

Geochemische Untersuchungen zur Erzprospektion  
im südöstlichen Teil des Komagfjord - Fensters,  
Finnmark, Norwegen

Diplomarbeit im Fach Mineralogie

Johannes Gutenberg - Universität, Mainz

Michael Krause

Mainz 1977

Hiermit versichere ich, daß die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe und nur unter Anwendung der angegebenen Literatur von mir verfaßt wurde.

Mainz, 1977

Michael Krause

Herrn Dr. G. W. Dreyer danke ich vielmals für die Themenstellung und Betreuung der vorliegenden Diplomarbeit. Ebenfalls großen Dank schulde ich der Firma Follidal - Verk A/S, Oslo, insbesondere Herrn Chefgeologen Dr. J. G. Heim, Vestby, ohne deren großzügiger finanzieller Unterstützung die Arbeit nicht in diesem Rahmen hätte durchgeführt werden können.

### ZUSAMMENFASSUNG

Die im Sommer 1977 im Bereich des Komagfjord - Fensters, Vest - Finnmark, Nord - Norwegen, durchgeführten Untersuchungen hatten zum Ziel, Erzvorkommen der Elemente Cu, Zn, Pb, Co und Ni mit Hilfe von geochemischen Tests im Gelände zu lokalisieren. Außerdem sollte die Möglichkeit des Einsatzes von Ionenaustauschern zur hydrogeochemischen Prospektion auf Schwermetalle geprüft werden.

Die Gesteine des Komagfjord - Fensters sind präkambrische Sedimente und Eruptiva (fragliche Kareliden), die von einer kaledonischen Überschiebungsdecke randlich überlagert werden.

Zur geochemischen Prospektion wurden Bachsediment- und Bachwasserproben in einem Abstand von ca. 200 m genommen.

Um die Mobilität der untersuchten Elemente zu prüfen, wurden Eh- und pH-Wert-Messungen durchgeführt. Die Meßergebnisse zeigen, daß die Transportfähigkeit von Ionen der untersuchten Schwermetalle gegeben ist und daß Minerale dieser Elemente von den Bachwässern oxidiert werden können.

Die in den Bachsedimenten und Bachwässern vorliegenden Schwermetalle wurden colorimetrisch mit Dithizon als Reagenz direkt im Gelände bestimmt. Dabei wurde der kalt extrahierbare Anteil an Gesamtschwermetallen (Cu, Zn, Pb, Co, Ni) bestimmt. Bei den Bachsedimenten wurde noch zusätzlich der kalt extrahierbare Anteil an Kupfer analysiert.

An den gleichen Probenpunkten, an denen die Bachwasser- und Bachsedimentproben analysiert wurden, wurden auch die Ionenaustauscherproben genommen. Ein Kationenaustauscher wurde den Bachwässern für eine Dauer von 3 Wochen ausgesetzt. Während dieser Zeit reicherten sich die Schwermetalle an. Anschließend wurden die Ionenaustauscher mittels Röntgenfluoreszenz analysiert.

Durch die Ergebnisse der Dithizon-Analysen und der Ionenaustauscher-Analysen konnten einige Anomalienfelder festgestellt werden. Diese Anomalienfelder wurden, wie anschließendes systematisches Suchen zeigte, meist durch Kupfer-Mineralisationen verursacht. Bei diesen Ver-

erzungen handelt es sich meist um mineralisierte Quarzgänge. Außerdem konnten auch Anomalienfelder für Zn, Pb und Ni beobachtet werden, aber mit keinen Vererzungen unmittelbar korreliert werden, sondern sind vielmehr auf erhöhte Background-Werte im Gestein zurückzuführen.

Die Dithizon-Analyseergebnisse der Bachsedimente und die der Ionenaustauscher lassen sich unmittelbar miteinander korrelieren. Die Anomalien sind bei den Ionenaustauschern, wegen der kürzeren Dispersionszüge der Elemente im Wasser, schärfer ausgeprägt. Der Einsatz von Ionenaustauschern hat sich als sehr sinnvoll erwiesen. Die Hauptvorteile dieser Methode, gegenüber herkömmlichen hydrogeochemischen Untersuchungen, sind, daß Fehler durch Verdünnungsschwankungen ausgeschaltet werden, indem die Probennahme über einen größeren Zeitraum integriert wird, Wassertransportprobleme und Kontamination nicht vorhanden sind, in einer Probe mehrere Elemente gleichzeitig erfaßt werden und die Konzentrationen der angereicherten Schwermetalle so hoch sind, daß mit der Röntgenfluoreszenzanalyse bequem gemessen werden kann. Außerdem ist die Methode billig, da größere Mengen von Ionenaustauscher-Proben im Voraus preiswert hergestellt werden können und kein geschultes Personal erforderlich ist.

Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Einleitung	
1.1 Problemstellung.....	7
1.2 Topographie.....	7
1.3 Geologie.....	9
2. Probennahme.....	20
3. Angewandte Arbeitsmethoden	
3.1 Eh- und pH - Messungen.....	21
3.2 Colorimetrische Feld-Tests mit Dithizon.....	25
3.3 Geochemische Prospektion mit Ionenaustauschern.....	28
4. Analysen des Probenmaterials	
4.1 Dithizon-Analysen der Bachsedimente und -wasser.....	29
4.2 Analysen der Ionenaustauscher mit KRF.....	32
4.3 Analysen der Gesteinsproben mit AAS.....	32
5. Analysenergebnisse.....	34
6. Diskussion der Anomalien und Beschreibung der Vererzungen.....	48
7. Diskussion der Einsatzmöglichkeit von Ionenaus- tauschern zur hydrogeochemischen Prospektion.....	53
8. Geobotanik.....	55
9. Literaturverzeichnis.....	56
Anhang: Rechts- und Hochwerte.....	59
2 Fototafeln.....	61
Verzeichnis der Kartenbeilagen.....	63
13 Kartenbeilagen	

## 1. Einleitung

### 1.1 Problemstellung

Bei den im Komagifjord - Fenster, Vest - Finnmark, Nord-Norwegen, durchgeführten Untersuchungen, sollten mit geochemischen Methoden Bereiche geochemischer Anomalien, verursacht durch Ergorkommen der Elemente Cu, Zn, Pb, Co und Ni, lokalisiert werden. Zu diesem Zweck wurden 372 Bachsediment- und -wasserproben entnommen, die die sekundären Dispersionshöfe der genannten Elemente erfassen sollten. Die Mobilität der untersuchten Elemente in den Bachwässern sollte durch Eh- und pH-Messungen festgestellt werden. Zur Schwermetallgehaltsbestimmung wurde eine Direktanalyse im Feld auf colorimetrischer Basis mit Dithizon als Reagenz verwandt, die es ermöglicht, Analysenergebnisse und Geländebeobachtungen an Ort und Stelle zu korrelieren, Anomalien sofort zu erkennen und zu verfolgen.

