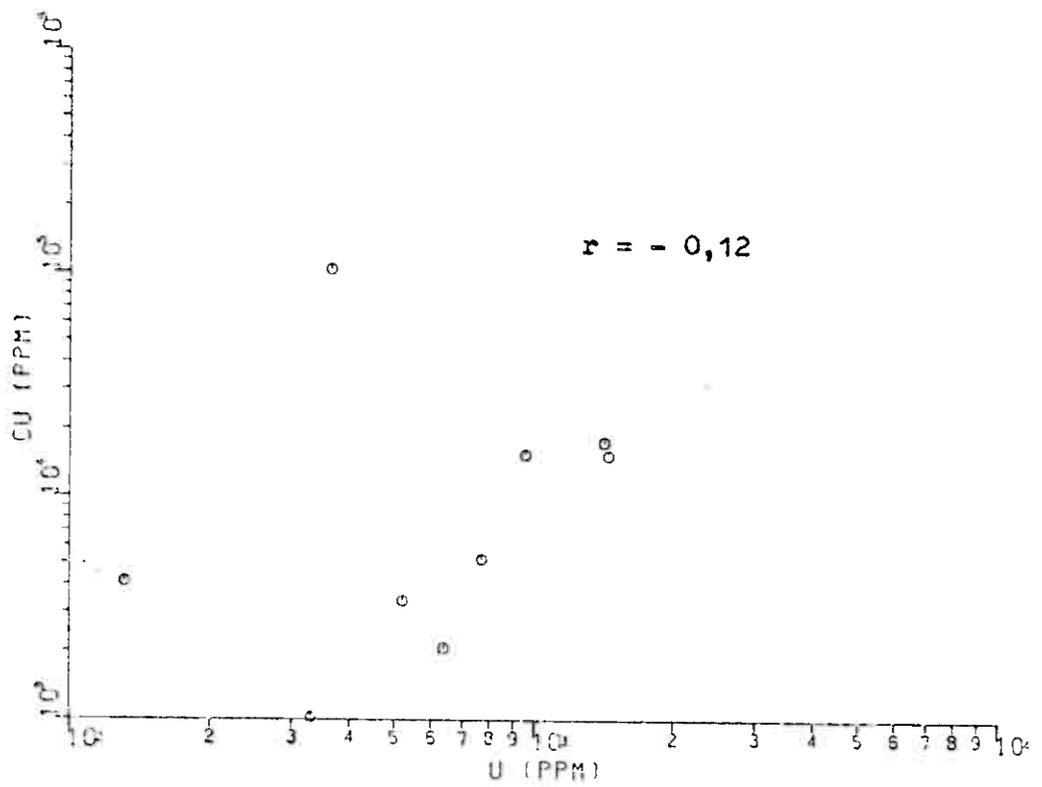
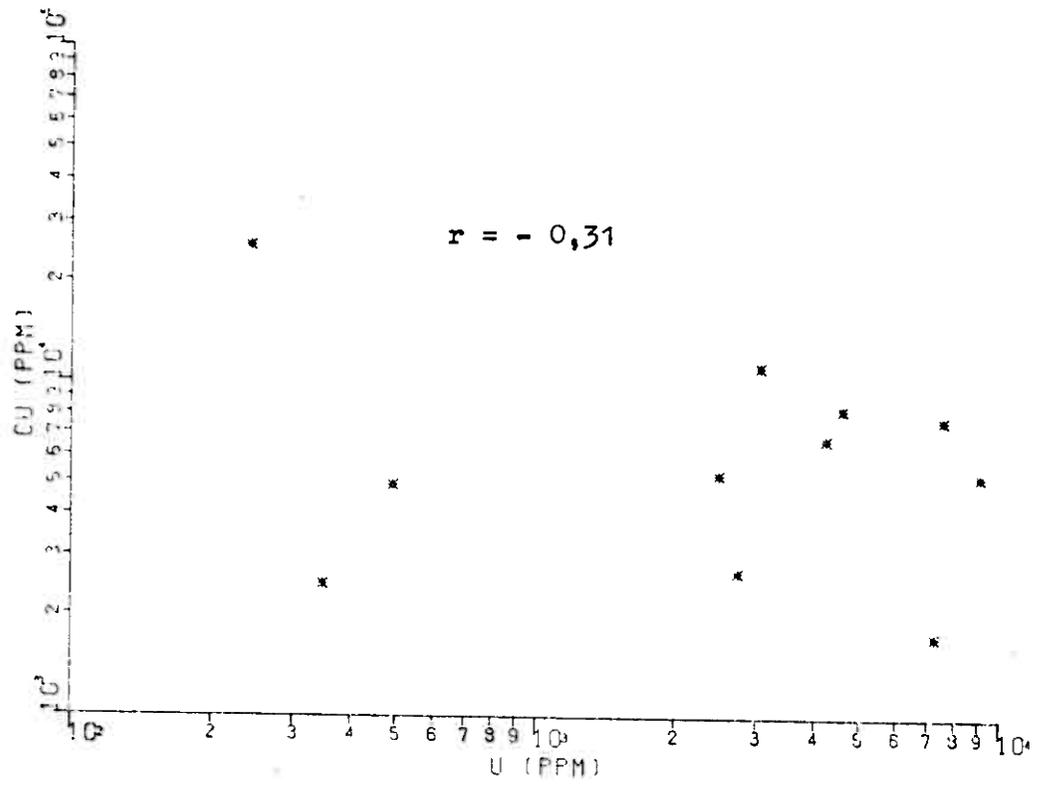


Abb. 71

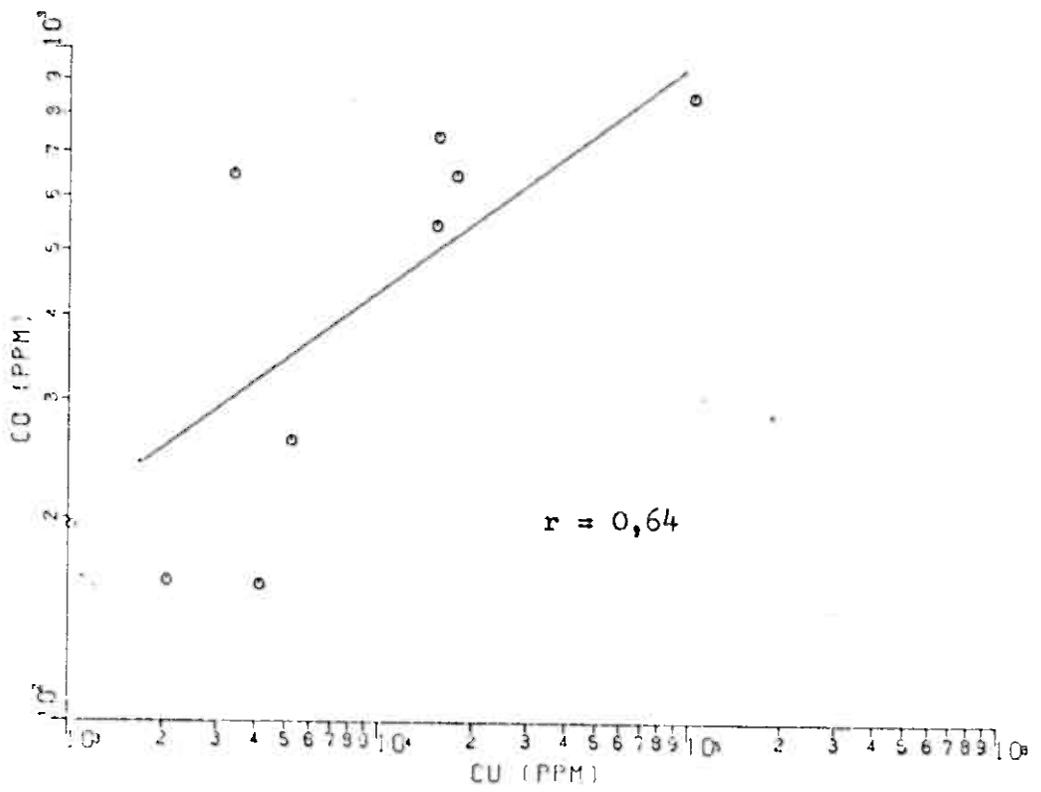
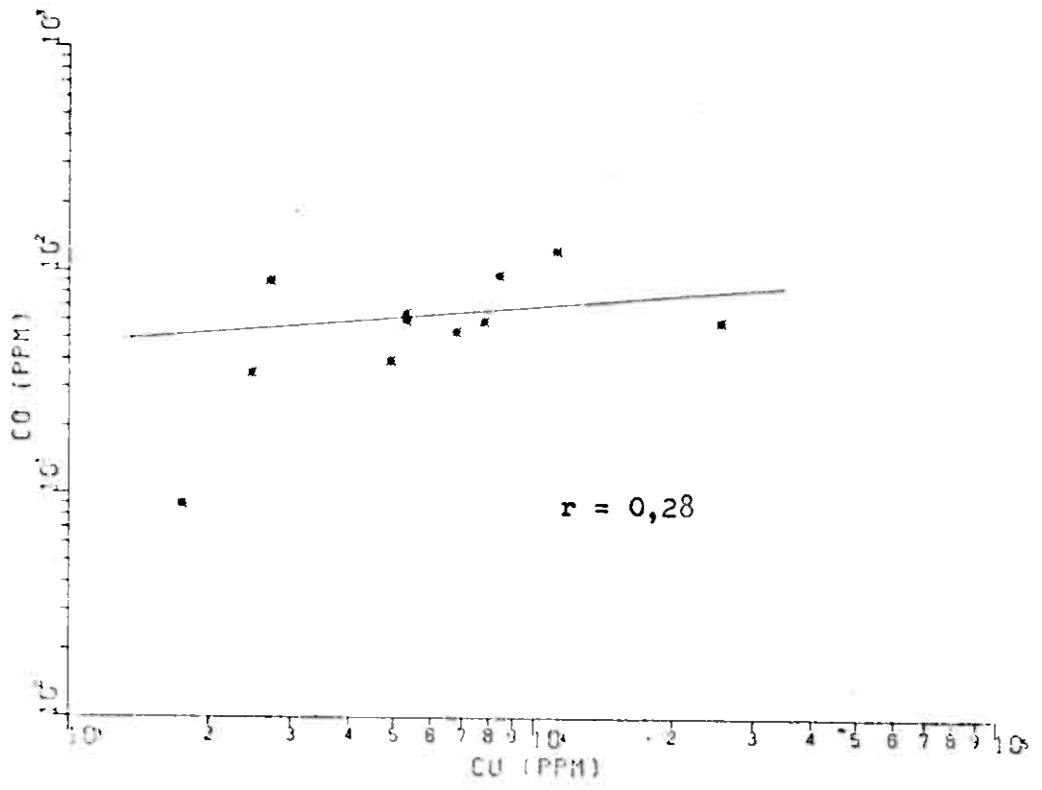


Abb. 72

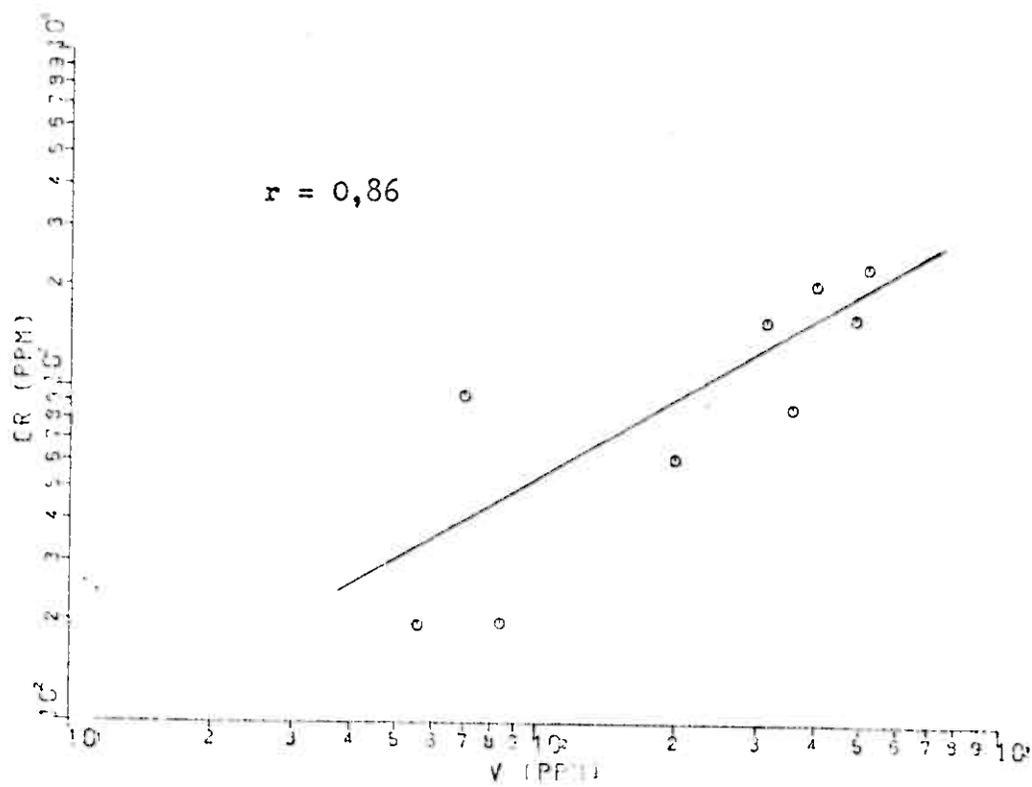
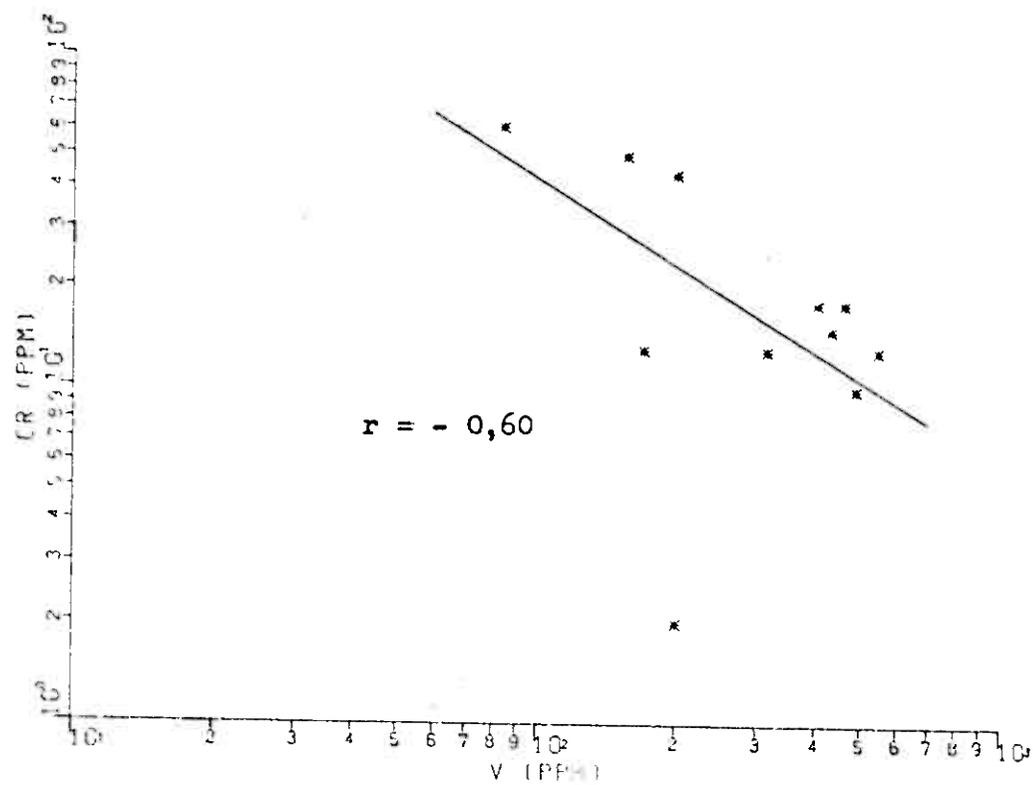


Abb. 73

sitive, bei Bachkes-Grube eine gute negative Korrelation. Bei Bahrs-Grube steht dies möglicherweise im Zusammenhang mit den unmittelbar in der Nähe auftretenden, stratigraphisch höher liegenden Chloritschiefern, die sich durch relativ hohe Gehalte an Cr und V auszeichnen.

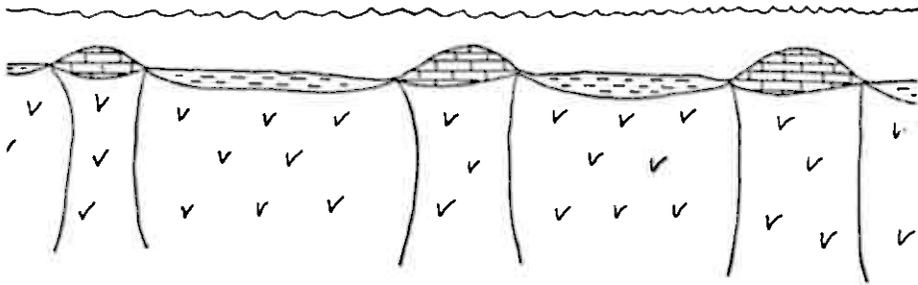
#### 6.1.4 Genese

Die Genese der gangartigen Vorkommen des Porsa-Nevefjord-Gebietes soll an Hand der Beispiele der Vererzungen von Bachkes- und Bahrs-Grube erläutert werden.

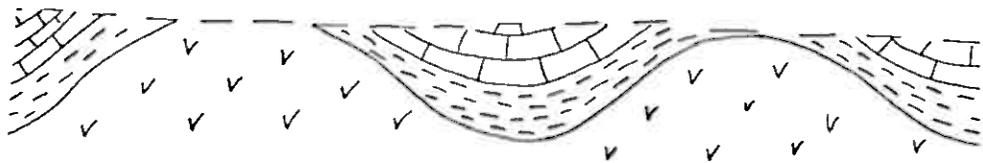
Die Entstehung der Erzvorkommen hat eine längere geologische Vorgeschichte. Der zeitliche Verlauf, der dabei vorstatten gegangenen Prozesse, kann, wie in Abb. 74 dargestellt, erklärt werden: Während proterozoischer Zeit drangen innerhalb eines interkratonischen Beckens submarine basaltische Laven auf. Die daraus resultierenden Gesteinstypen stellen die Grünsteine der Høgfjell-Formation dar. Pillow-Strukturen sind trotz nachfolgender Metamorphose noch deutlich zu erkennen. Bei der darauffolgenden Riffbildung und Sedimentation am Meeresboden bildeten sich die Dolomite der Vargsund-Formation und die Schwarzschiefer der Kvalsund-Formation. Während der Sedimentation erfolgte in den Schwarzschiefern eine Aufkonzentrierung von Uran und anderen Schwermetallen in reduzierendem Milieu aus dem Meerwasser oder aus hydrothermalen Lösungen bzw. marinen Verwitterungslösungen. Danach begann während karelischer Zeit eine Faltung sowie eine teilweise Erosion der abgelagerten Gesteinseinheiten. Mit zunehmender Faltung und Metamorphose kam es zum Zerbrechen der Schollen. Während dieser Phase begann die eigentliche Bildung der Mineralisationen.

Es erfolgte eine Mobilisation der Sulfide aus den Basalten. Auf Klüften und in den Intergranularräumen des Gesteins zirkulierende Wässer dienten dabei als Lösungsmittel. Die Metamorphose dürfte die Lösungen auf knapp 400°C aufgeheizt haben. Diese Temperatur entspricht der vorliegenden metamorphen Subfazies. Die Lösungen drangen in ac-Klüfte der sich bildenden Falten ein. Tektonische Untersuchungen von Steffan & Stribrny (1977) bestätigen dies. Die Erzminerale wurden beim Aufdringen

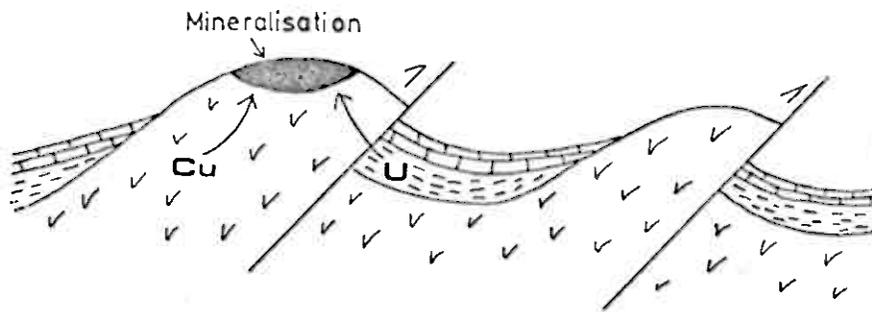
Abb. 74: Schematische Darstellung der geologischen Entwicklung der Mineralisationen im Porsa-Nevefjord-Gebiet



1. Submariner Vulkanismus und Sedimentation von Rifffalken und Schwarzschiefern. Die Rifffalke wurden später dolomitisiert.