Außerdem sollte die Möglichkeit des Einsatzes von Ionenaustauschern geprüft werden. Die Anwendbarkeit dieser Methode sollte durch Vergleich mit den Dithizon-Analysenergebnissen festgestellt werden.

### 1.2 Topographie

Das Arbeitsgebiet liegt in Nord-Norwegen, in der Vest - Finnmark, dem nördlichsten Bundesland (fylke) Norwegens. (Siehe Abb. 1) Es liegt zwischen  $70^{\circ}25'$  und  $70^{\circ}18'$  nördlicher Breite und zwischen  $24^{\circ}15'$  und  $24^{\circ}33'$  östlicher Länge und bedeckt den zentralen Teil der topographischen Karte 1:50 000 AMS Serie M 711 Blatt Repparfjord 1935 I. Das eine Fläche von ca.  $90 \text{ km}^2$  umfassende Arbeitsgebiet ist zwischen Alta und Hammerfest gelegen. Die nächste Ortschaft ist Skaidi, die von der nordöstlichsten Grenze des Arbeitsgebietes ca. 2 km entfernt liegt. Durch das Gebiet verläuft entlang des Flusses Repparfjordelv der Riksvei 6 auf einer Länge von ca. 15 km. Der Fluß ist zur Zeit an zwei Stellen durch Hängebrücken zu überqueren. Abgesehen von einigen Wochenendhäusern, entlang des Repparfjordelvs, ist das Gebiet unbesiedelt.

Die Baumgrenze liegt bei etwa 200 - 250 m über NN, die höchste

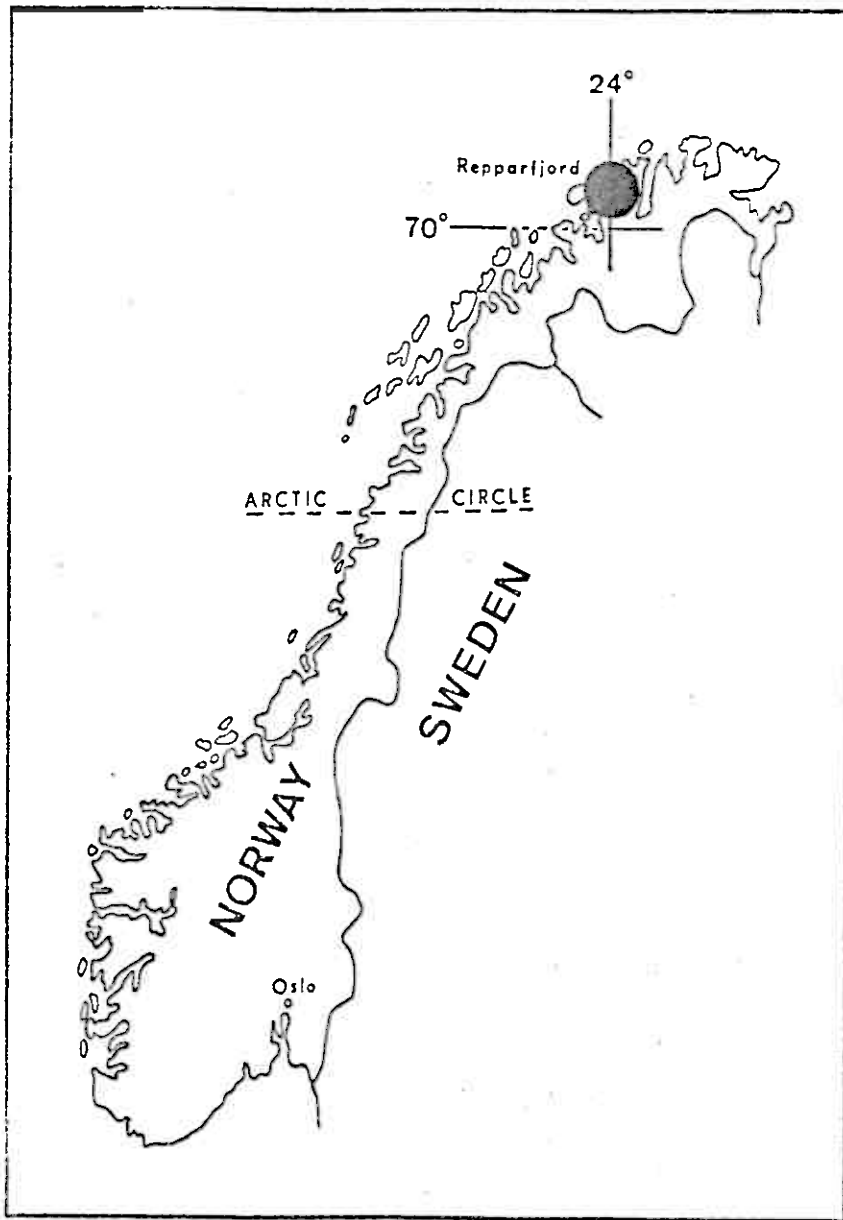


Abb. 1 Topographische Lage des Arbeitsgebietes

Erhebung bei 523 m über NN bei einem Niveau von +60 - 80 m des Repparfjordelv-Flußbettes. Die Drainage des Gebietes ist, wegen der senkrecht zu den geologischen Einheiten ausgeprägten Kluftsysteme, gut entwickelt. Die Sonne ist im Sommer für eine Dauer von ca. 2 Monaten über dem Horizont. Die Temperaturen liegen in den Monaten Juli und August meist zwischen  $5^{\circ}\text{C}$  und  $30^{\circ}\text{C}$ . Der jährliche Durchschnitt liegt bei  $+1,5^{\circ}\text{C}$ . Die Niederschlags-



durchschnittsmenge beträgt 676 mm, im Juli 35 - 60 mm. Feldarbeiten sind wegen der starken Schneebedeckung meist nur von Mitte Juni bis Ende September möglich. Die Vegetation ist subarktisch und, außer in den Flußältern, sehr spärlich.

Fotos aus dem Arbeitsgebiet sind im Anhang zu finden.

### 1.3 Geologie

#### Geologie des Komagfjord-Fensters

##### Zusammenfassung

Das Komagfjord-Fenster liegt in Nord-Norwegen, in der Vest - Finnmark. Das Fenster wurde bisher von zwei Bearbeitern ausführlich geologisch untersucht: P. REITAN (1963) und T. PHARAOH (1976).

Das Komagfjord-Fenster besteht aus präkambrischen Gesteinen, die leicht metamorph überprägt sind und von einer kaledonischen Überschiebungsdecke 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 werden von einer Serie von Grünsteinen und Grünschiefern gebildet, in die karbonatische Gesteine und Quarzite linsenförmig eingeschaltet sind. Alle anderen im Fenster vorkommenden Gesteinsschichten konnten altersmäßig bis heute nicht in Beziehung gesetzt werden, da radiometrische Altersbestimmungen wegen der Metamorphose äußerst schwierig sind. Im SE werden die Grünsteine von einer Quarzitserie überlagert, die wiederum von Tonschiefern und quarzitischen Tonschiefern überdeckt wird, welche PHARAOH (1976) als Eokambrium einstuft. Im NW werden die Grünsteine von leicht metamorphen feldspatreichen Quarziten und Konglomeraten überlagert, die zum Hangenden hin in größere Lagen übergehen. Im Norden des Fensters werden die Grünsteine bzw. Grünschiefer von einer Serie von Schwarzschiefern überlagert. 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 karelischen Deformation zuzuordnen.

Alle Gesteine des Fensters sind metamorph überprägt. Die Metamorphose liegt im Bereich der niedrig gradigen Metamorphose nach WINKLER (1974), bzw. der Grünschiefer-Fazies.

Innerhalb des Komagfjord-Fensters treten zwei Typen von Kupfererzmineralisation auf: Innerhalb der Grünsteine und Grünschiefer treten die Kupfererze in Quarzgängen oder auch in Quarz-Karbonatgängen auf. Innerhalb eines schwach metamorphen feldspatreichen Quarzits kommen schichtgebundene Kupfervererzungen vor. Der letztere Erztyp ist bei sehr geringen Gehalten und großer Verbreitung von wirtschaftlicher Bedeutung. Seit 1972 steht dieses Vorkommen am Ulveryggen durch die Firma Folldal-Verk A/S in Abbau.

### 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 1:50 000 Hammerfest, Revsbotn, Seiland, Repparfjord, Vargsund, Talvik, Sennalandet und Stabbursdalen ein. Die nächste Stadt ist Hammerfest (ca. 50 km im NW). Die größte Ortschaft der Umgebung ist Kvalsund (etwa 80 Häuser). Ansonsten ist das Gebiet sehr dünn besiedelt. Von SW nach NE erstreckt sich der Riksvei 6 und von Skaidi nach Kvalsund der Riksvei 56, von dem eine Nebenstraße an der Nordküste bis Porsa weiterverläuft. Eine andere kleine Nebenstraße führt einige Kilometer ins Kvalsunddalen.

Bisherige Bearbeiter der Geologie des Komagfjord-Fensters waren DAHL (1891), REUSCH (1891), VOGT (1916), HOLTEDAHN (1918), STRAND (1952) und VOKES (1957). Am ausführlichsten wurde das Komagfjord-Fenster von REITAN (1963) und PHARAOH (1976) geologisch bearbeitet, aus deren Ergebnissen die meisten der folgenden Angaben stammen.

### Stratigraphie

Beide 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 Forssilien sehr erschwert ist. Da die Gesteine metamorph überprägt wurden, sind radiometrische Altersbestimmungen ebenfalls sehr schwierig. Die Altersbeziehungen der Gesteine untereinander können somit nur auf Grund ihrer Lagerungsverhältnisse vermutet werden.

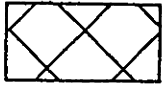
REITAN untergliedert die Gesteine des Komagfjord-Fensters in zwei Gruppen: Die Repparfjord-Gruppe, bestehend aus Vulkaniten und relativ feinklastischen Sedimenten und die Saltvann-Gruppe, die aus mittel- bis grobklastischen Sedimenten zusammengesetzt ist. Die Ältesten Gesteine der Repparfjord-Gruppe bilden die Grünsteine und Grünschiefer der Holmvann-Formation. REITAN ist der Auffassung, daß dieses die Ältesten Gesteine des Fensters sind. Darüber folgt die Doggeelv-Formation, eine Serie aus vorwiegend reinen Quarziten. Diese wird überlagert von der Lomvann-Formation, eine Serie von Tonschiefern bzw. quarzitischen Tonschiefern und von der Kvalsund-Formation, eine Serie von Schwarzschiefern. Die beiden letztgenannten Gesteinsformationen sind nach REITAN's Meinung gleichaltrig. Die Saltvann-Gruppe wird in drei Formationen untergliedert. Die unterste Formation der Saltvann-Gruppe ist die Steinfjell-Formation, ein leicht metamorpher feldspatreicher Quarzit. Darüber folgt die Djupelv-Formation, bestehend aus einem Grünstein-Konglomerat und die Fiskevann-Formation, die aus einem Konglomerat mit roten Vulkanit-Geröllern 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

Tab. 1 Lithostratigraphische Tabelle

nach P. Reitan (1963)

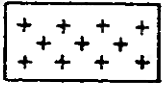
nach T. Pharaoh (1975)



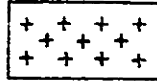
Kaledoniden  
(Quarzite u. Glimmerschiefer)



Kaledoniden  
(Quarzite u. Glimmerschiefer)



Trondhjemitische Intrusiva



Granitische Intrusiva



Gabbroide Intrusiva



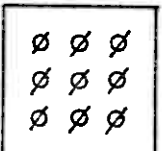
Gabbroide Intrusiva



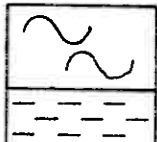
Ultrabasische Intrusiva



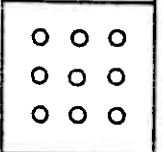
Ultrabasische Intrusiva



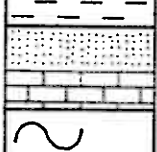
Fiskevann-Formation  
(Konglomerat mit roten  
Vulkanit-Geröllen)



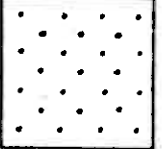
Langorvann-Formation  
(Tuff, Lava, Tonschiefer,  
Kalkst., Sandst., Kongl.)



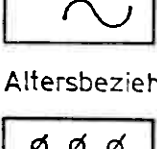
Djupelv-Formation  
(Grünstein-Konglomerat)



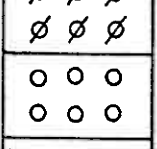
Kvalsund-Formation  
(Schwarzschiefer)



Steinfjell-Formation  
(grobkörniger feldspat-  
reicher Sandstein mit  
Konglomerat-Linsen)

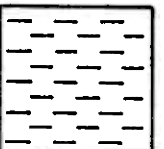


Vargsund-Formation  
(Quarzit, Dolomit)

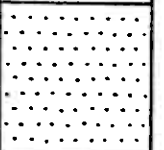


Hogfjell-Formation  
(Agglomerat, Pillow-Lava,  
Tuff, Kalkstein)

Altersbeziehung unsicher



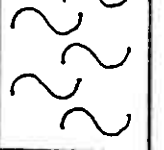
Kvalsund-Formation  
(Schwarzschiefer)



Lomvann-Formation  
(Sandstein, Tonschiefer,  
Quarzit)



Doggeelv-Formation  
(Quarzit)



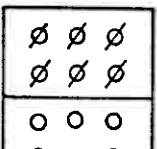
Holmvann-Formation  
(Serie von Grünsteinen  
und Grünschiefern mit  
eingelagerten Karbonat-  
Gesteinen u. Quarziten)