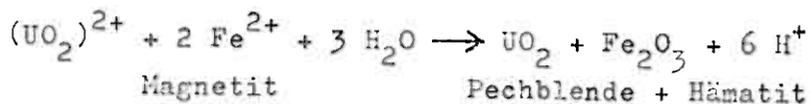


2. Beginn der Faltung und Erosion



3. Metamorphose und stärkere Faltung mit Bildung von ac-Klüften, Zerbrechen der Schollen, Mobilisation von hydrothermalen Lösungen

der Lösungen an die Oberfläche durch Abkühlung und die sich ändernden physikochemischen Bedingungen ausgefällt. Die erzmikroskopischen Studien zeigten, daß zunächst Pyrit und Magnetit auskristallisierten, danach Kupferkies, gefolgt von Calcit und Quarz. Die Ausfällung des Urans erfolgte in einer zweiten Hauptphase, welches auch die Tatsache erklärt, daß nur zwei von vielen Kupfervererzungen des Gebietes vom gleichen Typ mit Uran mineralisiert sind, nämlich Bachkes- und Bahrs-Grube. Das Liefergestein für die uranföhrenden Lösungen dürften die die Pillow-Laven überlagernden Schwarzschiefer gewesen sein, die, wie die Analysen zeigten, über 10 ppm Uran enthalten. Außerdem wurden Uranmineralisationen beobachtet, die unmittelbar an die Schwarzschiefer gebunden sind und wohl auch durch Mobilisation während der Metamorphose zustande kamen. Von aus Schwarzschiefern mobilisierten Uranlagerstätten wird in der Literatur häufig berichtet (Bell, 1978). Bei einem Schwarzschiefervorkommen von z.B. 10 km Länge, 10 km Breite und 1 m Dicke mit einem Gehalt von 10 ppm U und einer Dichte von  $2,3 \text{ g/cm}^3$  kann sich durch Mobilisation theoretisch eine Lagerstätte mit 2300 t Uran bilden. Die Lösungen drangen ebenfalls in Dehnungsklüfte der Pillow-Laven und bekamen beim Auftreffen auf die hier bereits ausgefällten Sulfide einen reduzierenden Charakter, wobei es zur Ausfällung der Pechblende kam. Vorhandener Magnetit wurde dabei zum Teil zu Hämatit oxidiert, was auch erzmikroskopisch bestätigt wurde. Dieser gesamte Vorgang spielte sich vereinfacht nach der chemischen Formel ab:

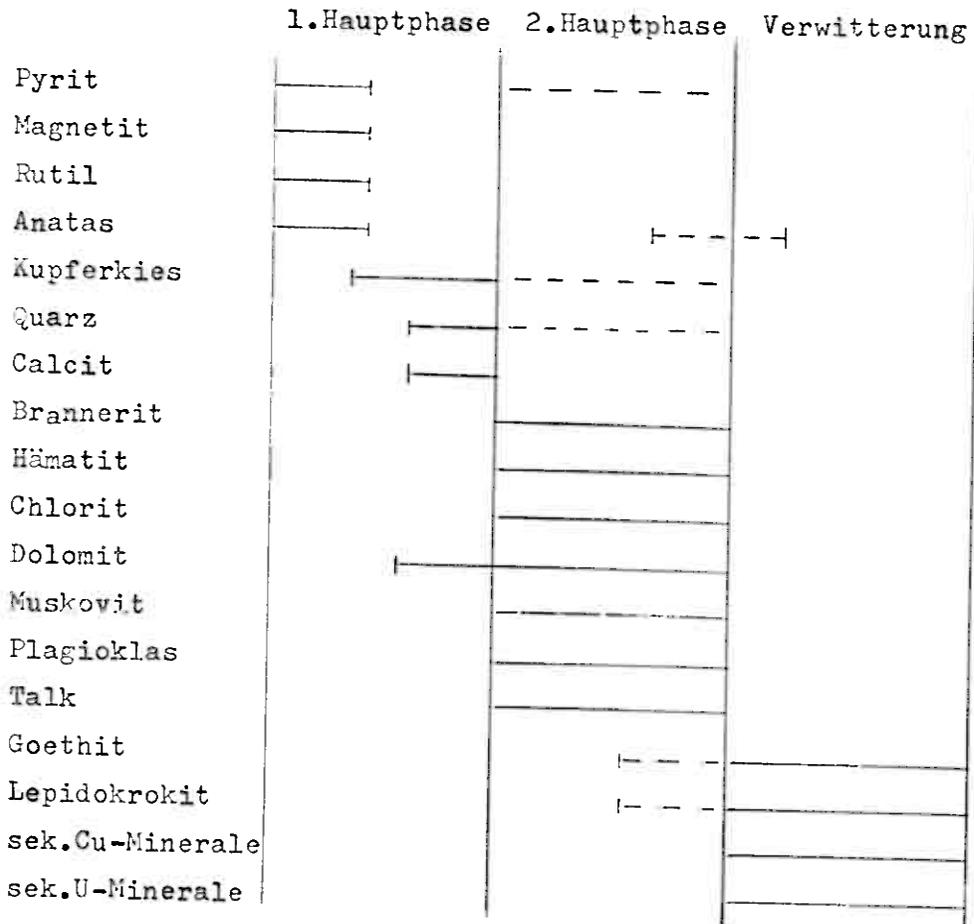


Bei der Ausfällung der Lösungen in der zweiten Hauptphase erfolgte sicherlich auch noch die Ausfällung von wenig Kupferkies und Pyrit.

Das Nicht-Korrelieren der Elemente Cu und U innerhalb der Vererzungen spricht ebenfalls für die Ausfällung des Urans in

einer zweiten Phase. Außerdem stellt das uranführende Erz, wie bereits erwähnt, eine bestimmte Zone der Vererzung mit einer charakteristischen Verwachsung von bestimmten Gangmineralen dar. Ein idealisiertes Schema für die zeitliche Abfolge der Mineralbildung in den Vererzungen der Bahrs- und Bachkes-Grube ist in Tab. 20 bzw. Tab. 21 dargestellt.

Tab. 20: Idealisiertes Schema der Mineralbildung bei Bahrs-Grube:



Tab. 21: Idealisieretes Schema der Mineralbildung bei Bachkes-Grube

	1.Hauptphase	2.Hauptphase	Verwitterung
Pyrit	—	- - - - -	
Magnetit	—		
Anatas	—		
Kupferkies	—	- - - - -	
Aktinolith-Trem.	—		
Amianth	—		
Quarz	—	- - - - -	
Chalcedon	—		
Calcit	—		
Pechblende		—	
Hämatit		—	
Plagioklas		—	
Muskovit		—	
Chlorit		—	
Covellin		- - - - -	—
Goethit		- - - - -	—
Lepidokrokit		- - - - -	—
sek.Cu-Minerale			—
sek.U-Minerale			—

6.2 Porsa-Gruben

Die Porsa-Gruben hatten neben den Bachkes-Gruben die wichtigste wirtschaftliche Bedeutung. Es handelt sich um zwei größere Gruben: Greville-Grube und Parallelen-Grube. Es handelt sich ebenfalls um gangartige Vorkommen, die mit Kupfererz mineralisiert sind.

Die Gänge bestehen aus einem Kern von Quarz und Calcit mit etwas Magnetit, stengeligen Amphibolen und einigen Sulfiden. Die Sulfidmineralisation ist in den Kontakzonen zum Nebengestein auf beiden Seiten stark angereichert. Hier können auch Grünsteinbruchstücke des Nebengesteins im Gangmaterial beobachtet werden. Die Sulfidmineralisationen bestehen aus Kupferkies und Pyrit. Außerdem treten etwas Magnetit, Quarz, Calcit

und Amphibole auf. Die Mächtigkeit der erzführenden Zonen schwankt zwischen 0,2 und 2,5 m. Das Nebengestein ist feinkörnig und dicht. Darin können oft mehrere mm-große Magnetitkristalle beobachtet werden.

### 6.3 Übrige Erzvorkommen

#### Gangartige Vorkommen:

Langvann-Skjerp: (Skjerp = Schurf)

Dieses Vorkommen liegt 2 km südwestlich des Øvre-Nevefjordvann im Kvalsundalen. Es handelt sich um eine 7 - 8 m lange Kluftfüllung mit ca. 0,8 m Mächtigkeit. Die Mineralisation besteht aus Kupferkies und Pyrit mit Calcit und Quarz als Gangart. Malachit läßt sich ebenfalls beobachten.

Angeline Paulsens-Grube:

Unmittelbar westlich des Langvanns im Vesterdalen befinden sich ein Schacht und eine kleine Halde, auf der sich Erzminerale wie Kupferkies, Pyrit und Magnetit beobachten lassen. Pyrit und Magnetit sind in mm-großen Individuen idiomorph auskristallisiert. Gangart sind Quarz und Calcit. Da der Schacht voll Wasser steht, ist ein Zugang zur Grube nicht möglich.

Hamborg-Skjerp:

Der Hamborg-Skjerp liegt ca. 200 m nordwestlich des Langvann. Der Schurf liegt am Kontakt zwischen Grünstein und Dolomit. Es handelt sich um einige kleine Kluftfüllungen mit Mächtigkeiten zwischen 0,2 und 1,5 m. Die Gangfüllungen sind Calcit und Quarz. Kupferkies kommt in kleinen Mengen vor.

Ingebriktens-Skjerp:

Es handelt sich um drei Schächte, die sich 700 m nordöstlich des Langvann befinden. Auf den Halden konnten als Gangminerale Quarz und Calcit, als Erzminerale idiomorphe Pyritkristalle sowie Kupferkies gefunden werden.

Middagstind-Grube:

Die Middagstind-Grube liegt auf der Nordseite des Middagstind. Ein Stollen ist auf einer ac-Kluftfüllung im Grünstein vorgerieben. Als Gangminerale treten Quarz und Calcit auf. An Erzmineralen können Pyrit, Kupferkies und Magnetit beobachtet werden.

#### Hans-Grube:

Die Hans-Grube liegt etwa 500 m östlich des Langvann im Vesterdalen. Mehrere Stollen sind ins Gestein vorgetrieben. Auf den Halden lassen sich häufig Kupferkies, Pyrit und Magnetit sowie Calcit als Gangmineral beobachten. In Erzschliffen konnte auch häufig Rutil beobachtet werden.

#### Kvalsundalen-Skjerp:

Es handelt sich um drei ca. 10 - 12 m lange Mineralisationen, die sich 1 km östlich des Storvann befinden. Die Mächtigkeit beträgt mindestens 0,8 m. Es kommen massive Aggregate von Kupferkies und Pyrit vor. Calcit ist Gangart.

#### Kvitberget-Gruben:

Auf der Nordseite des Segelnesfjells sind zwei Stollen durch die Schwarzschiefer der Kvalsund-Formation nach Süden vorge- trieben worden. An den Stollenausgängen befinden sich kleine Halden, auf denen jedoch nur wenig Kupferkies gefunden werden konnte. Es wurde etwas Quarz und Calcit aus den Gangfüllungen beobachtet.

#### Høgfjell-Gruben:

Diese beiden Gruben liegen ca. 600 m nördlich des Nedre- Neverfjordvann. Sie scheinen relativ reiches Kupfererz geführt zu haben. Die Mächtigkeit der Gänge liegt im Bereich von ca. 2 m. Auf den Halden lassen sich derbe Kupferkies- aggregate in Verwachsung mit Pyrit, Quarz und Calcit finden.

#### Vererzung bei Kvernklubben:

Diese Vererzung liegt 2 km nordöstlich von Porsa. Auf der Halde eines kleinen Stollenausgangs lassen sich Kupferkies, Pyrit sowie Quarz und Calcit beobachten.

#### Malakitskjerpene:

Dieses Vorkommen liegt etwa 200 m nordöstlich des Langvann im Vesterdalen. Es nimmt gegenüber den anderen gangartig auf- tretenden Erzvorkommen eine Sonderstellung ein, da die Mine- ralisierung nicht innerhalb von Grünsteinen, sondern innerhalb von Dolomiten auftritt. Es handelt sich um mehrere kleine ver- erzte Gänge. Es sind vier Schürfe vorhanden. Die einzelnen mine-

realisierten Gänge verteilen sich über ein Gebiet von ca. 40 m Breite und 100 m Länge. Es treten hier Digenit-Kristalle auf, die mit einer Malachitschicht überzogen sind. Außerdem konnte Kupferglanz beobachtet werden (Abb. 75).

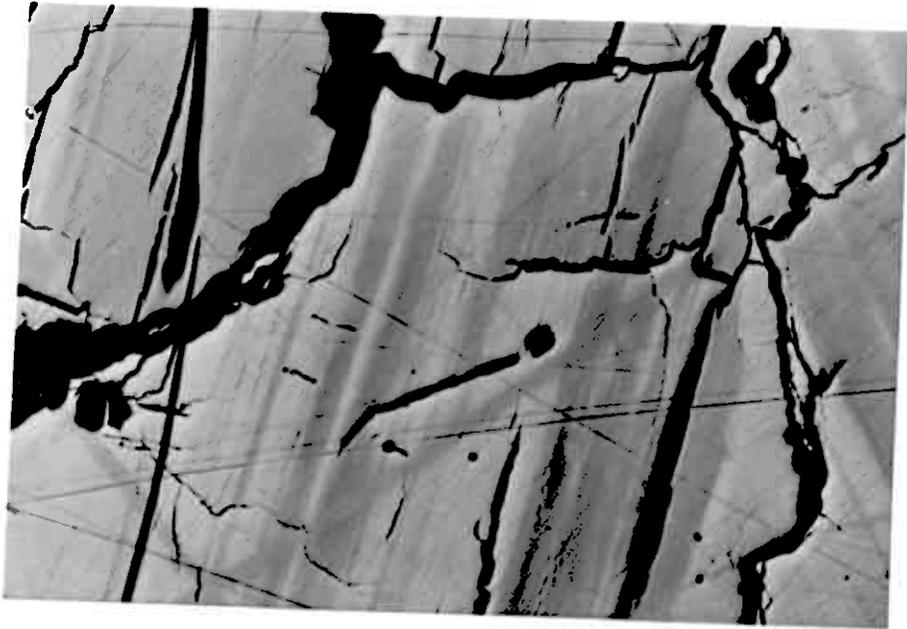


Abb. 75: Kupferglanz, ca. 100 x

Neben den genannten Mineralen kommen auch Covellin und in größeren Mengen Malachit vor. Die Ursache für die Abwesenheit Fe-haltiger Kupferminerale ist möglicherweise die Tatsache, daß die Vererzung innerhalb der Dolomite auftritt und Fe mit den Karbonaten vor Ausfällung der Kupferminerale reagiert hat.

An Schwarzschiefer gebundene Mineralisationen:

Mineralisation 200 m südlich des Storvann:

Diese Mineralisation liegt direkt an dem Fahrweg von Porsa zu den Porsa-Gruben. Hier treten Pyrit und Kupferkies als Imprägnationen im Schwarzschiefer auf. Diese haben sich teilweise in Goethit bzw. Covellin umgewandelt. Rutil wurde häufig auf Schieferungsflächen beobachtet. Die Radioaktivität liegt etwa 3fach über dem Background. Uranminerale konnten

jedoch nicht beobachtet werden. Die mineralisierte Zone ist stellenweise gebleicht. Die Anreicherung von Erzmineralen ist sicherlich auf eine Mobilisierung während der Metamorphose zurückzuführen. Die Mineralisation erstreckt sich über ca. 30 m Länge und 5 m Breite.

Mineralisation südlich des Øvre-Nevefjordvann:

Diese Mineralisation liegt etwa 200 m östlich von Probenpunkt 161 innerhalb der Schwarzschiefer. Die Gesteine sind hier lokal stark umgewandelt und von Karbonatgüngchen stark durchsetzt. Die Gamma-Strahlung liegt lokal etwa 20fach über dem Background. Uranminerale konnten makroskopisch jedoch nicht beobachtet werden. Es wurden allerdings einige Sulfide beobachtet, meist Kupferkies, die die rostige Verwitterung im Bereich dieses Vorkommens verursachen. Die rostige Zone ist ca. 10 m lang. Über diesen Bereich ist auch die Gamma-Strahlung anomal hoch.

Mineralisation westlich des Øvre-Nevefjordvann:

Die Mineralisation liegt etwa 400 m nordwestlich von Probenpunkt 154. Das Gebiet ist relativ stark mit Boden bedeckt. Die Mineralisation tritt ebenfalls innerhalb der Schwarzschiefer der Kvalsund-Formation auf. Teilweise sind diese Gesteine stark umgewandelt und von Karbonatgüngchen durchzogen. Die Gamma-Strahlung liegt stellenweise 30fach höher als der Background. Uranminerale konnten aber nicht beobachtet werden. Kupferkies wurde in geringen Mengen gefunden. Die Mineralisation setzt sich in streichender Verlängerung der Schwarzschiefer fort. Gammastrahlungsanomalien konnten auf einer Länge von ca. 50 m nachgewiesen werden. In weiterer streichender Verlängerung wird die Bedeckung zu dick.

## 7. Produktion und Erzreserven

Die Angaben über die geförderten Erzmengen und die noch vorhandenen Erzreserven stammen in erster Linie aus den alten, bereits zitierten, Grubenberichten, die im Bergarchiv in Trondheim zu finden sind. Geis (1967) hat diese Angaben zusammengefaßt.

Die Kupferproduktion kam im Porsa-Nevefjord-Gebiet im wesentlichen aus drei Gruben: Greville-Grube, Parallelen-Grube und Bachkes-Grube. Die Erzförderung und die noch verbleibenden Erzvorräte aus diesen Gruben ist aus Tab. 20 zu ersehen.

Tab. 20: Geförderte Erzmengen und noch verbleibende Erzvorräte

### Greville-Grube:

#### Produktion:

Jahr	Tonnen	à % Cu
1905	230	3,85
1906	238,8	5,48
	179,5	2,03
1923-1930	28000	ca. 0,8

noch vorhandene Erzreserven:

30000 Tonnen mit ca. 0,8 % Cu.

### Parallelen-Grube:

#### Produktion:

Jahr	Tonnen	à % Cu
1905	100	6,7
	90	6,8
1906	24,1	14,8
	94	6,75
1920-1924	2000	ca. 0,8
1925-1930	28000	ca. 0,8

noch vorhandene Erzreserven:

36000 Tonnen mit ca. 0,8 % Cu.

Bachkes-Grube:

Produktion:

Jahr	Tonnen	à % Cu
1901	330	12
1902-1903	260	20
	2400	10
1929-1930	7800	1,65

noch vorhandene Erzreserven:

19000 Tonnen mit ca. 1,65 % Cu.

Die vorhandenen Reserven an Uranerz aus Bachkes- und Bahrs-Grube dürften sich auf wenige 1000 Tonnen, mit vielleicht 0,2 - 0,3 % U, belaufen.

Die vorhandenen Daten über die Erzreserven liegen unter der Grenze der derzeitigen Wirtschaftlichkeit.

8. Literaturverzeichnis

- Abbey, S., Gillieson, A.H. & Perrault, G. (1975): SY 2, SY 3 and MRG 1: A report on the collaborative analysis of three canadian rock samples for use as certified reference materials. Canada Centre for Mineral and Energy Technology.
- Allcott, G.H. & Lakin, H.W. (1974): Statistical summary of geochemical data furnished by 85 laboratories for six geochemical exploration reference samples. Open file report, U.S. Geological Survey.
- Bachke, A. (1903): Neverfjord copper-lodes. NGU Rapp. Nr. 3834, Bergarchiv Trondheim, unveröffentlicht.
- Baes, C.F.Jr. & Mesmer, R.E. (1976): The hydrolysis of cations. Wiley-Interscience.
- Bell, R.T. (1978): Uranium in black shales - a review. In: Kimberley, M.M. (editor): Short course in uranium deposits: Their mineralogy and origin. Mineralogical Association of Canada, University Toronto Press, Toronto, 521 S.
- Bølviken, B. (1967): Recent geochemical prospecting in Norway. In: Kvalheim, A. (editor): Geochemical prospecting in Fennoscandia, Interscience, New York, 350 S.
- Bralia, A., Sabatini, G. & Troja, F. (1979): A reevaluation of the Co/Ni ratio in pyrite as geochemical tool in ore genesis problems. Mineral. Deposita 14, 353-374.
- Britton, H.T.S. (1955): Hydrogen ions (4th edition). Chapman and Hall, London.
- Brooks, R.R. (1972): Geobotany and biogeochemistry in mineral exploration. Harper and Row, New York, 290 S.
- Bråten, T. (1966): Porsa Gruver - lokalisering, undersøkelser og beskrivelse av gamle gruver og skjerp i Porsa coppergrubers konsesjonsområde. Interner Firmenbericht Christiania Spigerverk, Oslo, unveröffentlicht.