Saltvann-Gruppe

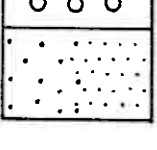
Präkambrium

Repparfjord-Gruppe

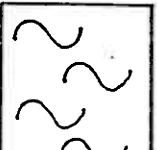
Altersbeziehung unsicher



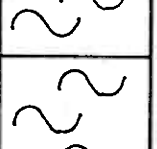
Fiskevann-Formation  
(Konglomerat mit roten  
Vulkanit-Geröllen)



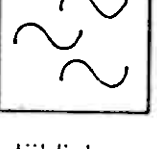
Djupelv-Formation  
(Grünstein-Konglomerat)



Steinfjell- bzw. Doggeelv-Fm.  
(feldspatreicher Sandstein +  
Konglomerate bzw. Quarzite)



Angelvann-Formation  
(Pillow-Laven, Tuffe z.T.  
mit eingelagerten Kalk-  
steinen u. Dolomiten)



Markfjell-Formation  
(Grünstein-Konglomerat)

Porsvann-Gruppe

Saltvann-Gruppe

Magerfjell-Gruppe

nicht maßstäblich

nicht den Status einer Formation, sondern untergliedert sie in zwei Gruppen, die er wiederum in mehrere Formationen unterteilt, da diese Gesteinseinheiten durch eingelagerte karbonatische Gesteine und Quarzite recht diffizil aufgebaut sind. Außerdem betont PHARAOH, daß eine zeitliche Korrelation zwischen Kvalsund- und Lomvann-Formation nicht möglich sei; er stuft die Lomvann-Formation als Eokambrium ein.

PHARAOH vertritt die Auffassung, daß man die unterste Formation der Saltvann-Gruppe, die Steinfjell-Formation, mit REITAN's Doggeelv-Formation korrelieren könnte. 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 vorliegenden Gesteinseinheiten, erfolgt nach der Nomenklatur REITAN's.

#### REPPARFJORD-GRUPPE

In dieser Einheit sind eine Formation, bestehend aus Grünsteinen und Grünschiefern, eine Serie von Quarziten, eine Serie von Tonschiefern bzw. quarzitischen 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, wobei es sich meist um Basalte mit Pillow-Strukturen handelt. Häufig sind in diese Laven basaltische Agglomerate, Konglomerate und vulkanoklastische Sedimente, meist Tuffe und Aschen eingelagert. Darüber folgt ein Konglomerat mit Milchquarz-Geröllen 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 Dolomit-Bänke eingelagert sind. Im oberen Bereich wird der Do-

lomit 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, Hornstein 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 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 wird zwischen 200 und 500 m geschätzt.

#### SALTVANN-GRUPPE

Bei der Saltvann-Gruppe ist es möglich, die Altersbeziehungen unterhalb der beinhalteten drei Formationen herzustellen, obwohl die Altersbeziehungen zwischen Saltvann- und Repparfjord-Gruppe nicht bekannt sind, da sie auf Grund fehlender Forssilien und Schwierigkeiten bei radiometrischen Altersbestimmungen, bedingt durch die Metamorphose, nicht festzulegen sind. Saltvann- und Repparfjord-Gruppe werden durch Falten voneinander getrennt. Die Saltvann-Gruppe besteht aus einer Formation von grobkörnigen Arkosen, 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 grobkörnigen Arkosen, unreinen Quarziten und Konglomeraten. Kreuzschichtung läßt sich häufig beobachten. PHARAOH vermutet, daß die unreinen Quarzite und Arkosen ein Äquivalent mit 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 da 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 der 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 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, bestehen 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 Synklinen. 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 senkrecht dazu stehende Schieferung zu beobachten, die auf Scherungsvorgänge zurückzuführen ist.

Die Metamorphose ist vermutlich ebenfalls karelischen und kaledonischen Alters. Sie liegt im Bereich der niedrig gradigen 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 zuerst von VOKES (1957) detailliert untersucht 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. Diese Art der Vorkommen wird zur Zeit nicht wirtschaftlich genutzt, stand aber bis zu Beginn dieses Jahrhunderts in Abbau. Die Mineralisierungen sind wahrscheinlich während der kaledonischen Faltung entstanden, wobei das Kupfer aus den Grünsteinen mobilisiert worden ist.

Der Typ der sogenannten "Kupfer-Paragenese" kommt an Ulveryggen, westlich von Repparfjord, vor. Dieses Vorkommen steht seit 1972, überwiegend im Tagebau, durch die Firma Folldal-Verk A/S in Abbau. Dabei handelt es sich um ein Vorkommen, bei dem die Erzminerale fein verteilt in einem schwach metamorphen, feldspatreichen Quarzit der Steinfjell-Formation vorliegen. Außerdem sind auch einige kleinere Quarzgänge vererzt. Haupterzminerale sind:

Bornit, Kupferglanz, Neodigenit, Kupferkies, Pyrit, Magnetit, Hämatit und sekundäre Kupferminerale.

Die Genese dieses Vorkommens ist bislang ungeklärt. Es gibt jedoch mehrere Möglichkeiten der Entstehung: Eine Vermutung ist, daß das Vorkommen sedimentären Ursprungs ist. Eine andere Möglichkeit ist, daß die Lagerstätte epigenetisch entstanden ist, d.h., daß das Kupfer von Grundwässern, die kalt oder temperiert sein konnten, mitgebracht wurde und ausgefällt wurde. Das Vorkommen wäre dann eine Lagerstätte vom Typ "roll-front". Eine dritte Möglichkeit wäre, daß das Vorkommen hydrothermal entstanden ist. Das Kupfer könnte während der Metamorphose aus den Grünsteinen mobilisiert worden sein.

Vor Beginn des Bergbaus wurden die Vorräte auf ca. 10 000 000 t Erz mit einem Durchschnittsgehalt von 0,5 % Cu geschätzt.

#### Abriss der Geologie des Arbeitsgebietes

Das Arbeitsgebiet liegt im südöstlichen Teil des Komagfjorden-Fensters und beinhaltet im äußersten Südosten z.T. die kaledonische Überschiebungsdecke. Die Gesteinseinheiten sind im größten Teil des Gebietes gut aufgeschlossen, nur südöstlich des Repparfjordelvs sind größere Gebiete mit Moränenschutt bedeckt.

Die Gesteinseinheiten lassen sich nach REITAN der Repparfjord-Gruppe zuordnen. Es treten Gesteine der Holmvann-, Doggeelv- und Lomvann-Formation auf. Die Doggeelv-Formation wird von einigen gabbroiden Intrusiva durchschlagen.

Die Holmvann-Formation besteht innerhalb des Arbeitsgebietes aus Grünsteinen, in die östlich des Brattelvs einige geringmächtige, feldspatreiche Sandsteine eingeschaltet sind. Die Doggeelv-Formation setzt sich vorwiegend aus reinen Quarziten zusammen, in denen sich Sedimentstrukturen wie Kreuz- und Schrägschichtung, sowie Rippelmarken häufig beobachten lassen. Innerhalb dieser Formation wurden auch Horizonte mit ungerundeten Milchquarzgeröllen beobachtet, die z.T. einen Durch-

messer von mehr als 10 cm besitzen. Dieses deutet auf einen kurzen Transportweg oder auch eine schnelle Sedimentation hin. Die Lomvann-Formation besteht aus Tonschiefern, in die bräunlich verwitternde Kalksteinbänke und Quarzite eingelagert sind. Das läßt auf eine Sedimentation im Flachwasserbereich schließen. Die kaledonische Überschiebungsdecke besteht innerhalb des Arbeitsgebietes aus Quarziten.