- Bültemann, H.W. (1979): Persönliche Mitteilung
- Cinneide, S.O., Scanlan, J.P. & Hynes, M.J. (1975): Equilibria in uranyl carbonate systems. - I. The overall stability constant of  $UO_2(CO_3)_3^{4-}$ . J. Inorg. Nucl. Chem. 37, 1013-1018.
- Culbert, R.R. & Leighton, D.G. (1978): Uranium in alkaline waters, Okanagan area, British Columbia. Can. Inst. Mining, Metall., Bull. 71, 103-111.
- Flanagan, F.J. (1976): Description and analyses of eight new USGS rock standards. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 840, 192 S.
- Garrels, R.M. (1960): Mineral equilibria at low temperature and pressure. Harper and Row, New York, 450 S.
- Garrels, R.M. & Christ, C.L. (1965): Solutions, minerals and equilibria. Harper and Row, New York, 463 S.
- Geis, H.P. (1967): Porsa Gruber. Interner Firmenbericht, Christiania Spigerverk, Oslo, unveröffentlicht.
- Grim, R.E. (1953): Clay mineralogy. Mc Graw-Hill, New York, 396 S.
- Hambleton-Jones, B.B. (1978): Theory and practice of geochemical prospecting for uranium. Minerals Sci. Engng. 10, 182-197.
- Hansuld, J.A. (1967): Eh and pH in geochemical prospecting. Geol. Surv. Canada Paper 66-54, 172-187.
- Harshman, E.N. (1972): Geology and uranium deposits, Shirley Basin area, Wyoming. U.S. Geol. Survey Prof. Paper 745.
- Hostetler, P.B. & Garrels, R.M. (1962): Transportation and precipitation of uranium and vanadium at low temperatures, with special reference to sandstone type uranium deposits. Econ. Geol. 57, 137-167.

- Håbrekke, H. (1977): Magnetiske, elektromagnetiske og radiometriske målinger fra helikopter over Komagfjordvinduet, Alta og Kvalsund, Finnmark. NGU Rapp. Nr. 1593, unveröffentlicht.
- Jansen, Ø.J. (1976): Strukturell og metamorf utvikling i den vestlige del av Komagfjordvinduet og overliggende dekker. Hovedoppgave i mineralogi og petrografi ved Universitetet i Bergen.
- Jenne, E.A. (1968): Controls on Mn, Fe, Co, Ni, Cu and Zn concentrations in soils and water: the significant role of hydrous Mn and Fe oxides. In: Trace inorganics in water. American Chemical Society Publications, Advances in chemistry series 73, 337-387.
- Joffe, J.S. (1949): Pedology, 2nd edn., Rutgers University Press, New Brunswick, New Jersey, 662 S.
- Kakihana, H. & Ishiguru, S. (1974): Potentiometric and spectrophotometric studies of fluoride complexes of uranium (IV). Bull. Chem. Soc. Japan 47, 1665-1668.
- Krause, H. (1980): Some uranium mineralizations in the Raipas Suite of the Komagfjord tectonic window, Finnmark, Norway. Norges geol. Unders. 355, 49-52.
- Krog, R. (1974): Geokjemiske bekkesedimentundersøkelser, Repparfjord 1974, Kvalsund kommune, Finnmark. NGU Rapp. Nr. 1246, unveröffentlicht.
- Kvalheim, A. (1928): Rapport over Bachkes grube, NGU Rapp. Nr. 304, Bergarchiv Trondheim, unveröffentlicht.
- Kvalheim, A. (1942): Kort geologisk oversikt over Porsa grubedistrict. NGU Rapp. Nr. 302, Bergarchiv Trondheim, unveröffentlicht.

- Kyuregian, T.N. & Kocharyan, A.G. (1969): Migration forms of uranium in carbonate waters of a caucasian district. Intern. Geol. Rev. 11, 1087-1089.
- Langmuir, D. (1978): Uranium solution-mineral equilibria at low temperatures with applications to sedimentary ore deposits. Geochim. et Cosmochim. Acta, 42, 547-569.
- Levinson, A.A. (1974): Introduction to exploration geochemistry. Applied Publishing Ltd., Maywood, Illinois, 615 S.
- Lietzke, M.H. & Stoughton, R.W. (1960): The solubility of silver sulfate in electrolyte solutions - VII. Solubility in uranyl sulfate solutions. J. Phys. Chem. 64, 816-820.
- Morgan, J.J. & Stumm, W. (1965): The role of multivalent metal oxides in limnological transformations, as exemplified by iron and manganese. Adv. in Water Pollution Research, Proc. 2nd Intern. Conf. Tokyo 1964, 103-131.
- Moskvin, A.I., Shelyakina, A.M. & Perminov, P.S. (1967): Solubility product of uranyl phosphate and the composition and dissociation constants of uranyl phosphato-complexes. Russian J. Inorg. Chem. 12, 1756-1760.
- Moskvin, A.I., Essen, L.N. & Bukhtiyarova, T.N. (1967): The formation of thorium (IV) and uranium (IV) complexes in phosphate solutions. Russian J. Inorg. Chem. 12, 1794-1795.
- Nie, N.H., Hull, C.H., Jenkin, J.G., Steinbrenner, K. & Bent, D.H. (1975): SPSS - Statistical package for the social sciences. Mc Graw-Hill Book Comp., New York.
- Pharaoh, T. (1976): Geology of the Komagfjord tectonic window. Interner Firmenbericht Follidal-Verk A/S, Oslo, unver-  
öffentlicht.
- Porter, R.A. & Weber, W.J.Jr. (1971): The interaction of silicic acid with iron (III) and uranyl ions in dilute aqueous solution. J. Inorg. Nucl. Chem. 33, 2443-2449.

- Ramdohr, P. (1957): Die Pronto-Reaktion. N. Jb. Miner. 10/11, 217-222.
- Reitan, P.H. (1963): The geology of the Komagfjord tectonic window of the Raipas Suite, Finnmark, Norway. Norges geol. Unders. 221, 71 S.
- Reusch, H., Dahll, T. & Corneliussen, O.A. (1891): Det nordlige Norges geologi. Norges geol. Unders. 4, 204 S.
- Savage, A.W.Jr. & Brown, J.C. (1960): The solubility of uranium (IV) in aqueous fluoride solutions. J. Am. Chem. Soc. 82, 4817-4821.
- Scanlan, J.P. (1977): Equilibria in uranyl carbonate systems - II. The overall stability constant of  $\text{UO}_2(\text{CO}_3)_2^{2-}$  and the third formation constant of  $\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3^{4-}$ . J. Inorg. Nucl. Chem. 39, 635-639.
- Scheffer, F. & Schachtschabel, P. (1970): Lehrbuch der Bodenkunde. Stuttgart, 448 S.
- Sergeyeva, E.I., Nikitin, A.A., Khodakovskiy, I.L. & Naumov, G.B. (1972): Experimental investigation of equilibria in the system  $\text{UO}_3\text{-CO}_2\text{-H}_2\text{O}$  in 25-200°C temperature interval. Geochem. Intl. 9, 900-910.
- Smith, A.Y. & Lynch, J.J. (1969): Field and laboratory methods used in geochemical prospecting by the Geological Survey of Canada, No. 11, Uranium in soil, stream sediment and water. Geol. Surv. Canada Paper 69-40.
- Steffan, M. & Stribrny, B. (1977): Tektonische Untersuchungen an Vererzungen im Bereich des Porsa Reviers. Interner Firmenbericht Folldal-Verk A/S, Oslo, unveröffentlicht.
- Steele, T.W., Wilson, A., Goudvis, R., Ellis, P.J. & Radford, A.J. (1978): Analyses of the Nimroc reference samples of minor and trace elements. National Institute for Metallurgy, Randbury, South Africa, Report No. 1945.

- Stribrny, B. (1980): Persönliche Mitteilungen
- Tsymbal, G. (1969): Contribution to the solution chemistry of uranium (VI). Nucl. Sci. Abs. 23 (24), abs. 49767.
- Turekian, K.K. & Wedepohl, K.H. (1961): Distribution of the elements in some mayor units of the earth's crust. Bull. Geol. Soc. Amer. 72, 172-202.
- Vine, J.D. & Tourtelot, E.B. (1970): Geochemistry of black shale deposits - a summary report. Econ. Geol. 65, 253-272.
- Vinogradov, A.P. (1962): Die Durchschnittsgehalte der chemischen Elemente in den Hauptarten der Eruptivgesteine. Geochimija 7, 555-571.
- Vogt, I.H.L. (1907): Porsa Kobberkisgange. NGU Rapp. Nr. 3825, Bergarchiv Trondheim, unveröffentlicht.
- Vogt, T. (1942): Geochemical and geobotanical ore prospecting. II. Viscaria alpina G. Don Som "Kisplant". K. norske Vidensk. Selsk. Forh., 15, 5-8.
- Vokes, F.M. (1957): Some copper sulphide parageneses from the Raipas Formation of northern Norway. Norges geol. Unders. 200, 74-111.
- Winkler, H.G.F. (1974): Petrogenesis of metamorphic rocks. 5th edition, Spinger Verlag, 348 S.

ANHANG

Tab. I: Analysenresultate

P.Nr.	Bachsedimente (ppm)												Bachwässer				
	Cu	Pb	Ag	Ni	Co	As	Mo	Cd	Cr	V	U	LoI(%)	U (ppb)	Radon (Imp/3Min)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	pH	Eh (mV)
1	21	3	<0,1	14	10	13	0,40	0,02	45	10	1,9	2,3	0,3	15	36	8,14	558
2	25	3	<0,1	16	10	12	0,40	0,34	15	14	0,8	4,3	0,2	26	41	-	-
3	79	7	<0,1	28	12	20	0,35	0,20	59	26	1,2	5,6	0,2	130	40	-	-
4	236	19	0,15	65	26	27	2,00	0,68	89	51	<0,5	12,4	0,4	140	17	7,71	632
5	196	7	0,35	43	12	7	0,25	0,21	61	30	<0,5	12,4	0,1	70	-	-	-
6	69	9	<0,1	26	11	28	0,15	0,18	55	32	1,4	3,4	0,2	62	32	8,01	563
7	81	7	<0,1	28	16	30	0,20	0,23	32	26	1,0	4,0	0,2	49	42	-	-
8	130	8	<0,1	29	19	27	<0,10	0,22	23	28	0,6	4,8	<0,1	52	40	8,17	558
9	133	17	0,25	41	26	46	0,50	0,24	35	27	<0,5	12,4	<0,1	62	37	-	-
10	116	19	0,15	44	20	53	0,15	1,70	49	28	1,2	5,9	<0,1	33	27	8,03	556
11	59	14	<0,1	24	17	47	0,50	0,25	36	28	<0,5	2,4	<0,1	181	41	-	-
12	77	7	<0,1	28	14	20	<0,10	0,59	43	21	<0,5	3,0	0,1	104	34	8,18	541
13	16	3	<0,1	10	5	<1	<0,10	0,06	12	13	<0,5	2,5	0,4	90	61	-	-
14	13	2	<0,1	7	4	<1	<0,10	0,38	5	11	1,2	5,0	0,4	123	47	7,89	466
15	71	16	<0,1	53	25	37	0,65	0,46	67	38	0,8	41,0	0,2	20	65	8,90	515
16	79	12	0,1	38	22	47	0,90	0,42	58	44	1,0	17,0	0,1	20	71	-	-
17	52	3	<0,1	36	20	8	<0,10	0,06	65	32	<0,5	9,3	0,3	43	68	8,73	465
18	59	7	0,25	42	23	21	<0,10	0,23	59	40	9,2	15,0	0,4	64	92	-	-
19	161	23	0,1	34	25	66	1,00	0,22	145	32	<0,5	6,9	0,2	42	29	8,40	613
20	194	21	0,1	34	20	58	1,10	0,15	61	40	2,1	8,1	0,1	45	-	-	-

Tab. I: Analysenresultate

P.Nr.	Bachsedimente (ppm)												Bachwasser				
	Cu	Pb	Ag	Ni	Co	As	Mo	Cd	Cr	V	U	LoI(%)	U (ppb)	Radon (Imp/3Min)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	pH	Eh (mV)
21	160	22	0,1	27	21	65	1,20	0,14	24	31	2,1	8,1	0,1	33	28	-	-
22	37	17	0,1	65	23	34	0,30	0,09	82	25	<0,5	4,2	0,1	40	28	-	-
23	119	12	0,15	38	21	28	0,70	0,36	44	33	<0,5	9,4	<0,1	70	32	-	-
24	1210	16	0,3	39	16	23	0,30	0,32	70	40	8,3	20,8	<0,1	131	23	8,06	509
25	81	3	0,1	36	21	18	0,45	0,10	76	24	<0,5	6,0	0,1	47	42	9,06	464
26	55	3	<0,1	29	17	22	0,40	0,21	64	26	6,6	4,6	0,1	51	46	-	-
27	65	5	<0,1	38	16	16	0,25	0,94	49	22	3,2	9,2	<0,1	46	57	-	-
28	190	5	<0,1	35	17	2	<0,10	0,13	46	22	<0,5	9,4	-	-	-	-	-
29	120	9	<0,1	45	20	22	0,30	0,09	76	25	<0,5	6,9	0,1	72	51	-	-
30	139	11	<0,1	57	21	18	0,30	0,25	104	24	<0,5	9,3	0,1	39	49	8,00	562
31	102	5	<0,1	28	14	20	0,10	0,09	65	21	8,0	8,3	0,2	43	46	-	-
32	95	4	0,1	48	20	21	<0,10	0,04	114	34	4,2	5,2	0,1	34	53	8,92	582
33	81	3	<0,1	56	15	13	<0,10	0,09	136	34	5,2	16,3	0,1	54	55	-	-
34	270	3	<0,1	32	37	18	0,40	0,08	36	50	<0,5	8,2	<0,1	41	12	8,38	546
35	191	3	0,1	40	33	63	0,35	0,08	29	120	1,8	4,9	0,1	76	18	-	-
36	342	16	<0,1	24	21	47	0,45	0,30	6	21	<0,5	15,1	<0,1	50	20	-	-
37	82	9	<0,1	27	54	38	1,00	0,12	<1	32	<0,5	6,1	<0,1	70	14	8,90	580
38	354	7	<0,1	19	33	6	0,30	0,22	21	38	<0,5	6,8	<0,1	42	12	-	-
39	480	8	<0,1	27	29	39	0,55	0,12	21	34	<0,5	7,6	0,2	47	18	-	-
40	286	17	0,1	21	46	68	3,90	0,49	20	46	<0,5	32,3	0,1	456	12	-	-

Tab. I: Analysenresultate

P.Nr.	Bachsedimente (ppm)												Bachwässer				
	Cu	Pb	Ag	Ni	Co	As	Mo	Cd	Cr	V	U	LoI(%)	U (ppb)	Radon (Imp/3Min)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	pH	Eh (mV)
41	204	34	0,1	27	160	33	1,40	0,60	4	32	<0,5	26,4	0,2	63	-	-	-
42	160	20	0,25	15	10	20	1,80	0,20	11	22	<0,5	26,8	-	40	-	7,99	494
43	8200	21	0,6	41	43	56	11,00	0,28	15	120	<0,5	6,1	-	41	-	-	-
44	1340	13	<0,1	30	23	34	2,20	0,06	11	32	1,6	8,8	-	-	-	-	-
45	255	4	<0,1	34	30	25	3,30	0,11	36	55	<0,5	7,5	<0,1	53	16	-	-
46	327	3	<0,1	40	41	8	4,60	0,10	54	63	<0,5	9,5	<0,1	178	29	-	-
47	119	17	<0,1	138	29	78	1,20	0,27	118	45	<0,5	7,5	<0,1	34	20	8,06	510
48	217	28	0,15	76	32	38	0,60	0,19	54	52	<0,5	7,4	-	-	-	-	-
49	215	7	<0,1	50	20	40	0,40	0,14	67	41	1,2	6,8	0,1	123	30	7,72	408
50	63	6	<0,1	43	22	22	1,10	0,10	47	40	<0,5	9,9	0,2	114	38	-	-
51	56	6	<0,1	102	27	27	0,60	0,12	53	38	<0,5	5,7	-	-	-	-	-
52	163	2	<0,1	169	28	29	<0,10	0,06	370	39	<0,5	5,3	-	-	-	-	-
53	88	8	0,1	85	28	27	<0,10	0,13	82	37	<0,5	5,1	-	-	-	-	-
54	132	6	<0,1	76	29	26	0,35	0,11	150	36	<0,5	5,3	-	-	-	-	-
55	51	12	<0,1	25	4	18	0,20	0,33	21	42	<0,5	12,3	<0,1	-	36	-	-
56	84	6	<0,1	35	22	23	0,40	0,08	54	39	<0,5	5,9	<0,1	-	38	7,59	480
57	326	3	0,25	57	3	23	<0,10	0,38	71	34	6,1	53,5	0,1	-	40	-	-
58	48	8	<0,1	18	10	11	<0,10	0,28	21	25	3,5	7,3	0,1	-	37	-	-
59	100	10	0,1	48	2	34	0,60	0,84	16	42	3,0	18,4	0,1	-	36	8,14	452
60	141	14	0,15	45	3	49	0,70	0,68	64	35	1,9	26,4	0,1	-	28	-	-

Tab. I: Analysenresultate

P.Nr.	Bachsedimente (ppm)												Bachwässer				
	Cu	Pb	Ag	Ni	Co	As	Mo	Cd	Cr	V	U	LoI(%)	U (ppb)	Radon (Imp/3Min)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	pH	Eh (mV)
61	121	10	0,1	51	9	51	0,50	0,40	66	42	<0,5	21,5	<0,1	-	23	-	-
62	180	16	0,2	47	5	30	0,80	0,94	79	80	<0,5	44,3	<0,1	-	21	-	-
63	66	3	0,1	33	5	25	0,50	0,39	46	55	0,5	11,4	<0,1	-	26	7,82	498
64	54	4	<0,1	33	2	21	<0,10	0,16	74	40	<0,5	9,7	-	-	-	-	-
65	59	6	0,65	43	17	23	0,65	0,10	51	34	<0,5	8,6	-	-	-	-	-
66	55	5	<0,1	50	16	25	0,35	0,13	49	36	<0,5	7,6	-	-	-	-	-
67	35	8	0,2	62	17	28	<0,10	0,18	25	48	<0,5	5,5	-	-	-	-	-
68	960	13	1,1	72	17	32	<0,10	0,34	84	57	<0,5	34,2	-	-	-	-	-
69	79	9	<0,1	61	18	43	<0,10	0,18	59	65	<0,5	9,1	-	-	-	-	-
70	53	5	0,1	50	15	24	<0,10	0,16	35	55	<0,5	5,8	<0,1	-	60	-	-
71	96	7	0,25	59	17	37	<0,10	0,18	75	72	<0,5	5,3	0,1	-	55	-	-
72	51	9	0,35	53	17	47	<0,10	0,18	23	44	<0,5	8,9	<0,1	-	58	-	-
73	90	9	<0,1	34	19	27	0,30	0,24	20	50	<0,5	6,8	0,1	-	45	8,12	488
74	141	6	0,1	16	8	6	<0,10	0,42	24	25	4,0	29,5	<0,1	-	42	-	-
75	140	23	0,1	37	19	25	<0,10	0,49	36	53	<0,5	16,9	<0,1	-	37	8,03	463
76	328	24	0,6	44	13	25	0,25	0,50	57	40	2,6	50,8	<0,1	-	40	-	-
77	165	7	0,15	57	18	36	0,70	0,24	73	60	<0,5	18,0	-	-	-	-	-
78	208	8	<0,1	59	20	52	0,45	0,30	108	63	<0,5	11,2	-	-	-	-	-
79	112	9	0,1	55	20	43	0,50	0,44	64	60	<0,5	9,4	-	-	-	-	-
80	143	5	<0,1	50	17	36	<0,10	0,24	95	48	<0,5	6,3	<0,1	-	28	-	-

Tab. I: Analysenresultate

P.Nr.	Bachsedimente (ppm)												Bachwässer				
	Cu	Pb	Ag	Ni	Co	As	Mo	Cd	Cr	V	U	LoI(%)	U (ppb)	Radon (Imp/3Min)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	pH	Eh (mV)
81	136	4	<0,1	52	20	41	0,55	0,27	94	46	<0,5	4,7	<0,1	-	28	-	-
82	147	5	<0,1	48	19	49	0,15	0,11	87	53	<0,5	5,1	<0,1	-	34	-	-
83	349	9	0,5	49	18	58	1,50	0,33	62	66	<0,5	20,7	-	-	-	-	-
84	265	14	0,2	51	21	34	0,95	0,56	53	53	<0,5	15,7	-	-	-	-	-
85	305	6	0,1	41	17	38	0,90	0,47	52	65	<0,5	11,2	-	-	-	-	-
86	273	5	0,2	45	19	40	1,50	0,27	51	56	<0,5	10,0	-	-	-	-	-
87	241	10	0,15	39	18	32	1,80	0,39	29	49	<0,5	11,6	-	-	-	-	-
88	750	11	0,2	170	84	68	5,50	0,27	260	72	<0,5	12,2	0,1	57	53	-	-
89	324	9	0,1	58	23	22	2,70	0,20	99	40	<0,5	23,2	-	1113	-	7,67	599
90	70	6	<0,1	33	20	25	2,30	0,22	17	30	0,6	10,8	-	107	-	-	-
91	266	10	<0,1	40	17	34	2,30	0,18	33	18	3,7	21,6	<0,1	90	29	-	-
92	79	10	<0,1	22	16	44	2,10	0,18	24	33	1,8	15,1	<0,1	74	20	-	-
93	70	22	<0,1	21	16	54	3,60	0,26	22	65	3,7	25,2	-	-	-	-	-
94	131	41	0,15	11	27	42	3,30	0,59	11	53	<0,5	38,8	-	-	-	-	-
95	74	5	<0,1	44	29	86	1,90	0,12	6	27	0,5	4,1	-	-	-	-	-
96	146	7	<0,1	29	22	49	1,50	0,32	13	24	0,5	6,3	<0,1	-	28	-	-
97	205	9	<0,1	23	21	54	2,80	0,70	22	51	0,5	10,1	0,1	-	24	-	-
98	216	10	0,1	44	31	110	4,00	0,35	37	78	0,5	34,7	-	-	-	-	-
99	112	11	0,25	52	25	37	1,50	0,28	28	33	3,0	5,6	<0,1	-	6	-	-
100	135	18	0,25	113	46	26	1,20	0,28	31	33	3,2	30,8	-	-	-	-	-

Tab. I: Analysenresultate

P.Nr.	Bachsedimente (ppm)												Bachwässer				
	Cu	Pb	Ag	Ni	Co	As	Mo	Cd	Cr	V	U	LoI(%)	U (ppb)	Radon (Imp/3Min)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	pH	Eh (mV)
101	129	11	0,25	121	48	33	3,50	0,16	49	56	4,7	23,1	-	64	-	-	-
102	90	26	0,35	97	62	27	2,40	0,23	17	21	8,0	37,2	<0,1	37	19	6,61	636
103	172	4	0,2	57	29	12	2,00	0,14	74	110	1,3	16,9	<0,1	87	26	-	-
104	198	18	0,15	36	26	13	1,70	0,10	22	52	<0,5	27,4	<0,1	47	18	-	-
105	226	9	0,15	66	44	18	1,80	0,19	50	101	3,0	19,3	<0,1	44	18	7,82	498
106	332	6	0,1	103	50	23	1,10	0,11	71	126	<0,5	7,1	-	187	-	7,68	506
107	264	3	0,1	180	34	6	1,10	0,18	390	82	<0,5	10,2	-	-	-	-	-
108	251	4	0,1	180	34	10	1,20	0,21	440	93	<0,5	7,1	-	-	-	-	-
109	111	4	<0,1	102	32	26	0,90	0,02	129	147	0,5	9,1	<0,1	-	19	-	-
110	170	11	0,1	145	50	35	1,10	0,27	127	104	2,6	15,2	<0,1	101	54	8,21	449
111	81	14	0,1	40	15	5	1,40	0,52	41	58	1,2	14,4	-	-	-	-	-
112	129	6	0,15	50	25	17	0,55	0,02	31	78	<0,5	15,1	<0,1	-	-	-	-
113	50	6	0,3	39	13	11	0,65	0,02	15	34	0,5	17,7	<0,1	-	-	-	-
114	50	7	0,1	32	16	2	0,90	0,23	12	36	1,8	38,0	<0,1	-	-	-	-
115	32	4	<0,1	68	19	2	0,55	0,04	37	30	<0,5	3,8	<0,1	31	-	7,95	522
116	13	10	<0,1	54	19	7	0,50	0,11	14	19	2,2	9,1	<0,1	34	-	-	-
117	30	12	0,25	33	17	14	0,60	0,07	14	34	<0,5	29,2	<0,1	47	-	7,86	480
118	74	11	0,2	43	21	10	0,50	0,12	20	38	<0,5	11,0	<0,1	39	-	-	-
119	64	12	0,1	35	24	11	1,20	0,44	14	50	<0,5	6,7	0,2	62	-	7,87	507
120	47	9	0,2	43	22	19	0,95	0,12	31	41	<0,5	7,2	-	-	-	-	-

Tab. I: Analysenresultate

P.Nr.	Bachsedimente (ppm)												Bachwässer				
	Cu	Pb	Ag	Ni	Co	As	Mo	Cd	Cr	V	U	LoI(%)	U (ppb)	Radon (Imp/3Min)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	pH	Eh (mV)
121	45	13	0,1	52	39	17	1,90	0,47	37	36	<0,5	5,8	<0,1	267	-	-	-
122	50	9	0,4	56	32	27	0,40	0,52	17	36	<0,5	5,9	0,1	87	-	-	-
123	166	13	0,25	65	41	13	0,70	0,97	30	43	<0,5	6,4	-	54	-	-	-
124	110	11	0,1	45	28	9	0,30	0,47	28	41	<0,5	10,8	<0,1	185	-	-	-
125	237	5	<0,1	35	31	22	0,60	0,04	24	52	<0,5	4,6	-	-	-	-	-
126	245	7	0,15	36	26	21	0,60	0,20	54	65	2,2	31,2	<0,1	-	9	-	-
127	155	8	<0,1	29	28	16	1,50	0,25	34	73	0,5	19,1	<0,1	-	9	7,98	511
128	103	12	0,15	47	51	45	3,30	0,19	25	62	0,5	17,8	<0,1	-	7	-	-
129	151	13	0,3	27	18	6	1,20	0,19	19	29	<0,5	44,9	<0,1	-	7	-	-
130	139	6	0,1	28	20	17	1,70	0,09	30	41	<0,5	20,9	<0,1	-	8	-	-
131	188	15	0,25	27	18	18	1,80	0,42	35	52	<0,5	34,8	0,1	-	13	-	-
132	147	3	0,1	24	8	6	1,10	0,03	46	37	<0,5	7,8	<0,1	-	12	8,12	500
133	79	6	0,1	31	14	11	1,00	0,02	32	37	<0,5	4,0	<0,1	-	9	-	-
134	168	4	0,1	41	30	18	0,60	0,04	36	45	4,2	18,3	-	-	-	-	-
135	242	32	0,15	67	80	55	2,90	1,34	33	73	<0,5	13,9	<0,1	-	13	-	-
136	5	12	0,25	45	38	57	2,50	0,46	<1	10	1,1	33,3	<0,1	-	23	-	-
137	406	8	0,35	35	24	56	3,20	0,17	30	52	3,4	45,7	<0,1	-	25	-	-
138	231	5	0,25	30	26	40	7,30	0,29	20	35	<0,5	56,3	<0,1	-	31	-	-
139	438	13	0,55	37	12	63	7,30	0,17	55	80	2,0	24,6	<0,1	-	24	-	-
140	90	14	0,15	28	18	35	3,80	0,46	16	41	<0,5	22,8	-	-	-	-	-

Tab. I: Analysenresultate

P.Nr.	Bachsedimente (ppm)												Bachwässer				
	Cu	Pb	Ag	Ni	Co	As	Mo	Cd	Cr	V	U	LoI(%)	U (ppb)	Radon (Imp/3Min)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	pH	Eh (mV)
141	252	5	0,1	25	8	6	2,90	0,21	37	34	2,0	25,3	<0,1	-	33	-	-
142	338	19	0,1	43	36	15	3,10	0,75	39	59	<0,5	25,2	<0,1	-	12	-	-
143	123	28	0,15	58	34	23	1,80	0,96	29	34	0,5	30,3	<0,1	-	13	-	-
144	144	9	0,1	67	25	25	2,40	0,15	51	44	<0,5	5,7	<0,1	-	7	8,43	539
145	109	21	0,1	42	18	26	2,10	0,49	19	19	0,5	11,0	<0,1	-	7	-	-
146	41	14	0,1	30	9	6	2,10	0,46	20	19	<0,5	15,4	0,1	445	-	7,76	583
147	113	9	<0,1	30	11	14	2,20	0,28	40	43	3,4	12,3	0,2	25	-	-	-
148	141	18	<0,1	25	12	22	2,70	0,31	37	36	<0,5	31,7	<0,1	29	-	-	-
149	220	7	0,1	33	12	12	1,40	0,34	35	39	<0,5	4,0	0,4	47	34	-	-
150	138	22	0,2	45	20	21	1,80	0,68	28	25	1,1	25,0	0,5	39	32	8,23	500
151	164	15	0,1	42	10	28	2,50	0,45	35	37	<0,5	15,7	0,4	29	32	-	-
152	249	12	0,2	31	11	35	1,80	0,39	66	36	13,1	38,7	-	-	-	-	-
153	225	12	0,2	32	12	13	1,90	0,49	39	32	<0,5	9,1	-	-	-	-	-
154	142	22	0,1	39	14	16	1,10	0,62	20	19	1,5	15,9	-	-	-	-	-
155	63	20	0,35	49	14	13	3,00	0,59	27	28	<0,5	26,1	0,1	-	-	-	-
156	211	29	0,2	56	17	20	2,10	0,69	44	34	0,5	20,0	0,1	-	17	-	-
157	53	43	0,3	71	26	40	2,80	0,70	9	10	2,8	17,7	<0,1	-	18	8,01	551
158	52	8	<0,1	23	7	8	1,50	0,09	24	19	<0,5	9,4	<0,1	-	18	-	-
159	178	18	0,1	82	17	53	7,60	0,14	22	32	2,8	6,8	0,2	-	24	-	-
160	227	9	<0,1	32	16	14	2,60	0,19	25	32	<0,5	5,9	-	-	-	-	-

Tab. I: Analysenresultate

P.Nr.	Bachsedimente (ppm)												Bachwässer				
	Cu	Pb	Ag	Ni	Co	As	Mo	Cd	Cr	V	U	LoI(%)	U (ppb)	Radon (Imp/3Min)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	pH	Eh (mV)
161	138	29	0,35	110	17	51	12,00	0,36	24	43	<0,5	6,2	0,1	-	23	8,34	547
162	329	6	0,1	25	18	16	2,50	0,11	28	41	0,8	12,8	<0,1	-	21	8,05	518
163	203	5	<0,1	20	18	8	2,00	0,14	19	50	<0,5	4,9	0,2	-	7	-	-
164	281	6	0,1	29	9	23	2,00	0,14	28	58	<0,5	12,3	<0,1	-	23	-	-
165	319	10	<0,1	23	34	8	1,50	0,25	24	64	<0,5	8,2	<0,1	-	7	8,02	531
166	196	14	<0,1	33	28	18	1,30	0,22	22	40	<0,5	7,8	<0,1	-	8	-	-
167	258	14	<0,1	22	35	10	1,10	0,28	28	43	<0,5	11,9	<0,1	-	23	-	-
168	247	18	<0,1	23	43	12	1,10	0,30	19	55	1,0	13,2	<0,1	-	11	-	-
169	240	9	0,1	25	35	6	0,70	0,07	26	56	<0,5	10,6	<0,1	-	7	-	-
170	244	9	0,1	32	25	14	1,30	0,04	19	55	<0,5	10,4	<0,1	-	7	-	-
171	310	13	<0,1	20	27	10	1,10	0,07	24	60	<0,5	14,3	<0,1	-	6	-	-
172	278	18	<0,1	22	41	13	1,00	0,53	25	48	<0,5	14,6	<0,1	-	30	-	-
173	820	19	0,1	22	100	13	0,90	0,40	44	88	<0,5	16,5	<0,1	-	24	-	-
174	570	16	0,15	24	9	13	1,10	0,28	41	84	<0,5	12,8	0,2	-	13	-	-
175	670	8	0,1	25	35	7	0,80	0,16	35	75	<0,5	11,3	0,1	-	12	-	-
176	340	5	<0,1	14	23	6	0,80	0,24	44	111	<0,5	8,1	<0,1	-	11	-	-
177	570	12	0,25	35	41	9	1,00	0,64	48	108	<0,5	16,6	<0,1	-	8	-	-
178	660	8	0,15	61	28	19	1,10	0,30	37	103	2,0	14,1	0,1	-	6	8,18	536
179	600	5	0,1	53	40	13	1,30	0,25	32	99	<0,5	7,1	0,1	-	7	-	-
180	570	7	0,35	59	29	23	1,70	0,27	28	90	<0,5	12,2	0,1	-	6	-	-

Tab. I: Analysenresultate

P.Nr.	Bachsedimente												Bachwasser				
	Cu	Pb	Ag	Ni	Co	As	Mo	Cd	Cr	V	U	LoI(%)	U (ppb)	Radon (Imp/3Min)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	pH	Eh (mV)
181	1280	9	0,1	68	38	20	1,50	0,25	58	125	<0,5	14,7	0,1	-	6	-	-
182	1150	20	0,3	64	32	30	2,70	0,76	40	111	<0,5	21,3	<0,1	-	6	-	-
183	670	39	0,25	51	20	20	3,50	0,57	31	79	1,0	32,7	<0,1	-	6	-	-
184	820	23	0,3	65	23	32	6,60	0,41	42	98	<0,5	34,6	<0,1	-	5	-	-
185	168	9	0,3	80	7	7	3,10	0,65	34	68	1,0	21,9	0,1	-	-	7,42	546
186	370	35	0,4	140	18	45	7,30	0,48	41	88	2,0	14,5	0,1	-	-	-	-
187	270	22	0,3	120	22	38	6,80	0,41	39	96	<0,5	13,2	0,2	-	-	-	-
188	620	16	0,1	110	26	36	7,30	0,27	37	98	5,8	10,3	<0,1	-	22	-	-
189	192	23	0,3	86	19	42	8,20	0,13	24	73	<0,5	9,6	<0,1	-	21	-	-
190	257	19	0,4	96	24	60	6,30	0,19	28	86	<0,5	20,3	<0,1	-	17	-	-
191	490	16	0,3	100	28	59	6,00	0,27	42	116	<0,5	18,7	<0,1	-	20	-	-
192	321	16	0,15	100	14	59	5,50	0,18	35	99	1,6	14,3	<0,1	-	22	-	-
193	259	19	0,35	80	12	65	5,20	0,18	33	81	7,2	20,9	<0,1	-	21	-	-
194	161	20	0,25	68	11	56	4,70	0,45	26	60	<0,5	15,4	0,1	-	23	8,03	537
195	282	8	0,1	54	22	43	3,50	0,24	53	70	<0,5	6,1	<0,1	-	-	7,96	517
196	132	11	<0,1	48	15	29	3,60	0,26	31	53	<0,5	6,9	<0,1	-	-	-	-
197	106	10	0,1	54	8	24	3,10	0,19	20	40	<0,5	9,3	<0,1	-	-	7,37	581
198	128	15	0,1	53	9	17	4,00	0,23	21	34	2,2	14,3	<0,1	-	25	-	-
199	180	33	0,1	60	15	30	2,60	0,02	15	28	<0,5	20,9	0,1	-	23	-	-
200	335	7	0,1	65	10	27	2,20	0,09	40	58	<0,5	8,7	<0,1	-	23	-	-

Tab. I: Analysenresultate

P.Nr.	Bachsedimente (ppm)												Bachwässer				
	Cu	Pb	Ag	Ni	Co	As	Mo	Cd	Cr	V	U	LoI(%)	U (ppb)	Radon (Imp/3Min)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	pH	Eh (mV)
201	660	5	0,15	32	35	24	1,00	0,56	36	74	<0,5	18,8	<0,1	-	-	-	-
202	185	7	0,15	58	27	27	1,50	0,30	44	50	<0,5	15,4	<0,1	-	-	8,12	507
203	101	6	0,15	54	20	28	1,60	0,17	31	34	<0,5	9,5	<0,1	-	-	-	-
204	207	9	0,15	52	28	40	2,00	0,61	29	44	<0,5	15,6	<0,1	-	26	8,22	544
205	119	7	0,15	48	20	25	1,40	0,50	30	36	<0,5	10,4	<0,1	-	28	-	-
206	176	5	0,1	47	30	36	2,20	0,36	25	44	<0,5	9,8	<0,1	-	24	-	-
207	101	3	0,1	51	38	53	3,10	0,39	14	25	<0,5	11,3	<0,1	-	23	-	-
208	266	6	0,1	55	65	30	3,50	0,09	27	77	<0,5	8,2	<0,1	-	5	-	-
209	304	1	<0,1	45	29	6	1,80	0,12	40	134	<0,5	7,7	<0,1	-	6	-	-
210	339	4	0,1	36	55	15	2,00	0,27	32	134	<0,5	8,5	<0,1	-	7	-	-
211	361	1	0,1	41	39	32	2,70	0,15	133	140	<0,5	9,8	<0,1	-	6	-	-
212	320	3	0,15	54	37	48	2,70	0,06	41	86	<0,5	12,9	<0,1	-	6	-	-
213	234	3	0,15	37	36	21	2,80	0,15	21	97	<0,5	20,8	<0,1	-	6	-	-
214	199	4	0,1	47	53	32	3,40	0,13	23	120	<0,5	8,9	<0,1	-	8	-	-
215	205	5	<0,1	40	38	23	1,70	0,17	28	90	<0,5	7,7	<0,1	-	8	-	-
216	230	7	<0,1	46	46	28	1,80	0,28	26	101	<0,5	8,8	<0,1	-	9	-	-
217	230	6	0,1	37	37	23	1,30	0,33	29	107	<0,5	8,1	<0,1	-	13	-	-
218	214	5	<0,1	43	40	37	1,20	0,27	28	117	<0,5	6,6	<0,1	-	24	-	-
219	162	7	0,1	42	45	40	1,70	0,27	15	91	<0,5	7,3	<0,1	-	25	-	-
220	135	7	<0,1	53	39	43	1,60	0,21	23	88	<0,5	5,2	<0,1	-	25	-	-

Tab. I: Analysenresultate

P.Nr.	Bachsedimente (ppm)												Bachwässer				
	Cu	Pb	Ag	Ni	Co	As	Mo	Cd	Cr	V	U	LoI(%)	U (ppb)	Radon (Imp/3Min)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	pH	Eh (mV)
221	277	8	<0,1	38	29	25	1,20	0,56	35	124	<0,5	8,5	<0,1	-	23	8,13	5/1
222	186	13	0,2	71	30	70	2,90	1,19	37	100	<0,5	6,4	0,2	-	-	-	-
223	113	9	0,15	105	33	74	2,60	0,79	33	85	<0,5	3,9	0,1	-	22	-	-
224	116	31	0,2	105	34	73	1,80	0,57	36	95	<0,5	2,9	<0,1	-	28	-	-
225	135	4	<0,1	47	22	47	1,10	0,16	30	86	<0,5	3,0	<0,1	-	-	-	-
226	76	8	0,1	43	16	19	0,80	0,35	21	58	<0,5	6,5	<0,1	-	25	-	-
227	64	8	0,1	53	20	28	0,80	0,34	20	43	<0,5	6,2	0,2	-	24	-	-
228	120	8	0,1	46	17	24	0,50	0,45	26	78	<0,5	8,5	<0,1	-	24	-	-
229	86	6	0,1	42	17	20	0,50	0,35	21	51	<0,5	3,8	<0,1	-	24	-	-
230	51	5	0,1	38	15	12	0,50	0,46	19	41	<0,5	5,8	<0,1	-	24	-	-
231	26	10	0,1	51	21	35	0,70	0,53	5	15	<0,5	7,1	<0,1	-	28	-	-
232	46	11	0,1	52	18	35	0,60	0,30	11	13	<0,5	9,1	0,1	-	49	-	-
233	109	8	0,1	42	13	13	0,50	0,42	21	33	<0,5	6,3	<0,1	-	48	-	-
234	167	10	0,15	75	28	46	0,60	0,82	33	68	<0,5	10,1	<0,1	-	-	-	-
235	132	6	0,15	46	20	6	0,20	0,13	18	33	<0,5	20,3	<0,1	-	-	-	-
236	175	16	0,3	26	14	39	0,80	0,29	26	48	<0,5	20,2	<0,1	-	-	-	-
237	85	17	0,15	34	20	34	0,80	0,43	21	35	<0,5	10,4	<0,1	-	22	-	-
238	30	9	0,1	17	7	12	0,30	0,22	8	14	<0,5	2,9	<0,1	-	21	-	-
239	56	21	0,1	43	23	35	0,40	0,25	18	16	1,2	4,7	<0,1	-	21	-	-
240	23	12	<0,1	23	9	10	0,30	0,15	13	6	<0,5	5,5	0,1	-	23	-	-

Tab. I: Analysenresultate

P.Nr.	Bachsedimente (ppm)												Bachwässer				
	Cu	Pb	Ag	Mn	Co	As	Mo	Cd	Cr	V	U	LoI(%)	U (ppb)	Radon (Imp/3Min)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	pH	Eh (mV)
241	30	6	<0,1	15	7	12	0,30	0,10	21	18	1,0	3,6	0,1	-	20	-	-
242	63	8	0,1	30	17	36	1,40	0,14	22	23	9,3	4,5	0,2	-	21	-	-
243	147	17	0,2	74	31	78	1,90	0,80	110	23	<0,5	6,8	0,1	-	49	7,88	460
244	101	4	<0,1	26	11	14	1,00	0,49	53	61	<0,5	5,0	<0,1	-	-	-	-
245	118	15	0,15	33	12	66	0,90	0,81	25	24	<0,5	6,1	0,1	-	13	8,19	475
246	69	7	0,1	33	17	23	0,70	0,18	29	33	<0,5	5,4	0,1	-	56	8,51	544
247	119	5	0,1	23	14	11	0,50	0,14	37	49	<0,5	7,6	0,1	-	54	-	-
248	176	4	<0,1	100	36	24	0,80	0,11	320	122	<0,5	5,7	0,2	18	18	-	-
249	242	9	<0,1	68	27	13	0,40	0,23	290	110	<0,5	6,2	<0,1	19	22	8,39	507
250	257	8	<0,1	92	35	28	0,30	0,19	265	100	<0,5	4,9	<0,1	23	21	-	-
251	301	7	<0,1	70	30	22	0,40	0,15	244	114	<0,5	6,5	<0,1	30	21	-	-
252	305	5	<0,1	56	25	7	0,50	0,28	232	132	<0,5	7,0	<0,1	32	20	-	-
253	342	6	<0,1	62	29	18	0,50	0,17	213	144	<0,5	7,2	<0,1	31	27	-	-
254	195	8	<0,1	60	33	25	0,70	0,23	109	82	<0,5	6,6	<0,1	58	40	-	-
255	196	6	0,1	68	31	28	0,30	0,12	180	90	<0,5	4,3	<0,1	25	40	-	-
256	278	4	0,1	40	10	1	0,30	0,12	115	67	<0,5	10,2	<0,1	66	-	-	-
257	287	7	<0,1	50	27	25	0,50	0,29	148	104	<0,5	7,3	-	40	-	-	-
258	183	13	0,1	80	29	33	0,40	0,21	222	106	<0,5	5,1	<0,1	80	43	-	-
259	160	11	0,1	51	24	15	0,50	0,15	85	73	<0,5	5,7	0,2	191	43	8,74	449
260	160	3	<0,1	45	18	2	0,30	0,32	44	55	<0,5	5,2	0,2	134	38	-	-