Die Gesteine streichen NE-SW, entsprechend dem Verlauf der Hauptfaltenachsen. Entlang des Doggeelv läßt sich innerhalb der Quarzite eine Serie von Antiklinen und Synklinen beobachten. Die Grünsteine der Holmvann-Formation bilden eine Antiform, die von NE nach SW durch das gesamte Arbeitsgebiet verläuft.

Innerhalb des Arbeitsgebietes kommen verschiedene Kupfer-Mineralisationen vor. Die meisten Vererzungen sind an jüngere Quarzgänge und -linsen innerhalb der Grünstein-Formation gebunden. An Erzmineralen wurden beobachtet: Kupferkies, Pyrit und Malachit. Eine andere Mineralisation läßt sich in einem an der Staatsstraße 6 aufgeschlossenen Metagabbro beobachten. Die Kupferminerale sind fein im Gestein verteilt. Der Meta-Gabbro hat an dieser Stelle eine Mächtigkeit von ca. 30 m. Die Hauptmineralisierungszone ist jedoch nur wenige Meter breit. Die häufigsten Erzminerale sind hier: Kupferkies, Pyrit, Magnetkies, Malachit. Innerhalb der Tonschiefer der Lomvann-Formation ließen sich lokal Anreicherungen von Magnetkies und Pyrit beobachten.

## 2. Probennahme

Innerhalb des Arbeitsgebietes wurden alle fließenden Gewässer, die in den Repparfjordelv münden, beprobt. Der Probenabstand entlang der Bäche betrug im allgemeinen 200 Meter. Die verschiedenen Untersuchungen (Bachsedimente, Bachwässer und Ionenaustauscher) wurden an den gleichen Stellen vorgenommen. Die Lage der Probenpunkte und Bäche ist in Karte 1 dargestellt.

Bei den Bachsedimenten wurde die Kornfraktion  $>63 < 200 \mu$  genommen. Diese Fraktion wurde deshalb gewählt, weil die in diesem Bereich liegenden Korngrößen, sowohl die feinen als auch die größeren Körner in der Probe, etwa die gleichen Konzentrationen an Schwermetallen besitzen (siehe auch HAWKES und WEBB, 1962). Die Bachsedimentproben wurden mit zwei übereinander setzbaren Polyamidsieben (Siebgewebe "Monodur" von der Firma Vereinigte Seidenwebereien, Krefeld) der Maschenweiten 200 und  $63 \mu$  naß abgesiebt. Bei der Probennahme der Bachsedimente wurde darauf geachtet, daß nur das anorganische, bewegte Sediment, falls möglich aus der Bachmitte entnommen wurde, um eventuelle Fehler an Stellen mit Schwermineralansammlungen zu vermeiden.

Außerdem wurden von den innerhalb des Arbeitsgebietes vorkommenden Gesteinsformationen der Repparfjord-Gruppe Gesteinsproben entnommen, um die Durchschnittsgehalte der Schwermetalle und somit die Background-Verteilung der untersuchten Elemente in diesen Gesteinen zu ermitteln. Diese Proben wurden alle aus nicht vererzten Bereichen genommen.

### 3. Angewandte Arbeitsmethoden

#### 3.1 pH- und Eh-Messungen

In sämtlichen beprobten Bächen wurden pH- und Eh-Messungen durchgeführt. Dazu wurde ein Taschen Eh-pH-Meter der Firma SCHOTT & GEN., Mainz, Typ CG 717 verwandt. Für die pH-Messungen wurde die Glas-Calomel-Elektrode Typ N 62 und für die Eh-Messungen die Platin-Calomel-Elektrode Typ Pt 62 benutzt. Bei den Eh-Messungen wurde die Spannung zwischen Platin- und Calomelelektrode gemessen und 256 mV für die Spannung Calomel-Normalwasserstoffelektrode für Wassertemperaturen von 5° C addiert, da sich der Eh-Wert (Redoxpotential) immer auf die Normalwasserstoffelektrode bezieht.

Die Messungen hatten den Zweck, Aussagen über die Mobilität der untersuchten Elemente machen zu können, sowie Aufschlüsse über die Oxidationskraft der Bachwässer, also deren Fähigkeit Erzminerale zu zersetzen, zu erhalten und somit festzustellen, ob die Bachwässer in der Lage sind, die betreffenden Metallionen zu transportieren. Die Meßergebnisse sind aus Tab. 2 zu ersehen, die Lage der Bäche aus Karte 1.

Bach Nr.	pH	Eh (mV)	Bach Nr.	pH	Eh (mV)	Bach Nr.	pH	Eh (mV)
I	6,3	+520	XIV	6,0	+490	XXIV	6,9	+530
II	6,3	+530	XV	6,8	+480	XXV	6,5	+500
III	5,7	+560	XVI	6,9	+460	XXVIII	6,6	+480
IV	6,8	+480	XVII	6,9	+470	XXIX	7,0	+510
V	6,7	+500	XVIII	7,1	+460	XXX	6,4	+500
VI	6,5	+500	XIX	7,0	+460	XXXI	6,6	+510
VII	6,7	+490	XX	6,7	+460	XXXII	6,3	+520
VIII	6,6	+520	XXI	7,0	+460	XXXIII	6,6	+470
IX	6,6	+510	XXII	7,0	+480	XXXIV	6,7	+460
X	6,8	+490	XXIII	6,9	+450	XXXV	6,4	+480

Tab. 2 Ergebnisse der Eh- und pH-Wert-Messungen

# pH-Wert-Messungen:

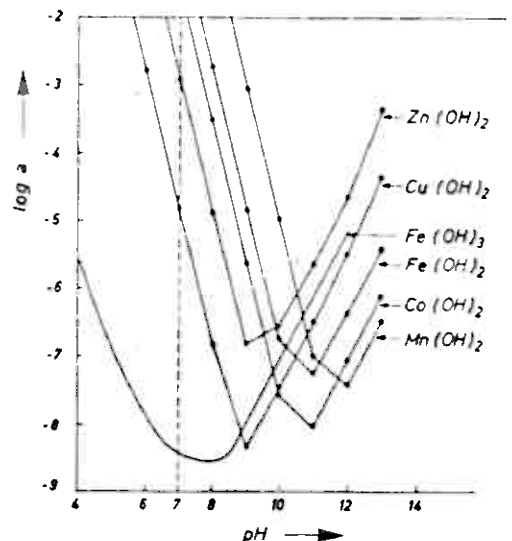
Der pH-Wert ist einer der wichtigsten Faktoren, die die Löslichkeit der Elemente in wässrigen Lösungen bestimmen. Als Näherung kann man annehmen, daß die Löslichkeit mit abnehmendem pH-Wert größer wird. Steigt der pH-Wert in Richtung alkalisch, erreichen die Elemente den Punkt ihrer Hydrolyse, das heißt, sie fallen als Hydroxide aus. Tab. 3 zeigt den pH-Wert der

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

Tab. 3 pH-Wert der Hydrolyse einiger Elemente in verdünnten Lösungen (von Britton, 1955, vol. 2, p. 102, aus Levinson: Intr. to explor. geochem.)