Tab. I: Analysenresultate

P.Nr.	Bachsedimente (ppm)												Bachwässer				
	Cu	Pb	Ag	Ni	Co	As	Mo	Cd	Cr	V	U	LoI(%)	U (ppb)	Radon (Imp/3Min)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	pH	Eh (mV)
261	130	6	0,1	54	19	6	<0,10	0,25	57	49	<0,5	5,8	0,1	66	40	8,54	479
262	121	4	<0,1	66	31	35	<0,10	0,14	62	67	<0,5	6,5	0,1	-	78	-	-
263	84	5	0,1	58	24	13	0,20	0,11	39	43	<0,5	6,5	-	-	-	-	-
264	156	3	<0,1	33	13	3	<0,10	0,24	60	62	<0,5	6,5	-	-	-	-	-
265	154	4	<0,1	45	18	7	0,20	0,19	40	49	<0,5	5,9	0,2	58	42	-	-
266	87	4	<0,1	49	22	9	0,20	0,14	29	38	<0,5	4,2	0,3	52	38	8,61	450
267	41	4	<0,1	35	12	3	1,10	0,19	18	25	<0,5	5,8	0,2	43	40	-	-
268	65	3	<0,1	26	12	3	0,60	0,20	34	35	<0,5	4,1	0,2	49	41	-	-
269	24	3	<0,1	20	7	22	<0,10	0,02	12	10	<0,5	3,6	0,2	-	42	-	-
270	63	5	<0,1	24	13	10	0,10	0,17	21	21	<0,5	3,5	-	-	-	-	-
271	30	20	0,15	38	23	3	0,50	0,05	12	4	<0,5	2,2	-	-	-	-	-
272	154	3	0,1	31	19	5	0,30	0,13	25	43	<0,5	6,9	<0,1	-	34	-	-
273	56	4	0,1	18	13	3	0,50	0,06	14	18	<0,5	3,0	<0,1	-	37	-	-
274	63	5	0,2	31	23	9	0,40	0,34	7	13	<0,5	11,2	<0,1	-	23	-	-
275	95	5	0,1	25	13	8	0,50	0,09	16	15	<0,5	4,0	<0,1	-	40	-	-
276	216	7	0,25	57	28	9	0,50	0,24	41	38	<0,5	13,3	0,2	77	53	-	-
277	9	11	0,15	72	32	12	0,40	0,30	<1	3	<0,5	6,7	0,5	26	49	8,56	540
278	256	11	0,2	78	34	16	0,60	0,39	86	80	<0,5	6,7	0,5	146	76	-	-
279	136	2	0,1	21	12	2	0,20	0,13	40	40	<0,5	3,5	-	-	-	-	-
280	90	4	0,1	18	14	2	0,50	0,08	23	27	<0,5	4,9	0,1	-	12	-	-

Tab. I: Analysenresultate

P.Nr.	Bachsedimente (ppm)												Bachwässer				
	Cu	Pb	Ag	Ni	Co	As	Mo	Cd	Cr	V	U	LoI(%)	U (ppb)	Radon (Imp/3min)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	pH	Eh (mV)
281	840	2	0,15	15	10	1	0,20	0,23	33	25	7,2	50,8	<0,1	-	12	8,44	509
282	329	5	0,15	32	25	16	0,70	0,23	35	61	<0,5	13,8	<0,1	-	12	-	-
283	96	3	0,1	13	12	2	1,00	0,04	24	43	<0,5	5,7	0,1	-	9	-	-
284	153	2	0,1	39	25	3	0,30	0,13	60	102	<0,5	5,8	-	-	-	-	-
285	117	9	0,1	20	21	5	0,30	0,38	35	59	<0,5	4,9	<0,1	-	10	-	-
286	154	15	0,15	31	35	2	1,30	0,70	31	44	<0,5	15,6	<0,1	-	6	8,54	538
287	162	7	0,1	15	27	6	0,40	0,21	46	54	<0,5	14,3	<0,1	-	8	-	-
288	169	53	0,15	22	67	4	2,00	0,48	33	64	<0,5	13,0	<0,1	-	9	-	-
289	610	18	0,2	54	26	8	1,70	0,28	123	95	<0,5	12,9	<0,1	-	11	-	-
290	71	26	0,1	48	39	22	0,70	0,27	44	82	<0,5	6,1	<0,1	-	8	-	-
291	100	10	0,1	27	21	15	0,40	0,47	71	109	<0,5	6,7	<0,1	-	7	-	-
292	179	26	0,15	50	87	3	1,60	1,30	38	75	<0,5	10,4	<0,1	-	12	-	-
293	264	28	0,25	35	45	14	1,40	0,42	44	72	1,6	22,9	<0,1	-	13	-	-
294	262	23	0,3	40	58	17	1,20	0,51	38	78	4,6	16,1	<0,1	-	13	-	-
295	640	32	0,15	37	63	5	1,00	0,93	44	89	<0,5	9,0	<0,1	-	13	-	-
296	148	5	0,1	25	23	1	0,70	0,26	51	93	<0,5	6,9	<0,1	-	12	-	-
297	13	25	0,2	41	25	4	0,90	0,67	<1	20	5,6	14,3	<0,1	-	-	-	-
298	770	1	0,45	31	21	9	2,10	0,33	66	23	24,3	70,3	<0,1	-	-	-	-
299	327	3	0,1	30	66	13	0,60	0,05	49	95	<0,5	5,1	<0,1	-	10	-	-
300	324	4	0,1	37	75	18	0,20	0,14	41	79	<0,5	4,5	<0,1	-	10	-	-

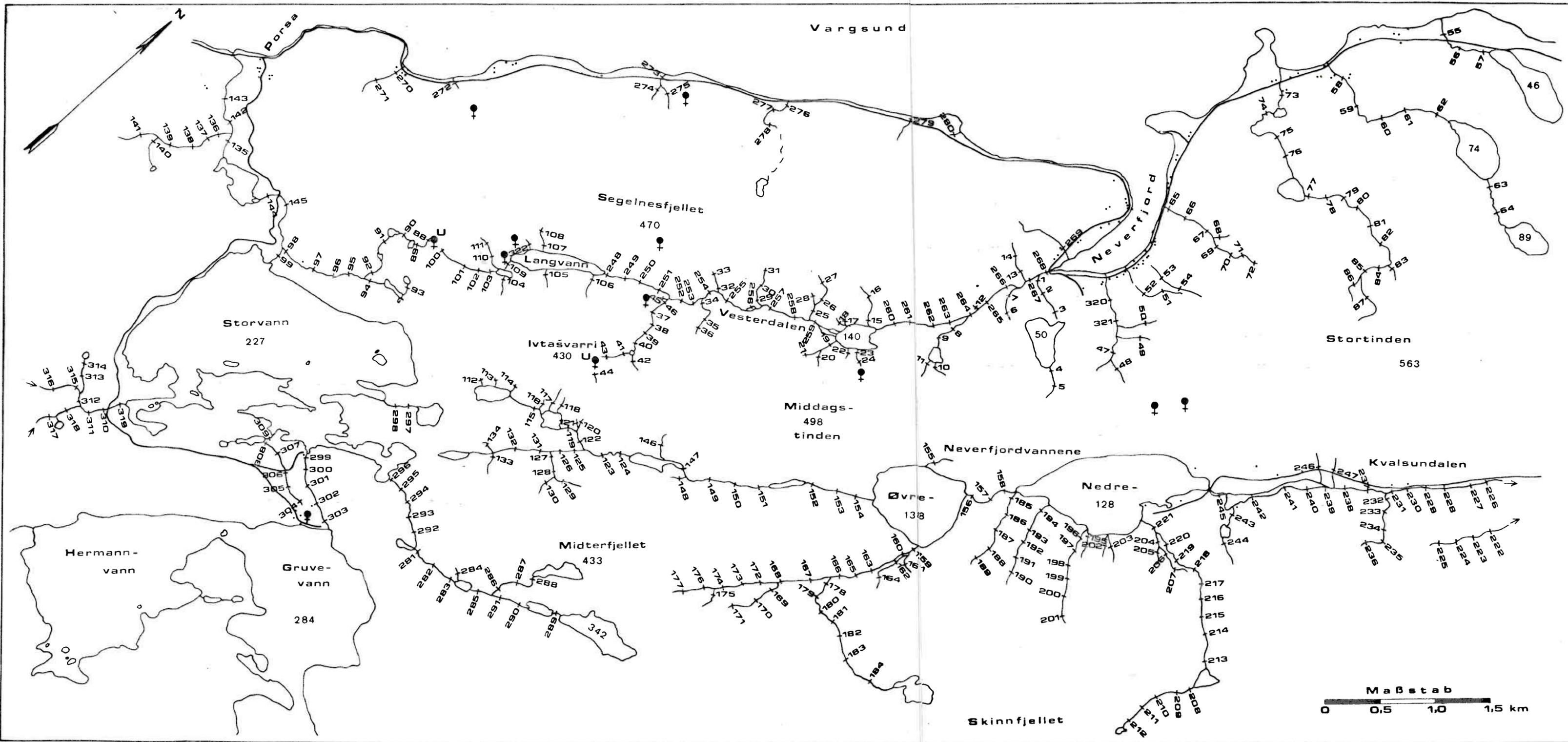
Tab. I: Analysenresultate

P.Nr.	Bachsedimente (ppm)												Bachwässer				
	Cu	Pb	Ag	Ni	Co	As	Mo	Cd	Cr	V	U	LoI(%)	U (ppb)	Radon (Imp/3Min)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	pH	Eh (mV)
301	66	5	0,2	39	160	34	0,20	0,18	5	20	<0,5	3,7	<0,1	-	12	-	-
302	193	15	0,2	42	94	36	0,20	0,10	28	32	<0,5	6,7	<0,1	-	13	7,74	532
303	1040	66	0,2	35	135	25	0,30	0,27	50	84	<0,5	8,1	<0,1	-	18	-	-
304	18000	27	1,9	79	85	20	0,40	0,38	21	80	<0,5	2,2	<0,1	-	12	9,60	469
305	1310	10	0,5	19	30	4	0,60	0,09	14	27	<0,5	11,4	<0,1	-	12	-	-
306	770	18	1,0	10	12	1	0,15	0,05	30	55	<0,5	14,1	<0,1	-	11	-	-
307	1430	11	1,0	8	53	12	0,25	0,13	30	53	<0,5	52,5	<0,1	-	11	-	-
308	1170	9	0,3	2	80	3	0,20	0,54	19	29	<0,5	31,8	<0,1	-	28	-	-
309	770	10	0,4	25	26	3	0,20	0,18	48	36	6,0	21,0	<0,1	-	14	-	-
310	80	3	0,1	29	16	19	<0,10	0,40	23	29	<0,5	3,5	<0,1	-	26	8,12	559
311	128	7	0,25	55	20	58	<0,10	0,42	45	39	<0,5	3,3	<0,1	-	23	-	-
312	129	8	0,2	46	22	39	0,10	0,40	44	39	<0,5	4,7	<0,1	-	22	-	-
313	172	7	0,2	29	13	100	0,10	0,50	52	37	<0,5	10,2	<0,1	-	35	-	-
314	129	9	0,25	35	17	102	<0,10	0,88	49	47	<0,5	9,1	<0,1	-	37	-	-
315	168	7	0,1	52	20	41	<0,10	0,35	61	52	<0,5	3,6	<0,1	-	12	-	-
316	150	4	0,1	39	19	13	<0,10	0,54	76	63	<0,5	3,4	<0,1	-	13	-	-
317	140	9	0,15	51	18	40	<0,10	0,55	65	44	<0,5	7,6	<0,1	-	22	-	-
318	100	12	0,3	77	29	111	0,15	0,46	44	30	<0,5	5,4	<0,1	-	26	-	-
319	126	10	0,3	58	23	86	0,10	0,45	38	34	<0,5	4,5	<0,1	-	20	-	-
320	101	4	0,1	50	14	5	0,10	0,12	115	42	<0,5	7,2	<0,1	25	38	8,30	508
321	52	5	0,15	61	12	7	0,40	0,08	105	25	<0,5	12,6	0,2	55	39	-	-

Verzeichnis der Kartenbeilagen

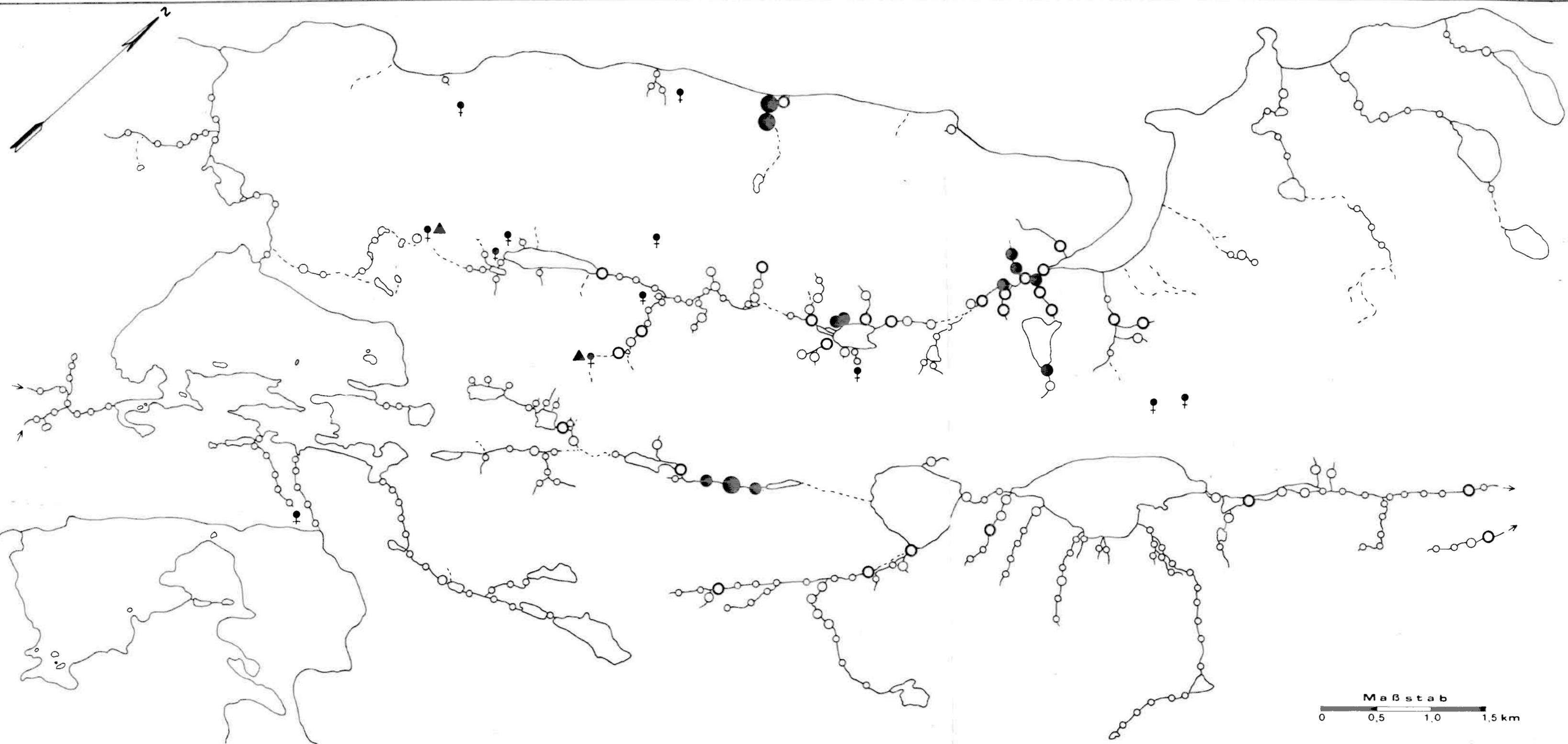
---

- Karte 1: Probenpunkte und topographische Unterlage
- Karte 2: Geochemische Karte, Uran in Bachwässern
- Karte 3: Geochemische Karte,  $\text{HCO}_3^-$  in Bachwässern
- Karte 4: Geochemische Karte, Radon in Bachwässern
- Karte 5: Geochemische Karte, Kupfer in Bachsedimenten
- Karte 6: Geochemische Karte, Blei in Bachsedimenten
- Karte 7: Geochemische Karte, Silber in Bachsedimenten
- Karte 8: Geochemische Karte, Nickel in Bachsedimenten
- Karte 9: Geochemische Karte, Kobalt in Bachsedimenten
- Karte 10: Geochemische Karte, Arsen in Bachsedimenten
- Karte 11: Geochemische Karte, Molybdän in Bachsedimenten
- Karte 12: Geochemische Karte, Cadmium in Bachsedimenten
- Karte 13: Geochemische Karte, Chrom in Bachsedimenten
- Karte 14: Geochemische Karte, Vanadium in Bachsedimenten
- Karte 15: Geochemische Karte, Uran in Bachsedimenten
- Karte 16: Geochemische Karte, Glühverluste in Bachsedimenten
- Karte 17: Karte über Erzvorkommen im Porsa-Neverfjord-Gebiet
- Karte 18: Geologische Karte des Porsa-Neverfjord-Gebietes  
nach Pharaoh (1976)
- Karte 19: Geologische Karte des Komagfjord-Fensters nach  
Reitan (1963)
- Karte 20: Topographische Karte Blatt Vargsund 1935 IV,  
AMS Serie M 711,1 : 50000



- Storvann 227      Höhe über NN
- 257      Probennummer
- (U)      alte Grube (mit Uranvererzung)
- Haus / Hütte
- Straße

Probennummern und topographische Unterlage  
Porsa - Neverfjord

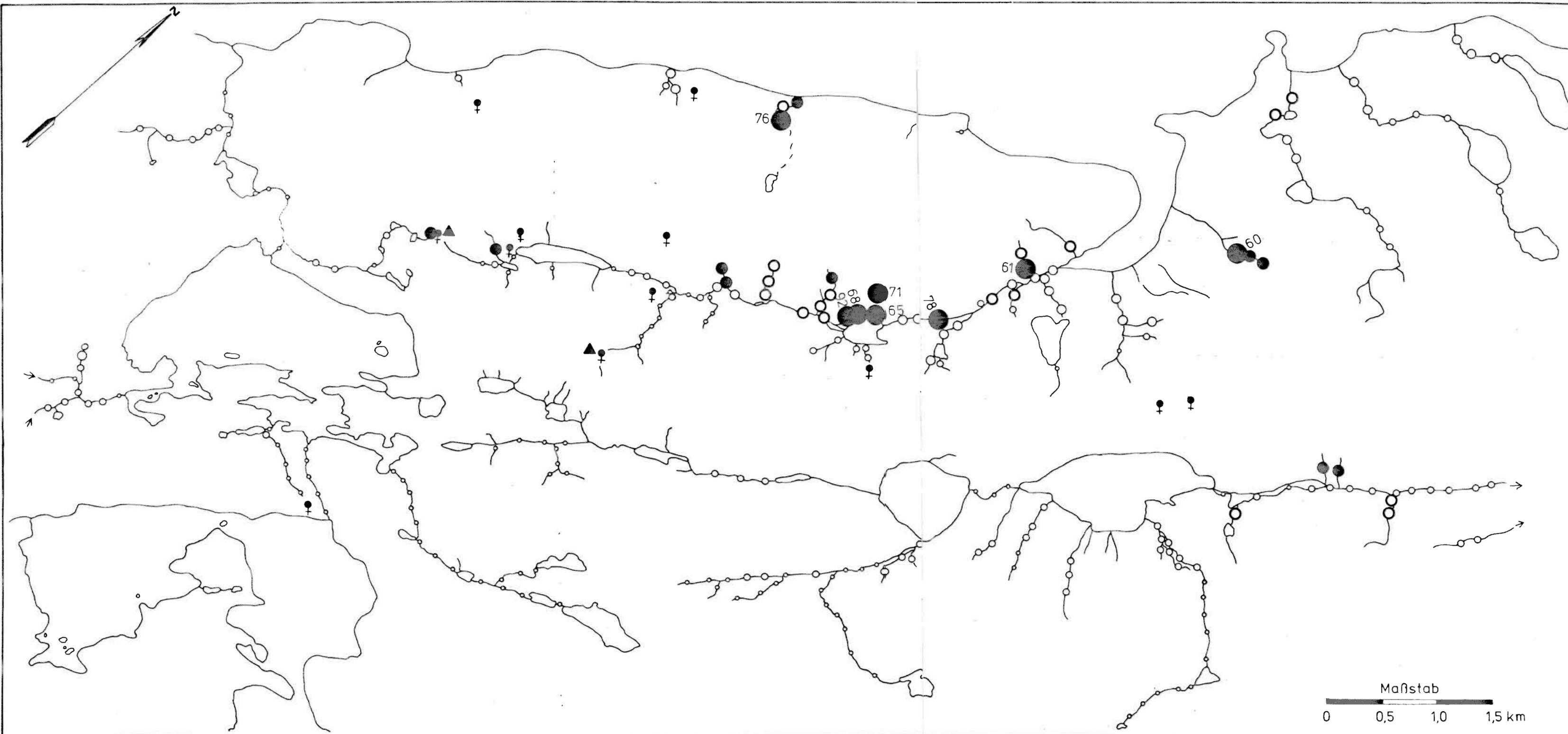


**U**

- <0,1
- 0,1
- 0,2
- 0,3 - 0,4
- 0,5 ppb U

Maßstab  
0 0,5 1,0 1,5 km

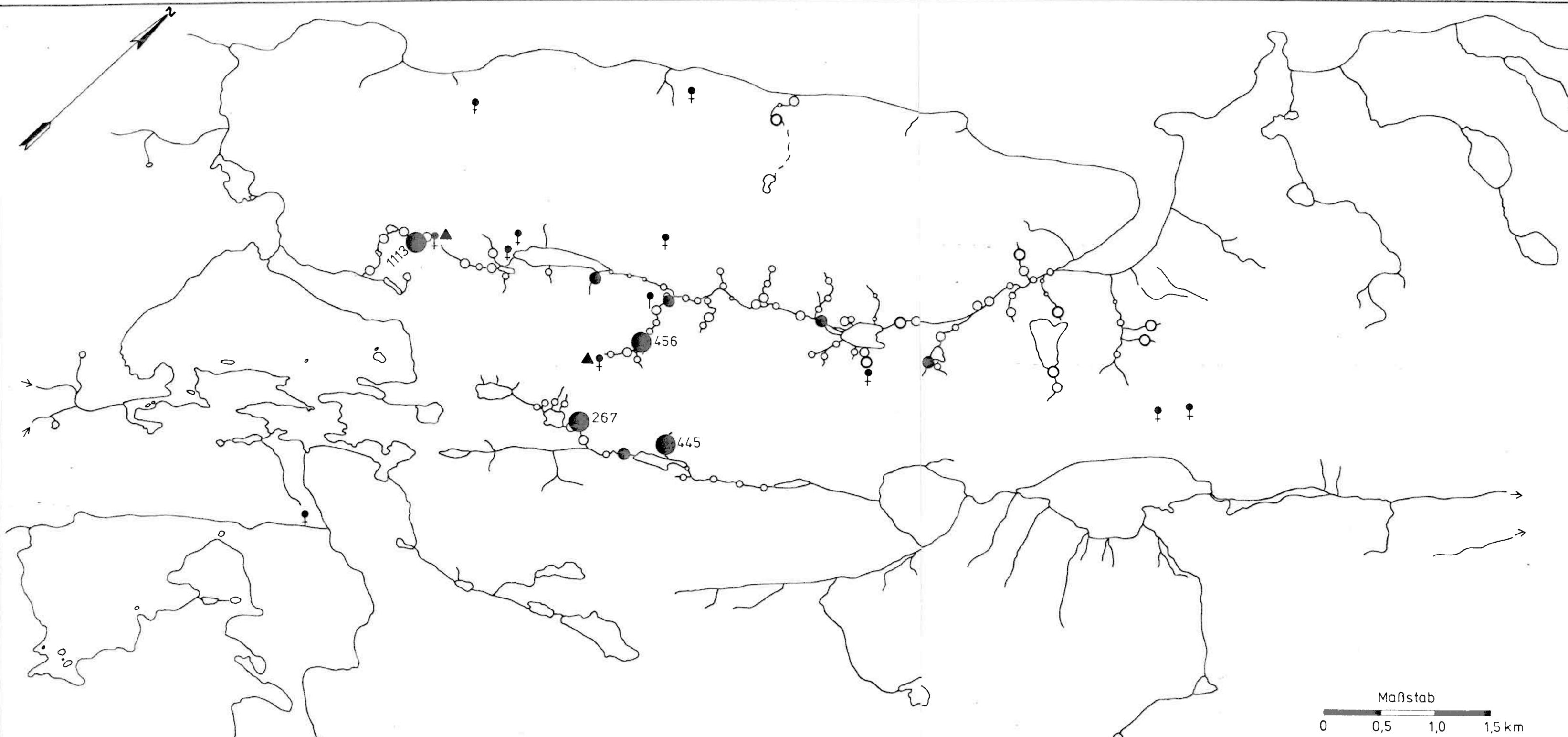
Uran  
in Bachwässern  
Porsa-Neverfjord



# $\text{HCO}_3^-$

- <21
- ◊ 21 - 35
- 36 - 41
- 42 - 52
- 53 - 58
- >58 ppm  $\text{HCO}_3^-$

Hydrogenkarbonat  
in Bachwässern  
Porsa - Neverfjord



# Rn

- <27
- 27-56
- 57-109
- 110-162
- 163-240
- >240 Imp./3Min.

Maßstab  
0 0,5 1,0 1,5 km

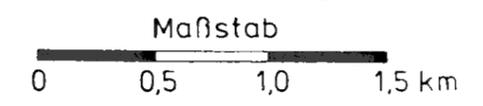
Radon  
in Bachwässern  
Porsa - Neverfjord