Hydrolyse einiger wichtiger Elemente, wobei die dieser Untersuchung bearbeiteten Elemente unterstrichen sind. Der pH-Wert der Hydrolyse hängt von der Konzentration der Metalle in der Lösung ab. Für diese Untersuchungen wurde der Fall in Tab. 3 für relativ niedrige Konzentrationen angenommen. Ebenso kann man sagen, daß die Löslichkeit der Hydroxide mit steigendem pH-Wert abnimmt (siehe Abb. 2).

Abb. 2 Maximale Aktivitäten (a) einiger Metallionen im Gleichgewicht mit ihren Hydroxiden in Abhängigkeit vom pH-Wert von FÜRSTNER/NÜLLER, 1974, aus SCHROLL: Geochemie



Wie aus Tab. 2, S. 21, ersehen werden kann, sind die Bachwässer innerhalb des Arbeitsgebietes leicht sauer bis neutral. Das bedeutet, daß die Elemente Zn, Co und Ni in Lösung gehen bzw. in Lösung vorliegen. Die Ionen  $\text{Cu}^{2+}$  und  $\text{Pb}^{2+}$  erreichen den Punkt ihrer Hydrolyse bei pH 5,3 bzw. 6,0. Die experimentellen Daten sind jedoch nur eine erste Näherung für die Löslichkeit der Elemente in wässrigen Lösungen im natürlichen Bereich. Faktoren wie die Bildung organischer und anorganischer Komplexe, sowie der Einfluß der Anwesenheit organischer und anorganischer Substanzen, verschieben den pH-Wert der Hydrolyse weiter in Richtung des alkalischen Bereichs und sind dabei nicht in Rechnung gezogen. In der Praxis kann davon ausgegangen werden, daß eine Löslichkeit sämtlicher untersuchter Elemente (Cu, Zn, Pb, Co, Ni) in den vorliegenden Bächen gegeben ist und die Bäche des Arbeitsgebietes somit hinsichtlich der Löslichkeit der Elemente zur hydrogeochemischen Prospektion geeignet sind.

#### Eh-Wert-Messungen:

Der Eh-Wert, auch Redoxpotential genannt, ist ein Maß für die Oxidations- bzw. Reduktionskraft eines wässrigen Systems und bestimmt in welcher Oxidationsstufe die Elemente in den Lösungen vorliegen. Der Eh-Wert wird in Volt gemessen. Der Eh-Wert bestimmt somit auch indirekt den Hydrolyse-Punkt und die Löslichkeit eines Elements.

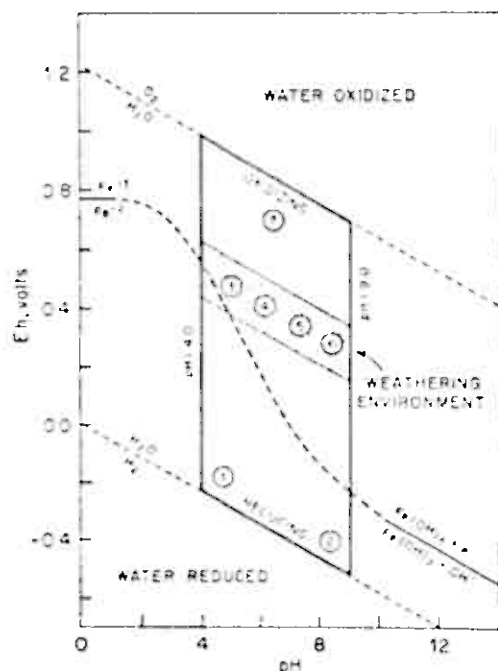


Abb. 3 Eh- pH-Diagramm in dem der Bereich der Verwitterung, in dem die meisten Verwitterungsvorgänge, die auf der Erdkruste ablaufen, dargestellt ist. Die Zahlen stehen für folgende Bereiche: (1) Sümpfe; (2) reduzierende marine Sedimente; (3) Grubenwässer; (4) Regenwasser; (5) Flußwasser; (6) Meerwasser; (7) oxidierende Pb-Sulfid-Lagerstätten; aus LEVINSON: Intr. to explor. geochem.

In Abb. 3, S. 23, ist der Bereich der Verwitterung in einem sogenannten Eh- pH-Diagramm dargestellt, in dem die meisten Verwitterungsvorgänge auf der Erdkruste ablaufen. In Abb. 4 sind

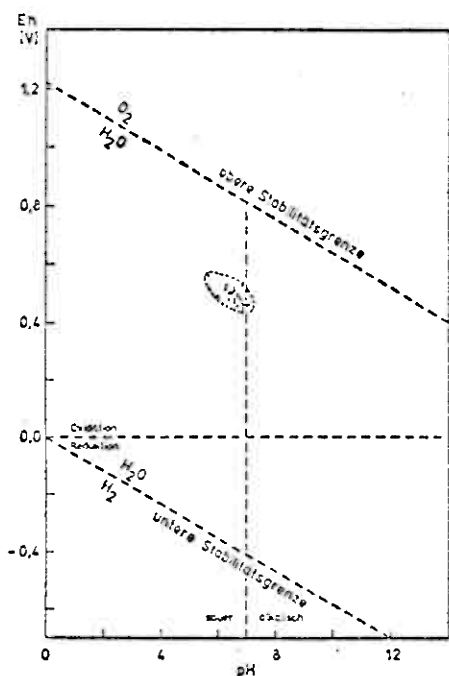


Abb. 4 Lage der beprobten Bäche im Eh- pH-Diagramm

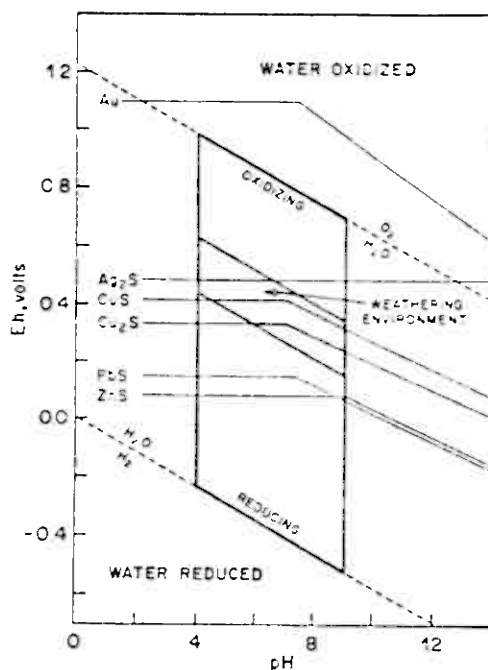


Abb. 5 Redoxpotentiale einiger Sulfide (Temp. 25°C, Druck 1 atm, Metallionenaktivität  $10^{-6}$  M) von HANSULD, 1967

zum Vergleich die beprobten Bäche in einem Eh- pH-Diagramm dargestellt, wobei die Punkte für die einzelnen Bäche stehen. Diese Lage innerhalb des Eh- pH-Diagramms ist typisch für Bachwasser generell.