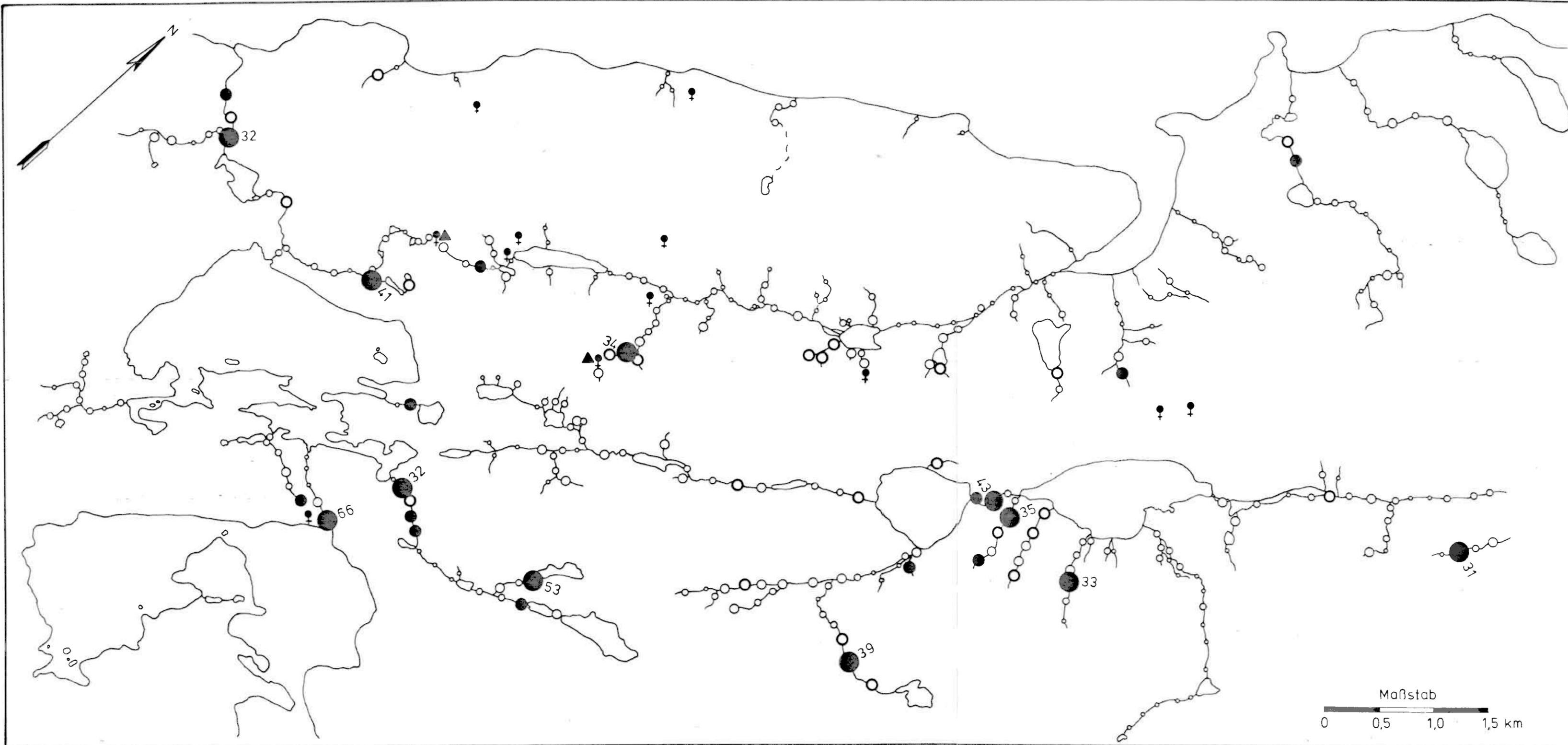


# Cu

- <122
- 122-224
- 225-313
- 314-631
- 632-955
- > 955 ppm Cu

HNO<sub>3</sub>-lösl. Kupfer  
 Bachsedimente  
 Porsa-Neverfjord

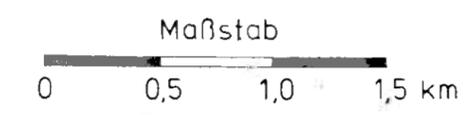


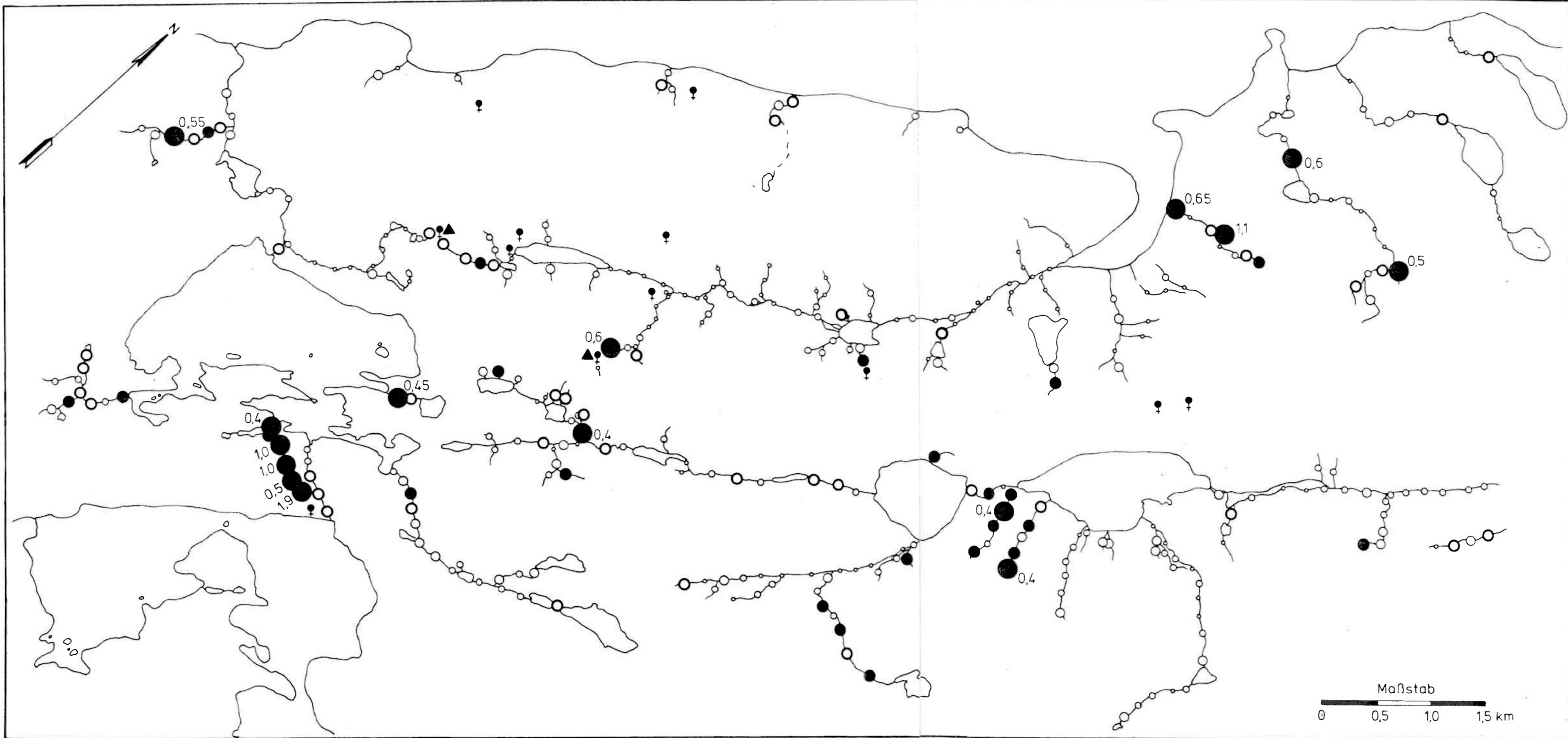


# Pb

- <7
- 7-12
- 13-18
- 19-23
- 24-29
- > 29 ppm Pb

HNO<sub>3</sub>-lösl. Blei  
 Bachsedimente  
 Porsa - Neverfjord

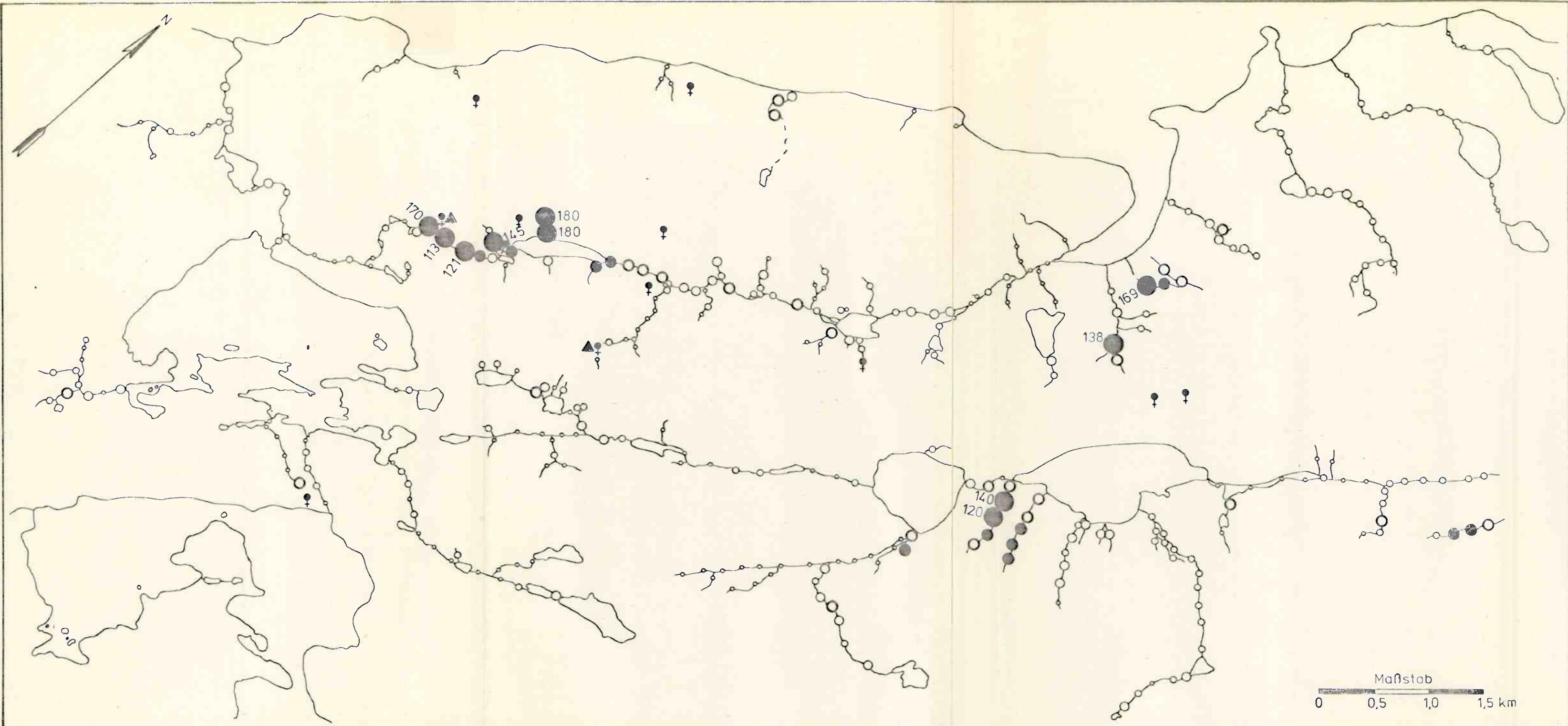




# Ag

- <0,05
- 0,05-0,10
- 0,11-0,19
- 0,20-0,27
- 0,28-0,38
- >0,38 ppm Ag

HNO<sub>3</sub>-lösl. Silber  
 Bachsedimente  
 Porsa-Neverfjord

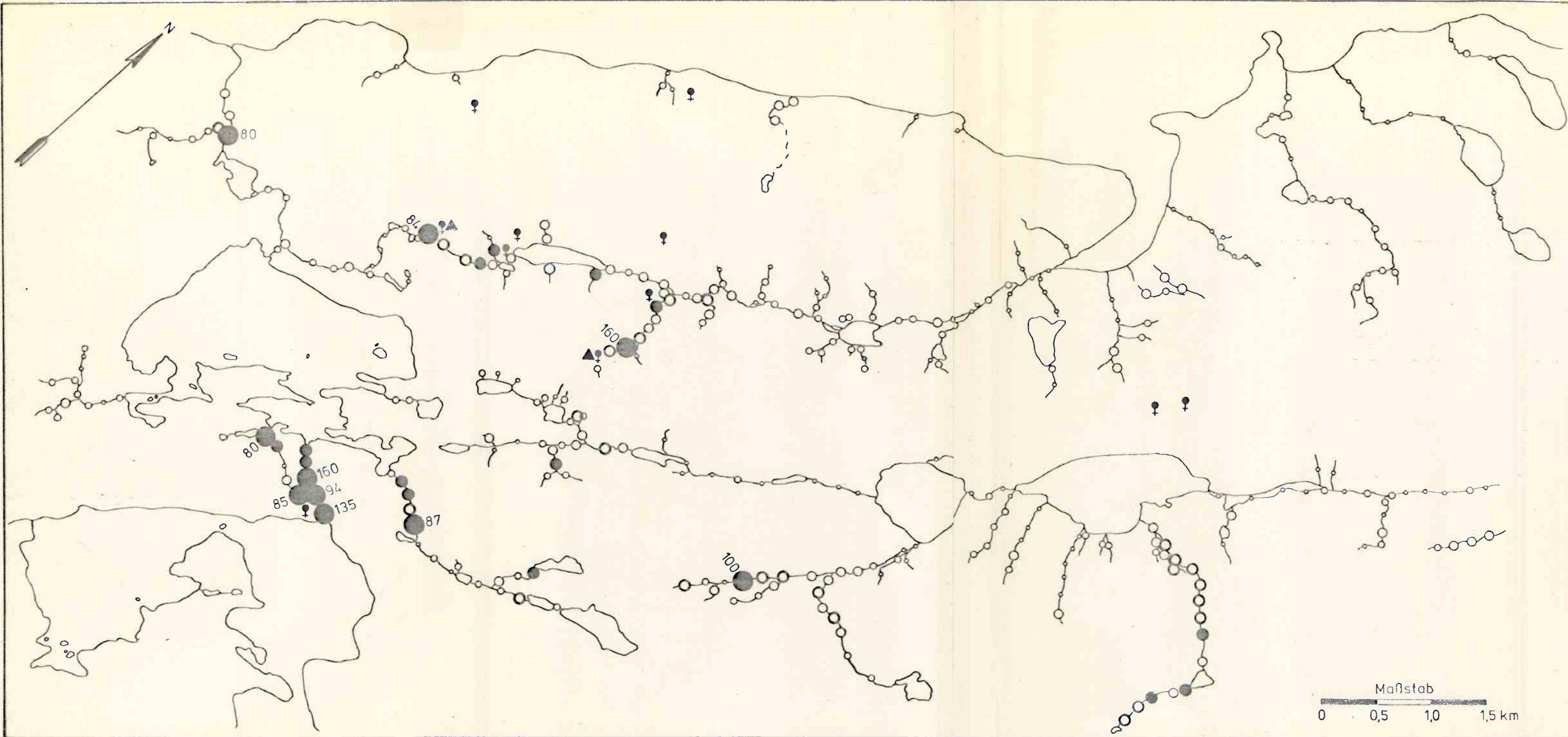


# Ni

- <37
- 37-53
- 54-67
- 68-93
- 94-110
- >110 ppm Ni

HNO<sub>3</sub>-lösl. Nickel  
 Bachsedimente  
 Porsa-Neverfjord

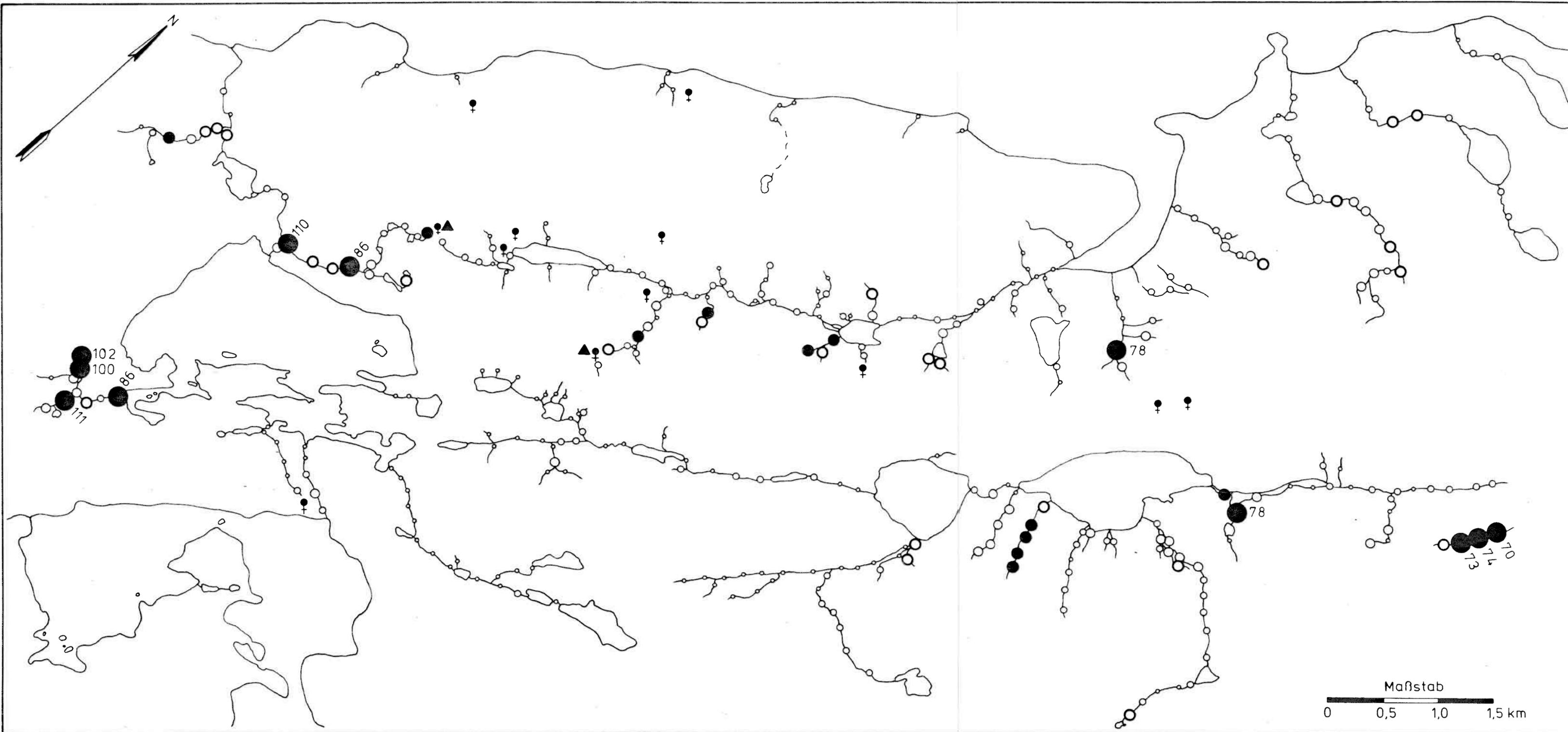
Maßstab  
 0 0,5 1,0 1,5 km



# Co

- <18
- 18-27
- 28-36
- 37-48
- 49-75
- >75 ppm Co

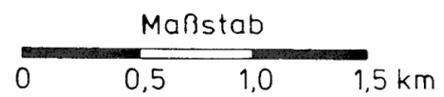
HNO<sub>3</sub>-lösl. Kobalt  
 Bachsedimente  
 Porsa-Neverfjord

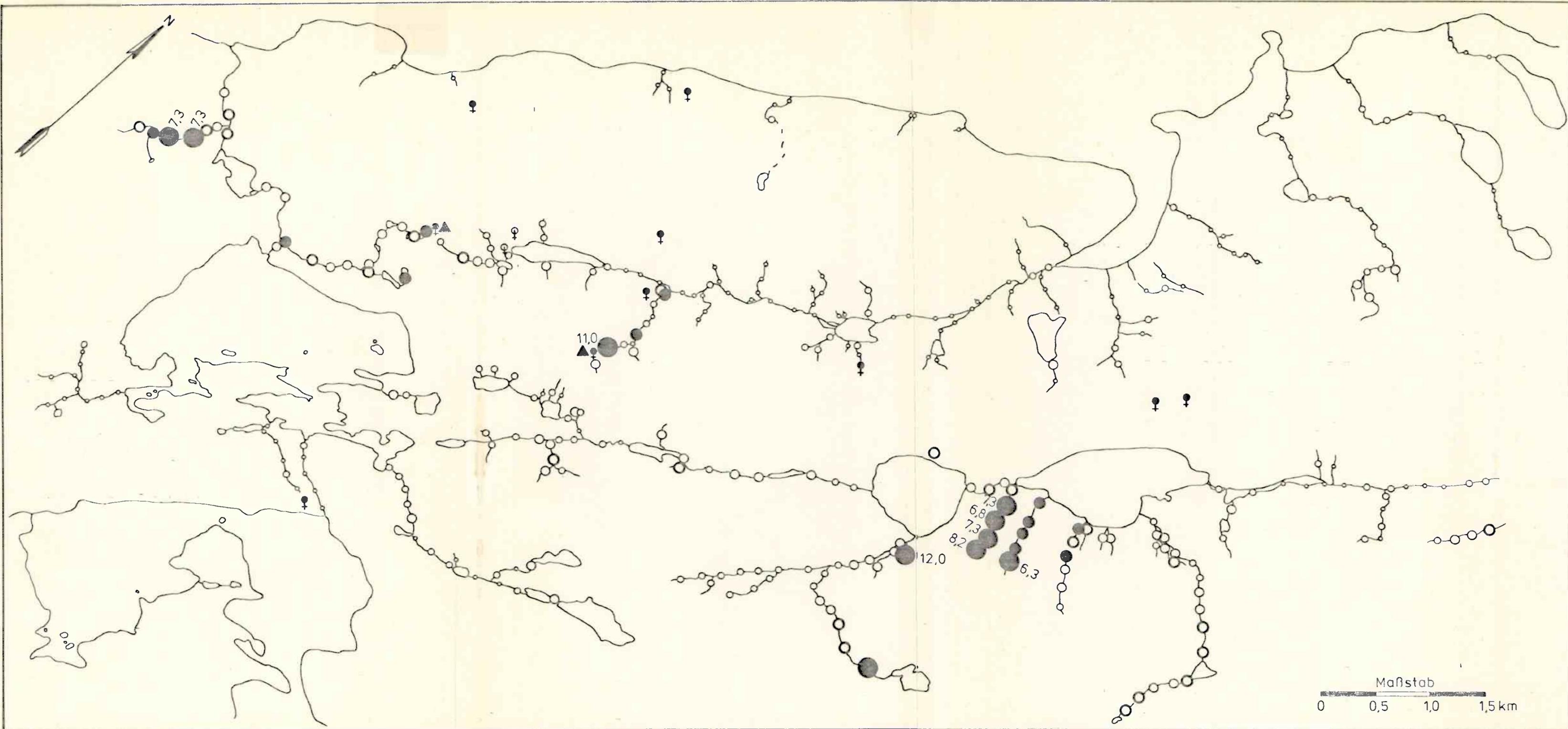


# As

- <19
- 19-35
- 36-46
- 47-58
- 59-68
- >68 ppm As

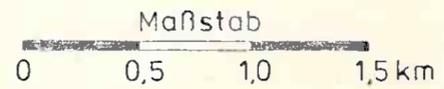
HNO<sub>3</sub>-lösl. Arsen  
 Bachsedimente  
 Porsa-Neverfjord



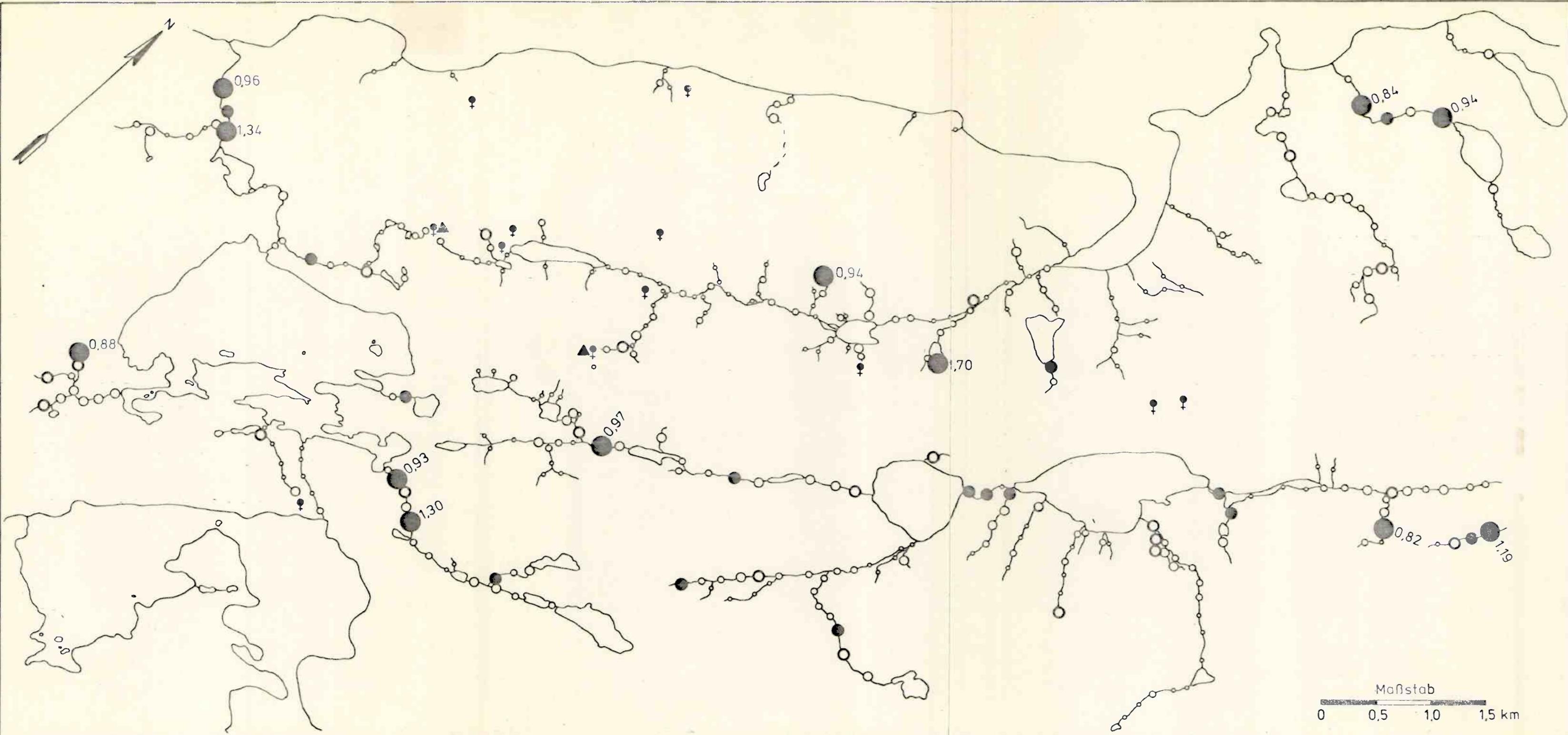


# Mo

- < 0,54
- 0,54 - 1,48
- 1,49 - 2,60
- 2,61 - 3,50
- 3,51 - 6,25
- > 6,25 ppm Mo



HNO<sub>3</sub>-lösl. Molybdän  
 Bachsedimente  
 Porsa-Neverfjord

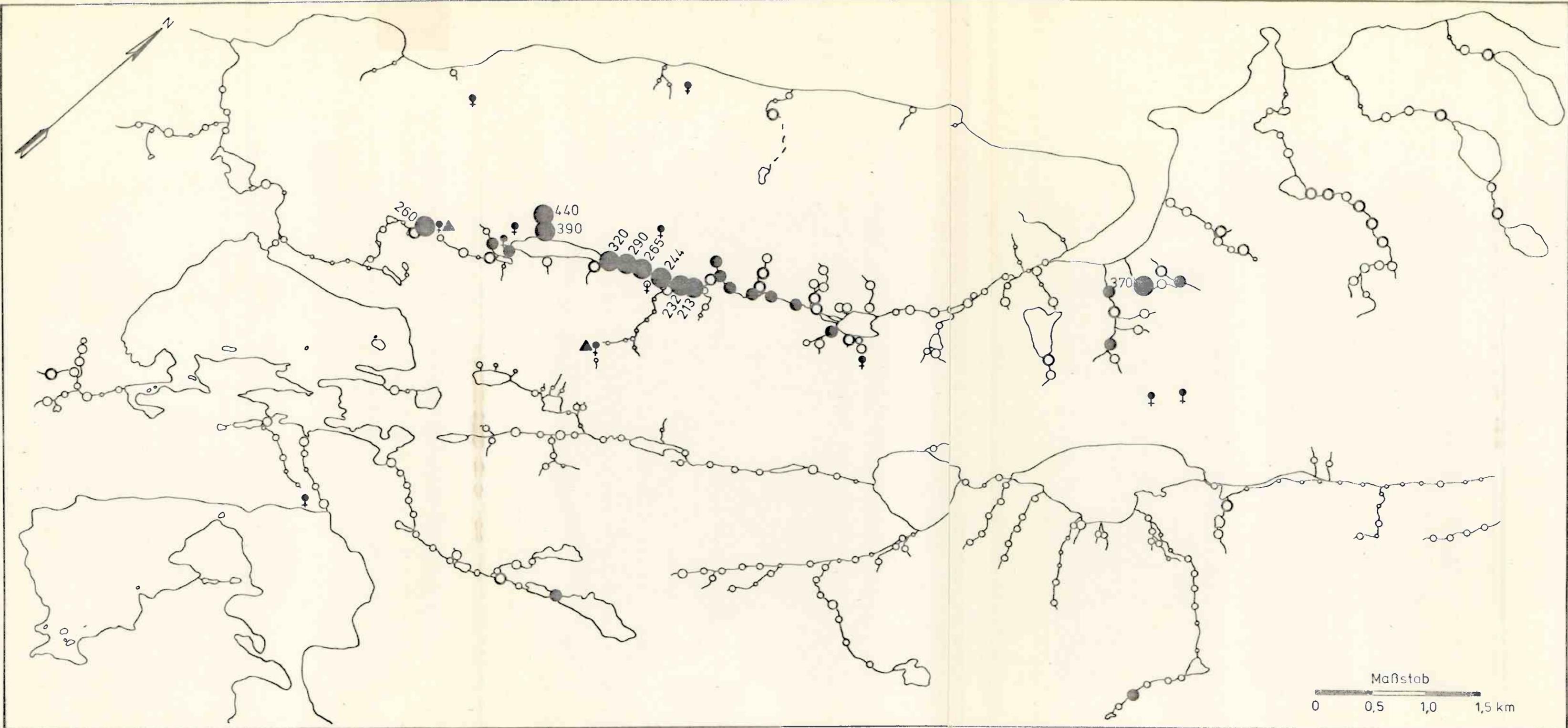


# Cd

- < 0,20
- 0,20 - 0,35
- 0,36 - 0,49
- 0,50 - 0,63
- 0,64 - 0,81
- > 0,81 ppm Cd

Maßstab  
 0 0.5 1.0 1.5 km

HNO<sub>3</sub> - lösl. Cadmium  
 Bachsedimente  
 Porsa-Neversfjord

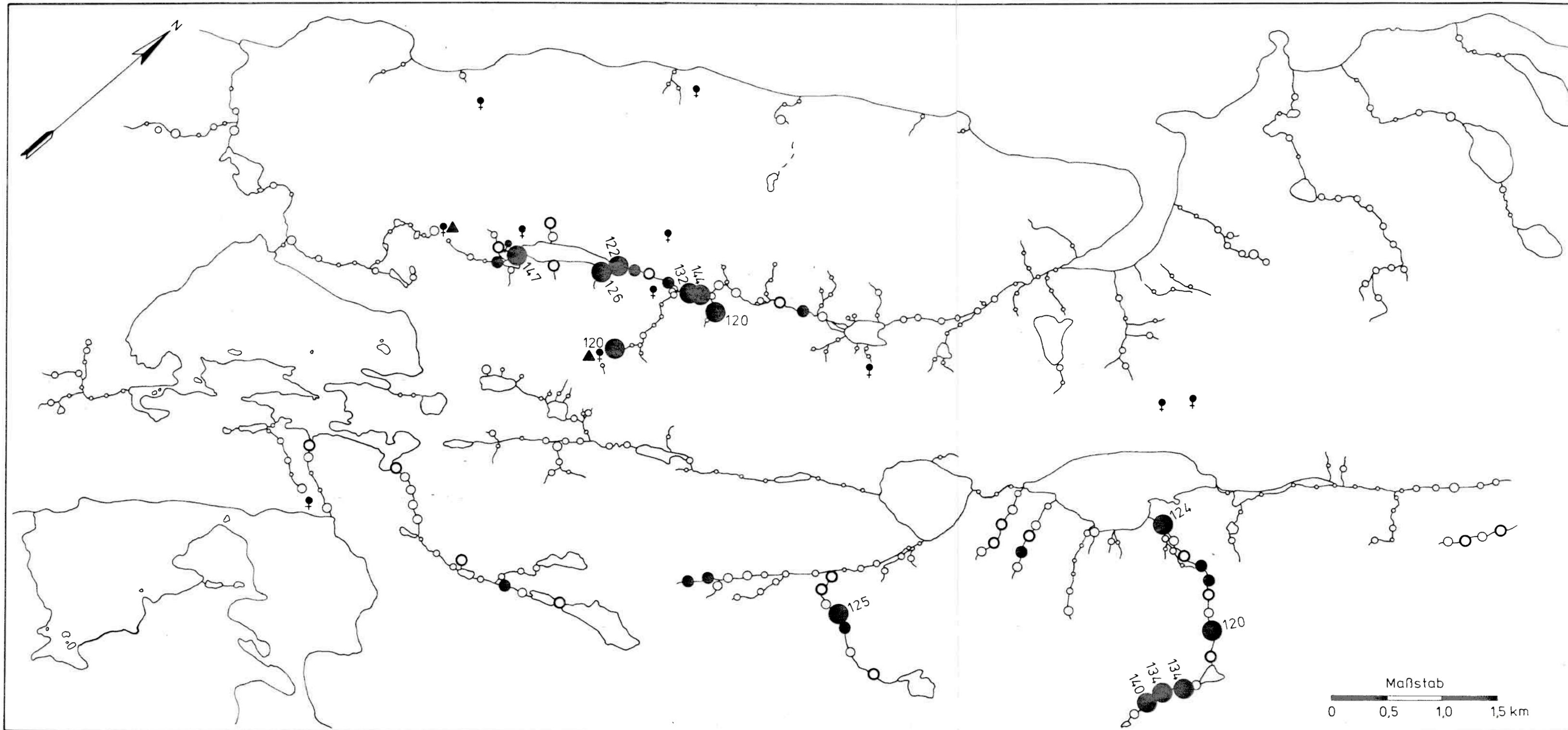


# Cr

- <24
- 24-44
- 45-70
- 71-110
- 111-195
- >195 ppm Cr

Maßstab  
 0 0,5 1,0 1,5 km

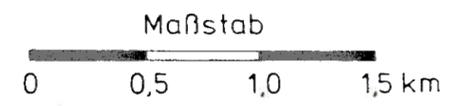
HNO<sub>3</sub>-lösl. Chrom  
 Bachsedimente  
 Porsa-Neverfjord