In Abb. 5 ist ein Eh- pH-Diagramm dargestellt, das die Redoxpotentiale einiger Sulfide darstellt. Es zeigt, daß Zinkblende und Bleiglanz leicht oxidiert werden können, dagegen Kupferglanz, Covellin, Molybdänglanz und Argentit schwerer. Aus diesen Mineralen sind also Zink und Blei wesentlich leichter zu mobilisieren als Kupfer, Molybdän und Silber. Das Potential von ged. Gold zeigt, daß Gold in der Natur normalerweise nur sehr schwer oxidiert wird.



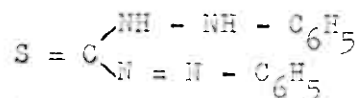
Die beprobten Bäche liegen im Bereich der Kupfer-Sulfide und darüber. Das bedeutet, daß Cu, Pb und Zn in den Bachwässern des Arbeitsgebietes mobilisiert werden können. Ist organische Substanz vorhanden, so wird die Mobilität gesteigert.

### 3.2 Colorimetrische Feld-Tests mit Dithizon

Dithizon ist ein organisch-chemisches Reagenz, das für die angewandte Geochemie, hauptsächlich bei der hydrogeochemischen Erzexploration, eine außerordentliche Bedeutung besitzt. Mit diesem Reagenz kann man schnell und auf einfache Weise Schwermetallgehaltsanalysen durchführen. Dank der einfachen Handhabung ist es möglich diese Analysen sofort im Gelände durchzuführen und so bei der geochemischen Exploration während der Feldbegehung geochemische Anomalien festzustellen. Die Dithizon-Methode wird heute insbesondere verwandt, um noch vor der geologischen Kartierung eine erste Übersichtsverteilung festzustellen und um hoffige von nicht hoffigen Gebieten auszusondern. Zur Feststellung von geochemischen Anomalien kann man im Gelände Böden, Bachsedimente und Oberflächenwässer analysieren und durch die mit der Dithizon-Methode gefundenen, über dem Background liegenden Schwermetallgehalte, kann man dann Gebiete geochemischer Anomalien festlegen.

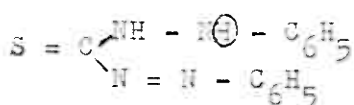
1878 wurde Dithizon von E.FISCHER synthetisiert, der herausfand, daß es mit Schwermetallen gefärbte Verbindungen eingeht. 1925 entdeckte sein Sohn H.FISCHER, daß Dithizon auch zur quantitativen Bestimmung von geringen Konzentrationen von Schwermetallen geeignet ist.

Dithizon ist eine Abkürzung für Diphenylthiocarbazon. Es handelt sich dabei um eine schwarze kristalline Substanz mit der chem. Formel:

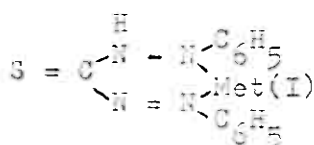


Dithizon ist eine sehr licht- und wärmeempfindliche Substanz, die weder in Wasser noch in verdünnten Mineralsäuren löslich ist, wohl aber in verdünntem Ammoniak und in verschiedenen

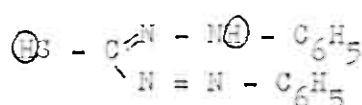
organischen Lösungsmitteln. Dithizon bildet mit den meisten Schwermetallen farbige Komplexe. Die Neigung zur Komplexbildung der einzelnen Metalle ist stark abhängig sowohl vom pH-Wert, als auch von der Elektronenkonfiguration des Metalls selbst. Bei der Komplexbildung kann es zu folgenden Reaktionen kommen:



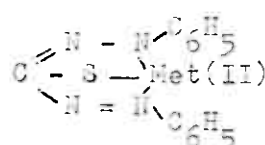
(I)



(III)



(II)



(IV)

Verschiedene reagierende Metalle ersetzen entweder den Imid-Wasserstoff (I) und bilden sogenannte Keto-Komplexe (III) oder ersetzen den Wasserstoff der Thiolverbindung (II) und bilden den Enol-Komplex (IV). Dithizon liegt in Lösung sowohl in Form (I) als auch in Form (II) vor. Dies ist vom Lösungsmittel abhängig. Komplexe (III) werden hauptsächlich im sauren, Komplexe (IV) meist im alkalischen Milieu gebildet.

Dithizon ist im allgemeinen ein Gruppenreagenz, das mehrere Elemente gleichzeitig erfaßt. Arbeitet man jedoch bei bestimmten pH-Werten, so läßt sich die Selektivität steigern. Der pH-Wert bezieht sich hier auf die wässrige Lösung mit der Probensubstanz, der durch eine hinzugegebene Pufferlösung eingestellt wird.

Bei der Schwermetallgehaltsbestimmung werden die Schwermetalle aus ihrer in der Natur vorliegenden Bindung (meist nur aus den sehr lockeren Bindungen) herausgelöst, um mit dem in der organischen Phase befindlichen Dithizon reagieren zu können. Diesen Vorgang nennt man Extraktion. Dabei gibt es zwei Möglichkeiten: entweder man extrahiert heiß oder kalt. Für Analysen im Gelände ist die kalte Extraktion zu bevorzugen und wurde auch bei den hier durchgeführten Untersuchungen angewandt. Man kann verschie-

dene Extraktionsmittel verwenden (z.B.  $H_2O$ , Na- bzw.  $NH_4$ -citrat,  $H_2O_2$ ,  $HCl$ ,  $HCl-HNO_3$ , EDTA u.a.). Bei den hier durchgeführten Untersuchungen wurde für die Bestimmung der gesamten Schwermetalle im Bachsediment eine Ammoniumcitrat-Lösung, für die Kupfer-Bestimmung im Bachsediment eine Ammoniumcitrat-HCl-Lösung und für die Gesamtschwermetallgehaltsbestimmung in den Bachwässern eine Azetat-Lösung verwandt.