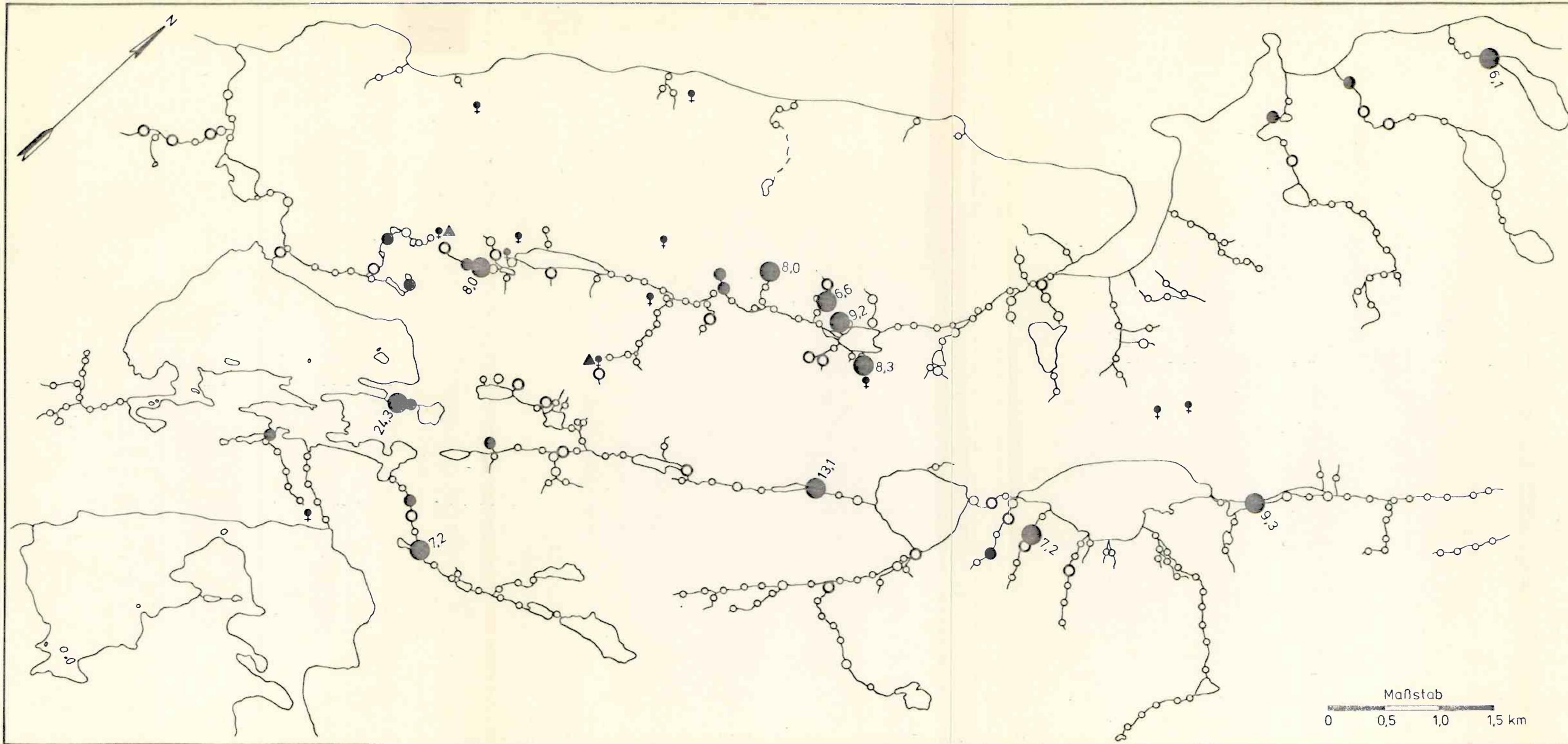


**V**

- <41
- 41-68
- 69-90
- 91-105
- 106-117
- >117 ppm V

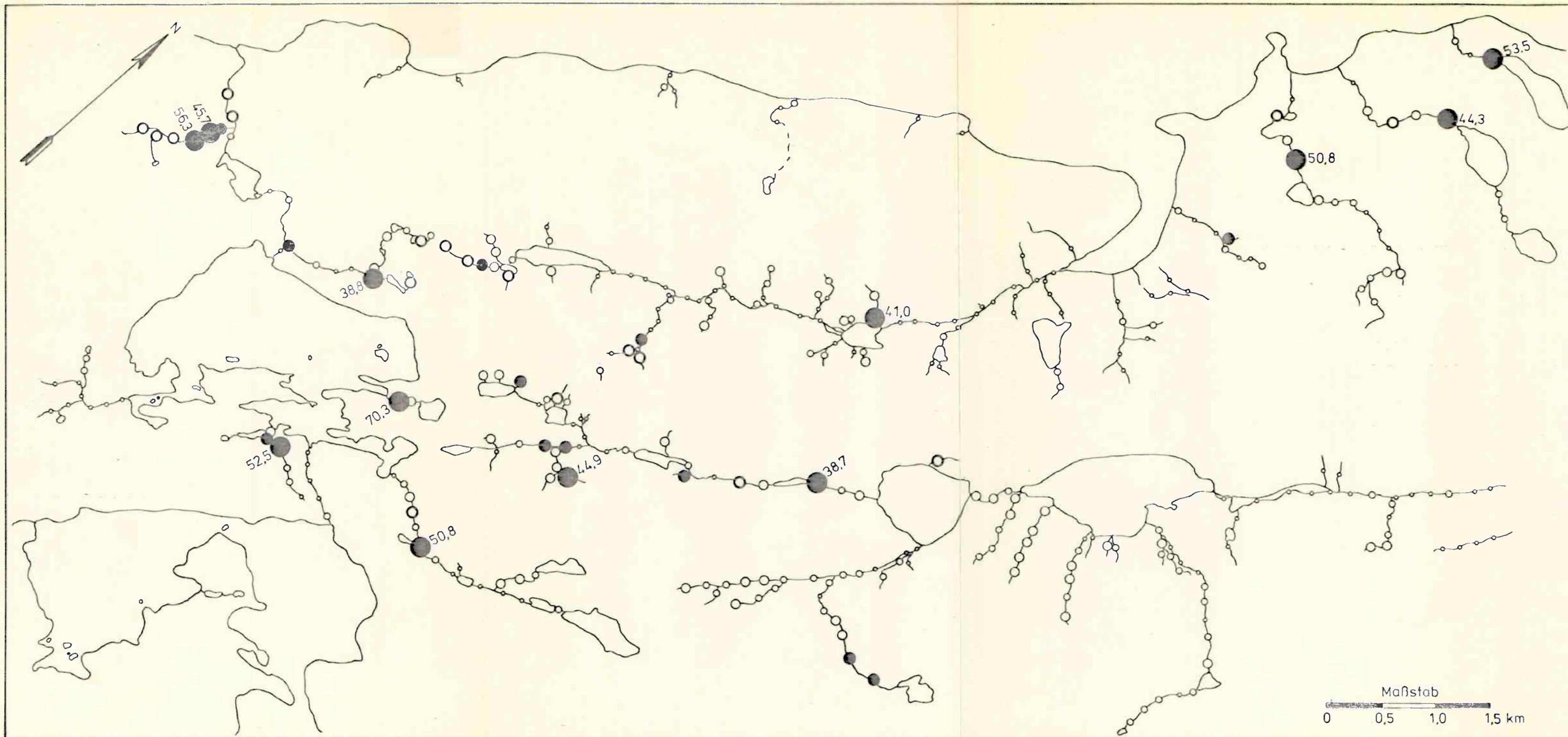
HNO<sub>3</sub>-lösl. Vanadium  
 Bachsedimente  
 Porsa-Neverfjord





- U
- < 0,5
  - 0,5-1,5
  - 1,6-3,4
  - 3,5-6,0
  - > 6,0 ppm U

HNO<sub>3</sub>-lösl. Uran  
 Bachsedimente  
 Porsa-Neverfjord

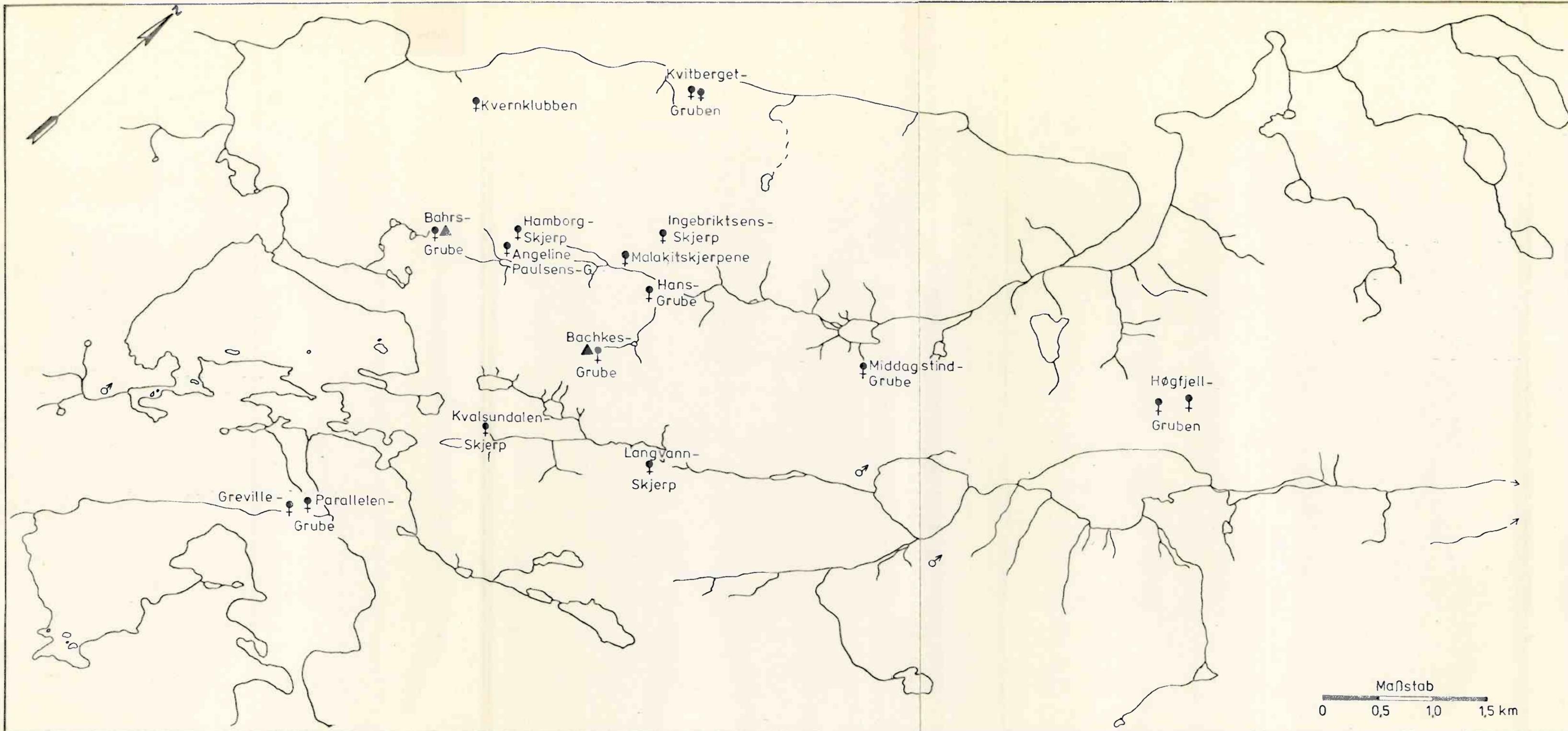


# Lol

- < 7,8
- 7,8 - 14,1
- 14,2 - 22,4
- 22,5 - 30,9
- 31,0 - 38,1
- > 38,1 % Lol

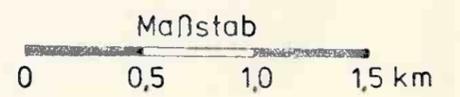
Maßstab  
 0 0,5 1,0 1,5 km

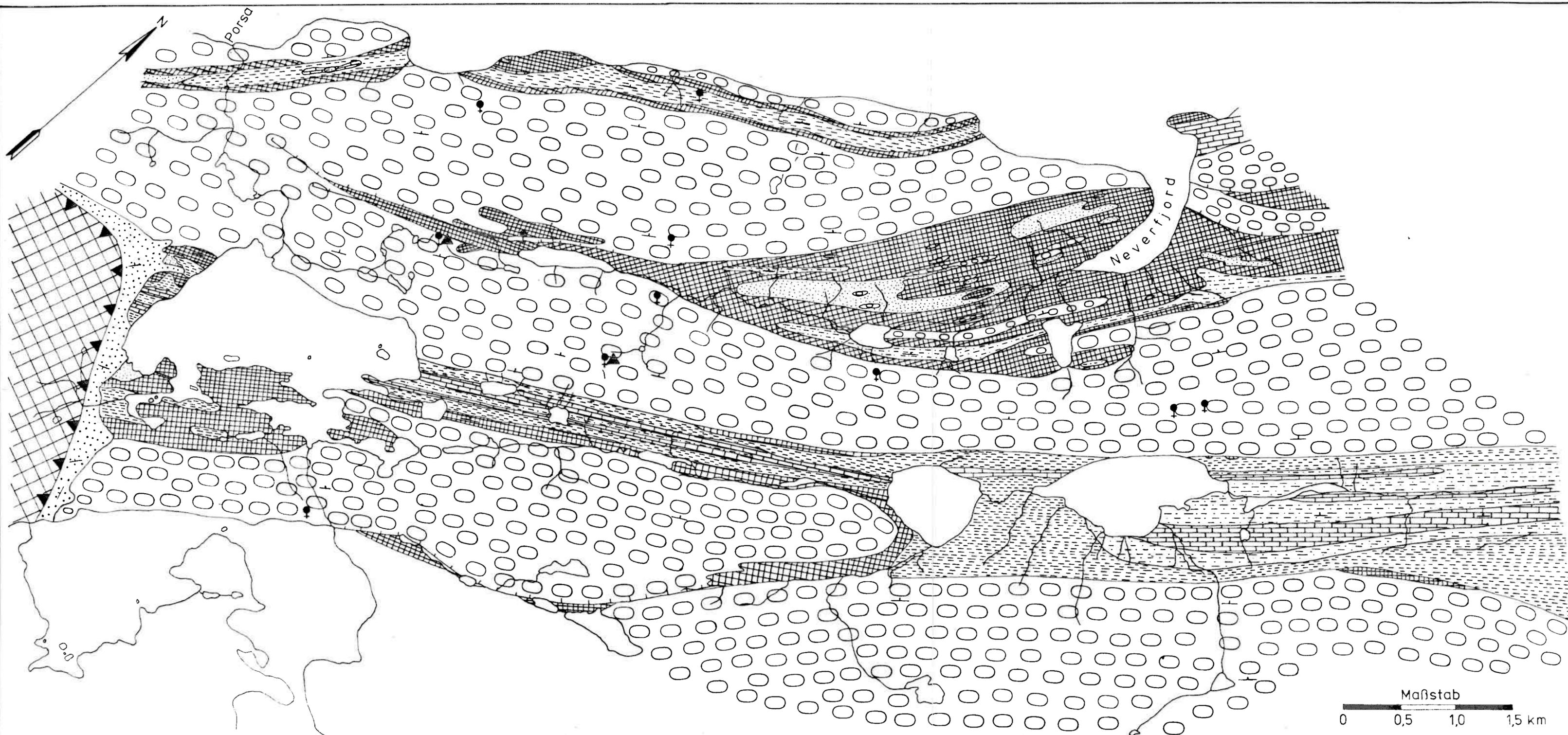
Glühverlust (500°)  
 Bachsedimente  
 Porsa-Neversfjord



- ♀ sulfidische Cu-Vererzung
- ▲ sulfidische Cu-Vererzung mit U
- ♂ Mineralisation in Schwarzschiefern

Karte über  
Erzvorkommen  
Porsa-Nevefjord





-  Kaledonische Decke
-  Überschiebung EOKAMBIUM
-  Lomvann-Form. Sand-, Silt-, Tonstein
- PRÄKAMBIUM**
-  Langorvann-Form. Tuff, Asche mit Sand- und Kalkstein
-  Kvalsund-Form. Schwarzschiefer
-  Vargsund-Form. Dolomite
-  Hogfjell-Form.
-  Pillow-Lava
-  Kalkstein
-  Schichtung
-  sulfid. Cu-Vererzung
-  Uranmineralisation

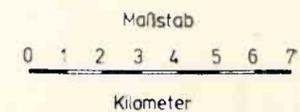
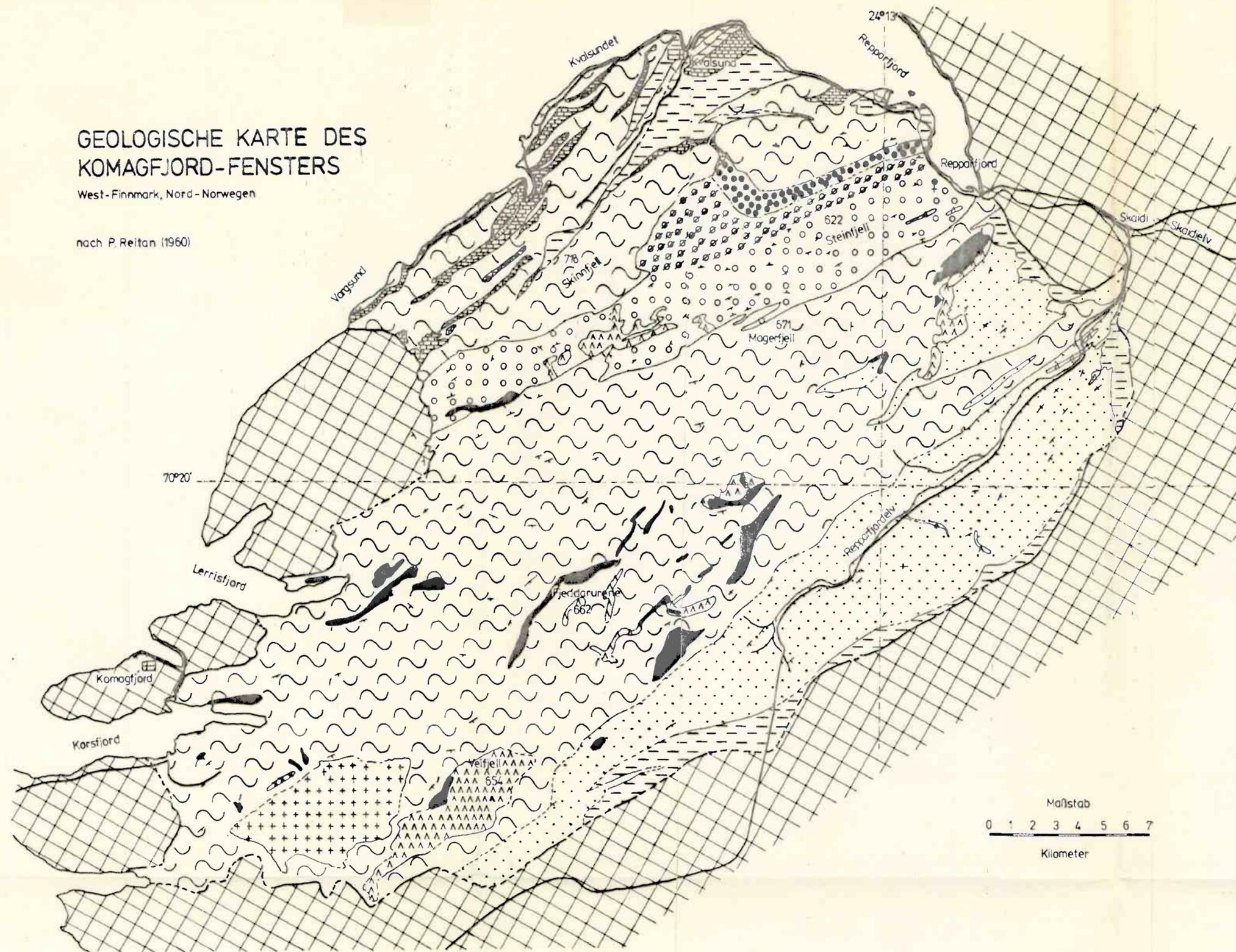
Maßstab  
 0 0,5 1,0 1,5 km

Geologische Karte  
 nach T. Pharaoh (1976)  
 Porsa - Neverfjord

# GEOLOGISCHE KARTE DES KOMAGFJORD-FENSTERS

West-Finnmark, Nord-Norwegen

nach P. Reitan (1960)



## Legende

- |                                  |  |                                       |                                       |
|----------------------------------|--|---------------------------------------|---------------------------------------|
|                                  | Kaledoniden  |                                       |                                       |
| Gesteine des Komagfjord-Fensters |  |                                       |                                       |
|                                  | Trondhjemitische Intrusiva   | Präkambrium<br>(wahrsch. Präkambrium) |                                       |
|                                  | Gabbroide Intrusiva  |                                       |                                       |
|                                  | Ultrabasische Intrusiva  |                                       |                                       |
|                                  | Fiskevann-Formation  | Saitvann-Gruppe                       |                                       |
|                                  | Djupelv-Formation  |                                       |                                       |
|                                  | Steinfjell-Formation   |                                       |                                       |
|                                  | Kvalsund-Formation (NW)<br>Lomvann-Formation (E)                     | Präkambrium                           |                                       |
|                                  | Doggeelv-Formation   |                                       |                                       |
|                                  | Holmvann-Formation<br>(mit karbonat. Gesteinen<br>und Quarzit-Lagen) |                                       |                                       |
| Signaturen                       |  |                                       |                                       |
| 671                              | Höhe über NN   |                                       | Gesteinskontakte                      |
|                                  | Fluß   |                                       | Grenze des Fensters                   |
|                                  | Kirche   |                                       | Streichen u. Eintallen                |
|                                  | Straße   |                                       | Streichen u. senkrechtes<br>Eintallen |
|                                  | Grube  |                                       |                                       |