Bei der kalten Extraktion wird nicht der gesamte Schwermetallgehalt herausgezogen, sondern nur ein Teil nach einer bestimmten Zeit und zwar meist nur der adsorptiv gebundene Anteil. Die Zeitdauer der Extraktion ist so gewählt, daß das Gleichgewicht zwischen extrahierten und nicht extrahierten Schwermetallen eingestellt ist. Außerdem wurde experimentell festgestellt, daß bei ähnlicher Matrix mit gleichen Schwermetallgehalten der Probensubstanz, ähnliche Anteile an Schwermetallen extrahiert werden. Daß nur ein Teil der Schwermetallgehalte aus den Proben bestimmt werden kann, ist für die geochemische Prospektion von untergeordnetem Belang. Man erhält dabei relative Werte, mit denen man Gebiete geochemischer Anomalien festlegen kann. Bei den hier durchgeführten Untersuchungen wurde der Anteil an kalt extrahierbarem Kupfer und der kalt extrahierbare Anteil des Gesamtschwermetallgehaltes (Cu, Zn, Pb, Co, Ni) bestimmt. Dithizon läßt sich aber auch zur Bestimmung einer Reihe anderer Schwermetalle benützen.

Abschließend seien die Vorteile der Dithizon-Methode noch einmal zusammengefaßt: Es ist möglich während der Messungen uninteressante Gebiete auszusondern, im Gegensatz zu Labormethoden, wo dies erst nach längerer Zeit möglich ist. Bei hohen Schwermetallgehalten während der Messungen ist gleichzeitig eine Geländebeobachtung möglich, sowie die Entdeckung von Erzausbissen durch systematisches Suchen. Außerdem lassen sich durch anthropogene Kontaminationen verursachte Anomalien, die durch im Bach liegende Zinkeimer, Dosen oder Abwasserzuflüsse usw. verursacht werden, sofort im Gelände erklären. Bei einfacher Probensammlung und Analyse im Labor führt dies nicht selten zur erneuten Detailexploration und damit verbundenen

Kosten. Zu beachten ist natürlich, daß infolge der extrem hohen Empfindlichkeit von Dithizon mit äußerster Sauberkeit gearbeitet werden muß, was viele Leute von dieser Methode abschreckt. Wie wirkungsvoll die Methode ist, erkennt man daran, daß aufgrund von Dithizon-Untersuchungen mehrere Lagerstätten in Kanada, USA und Neuseeland gefunden worden sind. Einschränkung muß man erwähnen, daß die Methode in Mitteleuropa, insbesondere in Wässern, infolge zu starker anthropogener Verschmutzung nur noch bedingt tauglich ist. Andererseits sollte man sich bei der Vielzahl geochemischer und geophysikalischer Explorationsmethoden auf Lagerstätten, ohnehin nicht auf eine einzige Methode beschränken.

### 3.3 Geochemische Prospektion mit Ionenaustauschern

Ionenaustauscher könnten zur hydrogeochemischen Prospektion von Schwermetallen aber auch anderen Elementen eingesetzt werden. Dabei wird ein Kationenaustauscher für eine gewisse Zeitdauer Bachwässern ausgesetzt. Etwa 2 g des Kationenaustauschers wurden in einen aus Polyamid-Siebgewebe bestehenden Plastikbeutel gefüllt. Dabei kam der Ionenaustauscher DOWEX Chelating Resin A1, ein selektiver Kationenaustauscher auf der Basis eines Styrol-Divinyl Kopolymerisates mit Aminodiessigsäure-Gruppen, Korngröße 50-100 mesh, Ionenform  $\text{Na}^+$ , zur Anwendung. Die Plastikbeutel wurden nach dem Abfüllen an den Kanten verschweißt, damit kein Material verlorengeht. Die Maschenweite des Polyamid-Siebgewebes betrug  $31\mu$ , um die Wasserdurchflußrate in allen Beuteln etwa gleich zu halten und um somit vergleichbare Ergebnisse zu erzielen. Die Beutel wurden im Gelände an Angelschnur befestigt und für drei Wochen an den Probenpunkten des zu beprobenden Bachsystems ins fließende Wasser gehängt. Nach dem Einsammeln und einer kurzen Probenaufbereitung können die Ionenaustauscher dann auf die angereicherten Schwermetalle analysiert werden.

#### 4. Analysen des Probenmaterials

##### 4.1 Dithizon-Analysen der Bachsedimente und -wässer

###### Bestimmung des Gesamtschwermetallgehaltes in Bachwässern (cxHM):

Für die Prozedur der Bestimmung des Gesamtschwermetallgehaltes in Wässern benötigt man einen verschließbaren 100 ml Meßkolben. Der Zylinder wird vor der Probennahme erst mehrmals mit dem Wasser ausgespült, das analysiert werden soll. Dann entnimmt man vorsichtig (ohne Schwebstoffe) 50 ml des zu untersuchenden Wassers in den Meßzylinder. Dann fügt man 5 ml Acetat-Pufferlösung hinzu und 5 ml der Dithizon-Geländelösung. Das Dithizon ist hierbei in Tetrachlorkohlenstoff gelöst. Dann schüttelt man den Zylinder für 1 Minute lang kräftig. Danach läßt man die  $\text{CCl}_4$ -Schicht absetzen und beobachtet deren Farbe. Ist die Farbe noch grün, so ist der Schwermetallgehalt kleiner als 25 ppb. Sollte dies der Fall sein, so gibt man 3 Tropfen 2n Ammoniak hinzu und schüttelt weitere 10 Sekunden. Eine rötliche Färbung der  $\text{CCl}_4$ -Schicht zeigt jetzt die Anwesenheit von Schwermetallen an. Die Menge wird durch colorimetrischen Vergleich bestimmt:

gelb-schwach rosa	-	2,5 ppb
schwach rosa	-	5 ppb
mittel rosa	-	10 ppb
stark rosa	-	20 ppb

Die einzelnen rosa-Färbungen kann man, falls notwendig erscheinend, mit Teststreifen oder mit Reagenzgläsern, die Standards enthalten, oder auch mit einem Kolorimeter photometrisch vergleichen. Wenn die Farbe der  $\text{CCl}_4$ -Schicht nach der 1 Minute Schütteln jedoch blau, violett oder rötlich war, so ist der Schwermetallgehalt größer als 25 ppb, welches eine sehr hohe Konzentration von Schwermetallen im Wasser anzeigt. Jetzt fügt man schrittweise 1-2 ml der Dithizon-Geländelösung hinzu und schüttelt danach jeweils 10 Sekunden. Wird die Farbe der  $\text{CCl}_4$ -Schicht grünlich, so ist man am Umschlagspunkt angelangt und die Untersuchung ist beendet. Der Schwermetallgehalt der Probe wird jetzt nach folgender Formel berechnet:

$$\frac{1}{\text{Vol. Wasser (ml)}} \times \frac{\text{ml Dz.-Lösung}}{4} = \text{ppm}$$

Den Titrationsvorgang kann man abkürzen, indem man weniger Wasser bei der Probennahme nimmt.

Bestimmung des Gesamtschwermetallgehaltes im Bachsediment (cxHM):

Bei der hier beschriebenen Methode werden etwa 10-20 % der in der Probe enthaltenen Schwermetalle extrahiert (überwiegend der adsorptiv gebundene Anteil). Dabei entnimmt man eine bekannte Menge des Probenmaterials. Die Probensubstanz läßt sich gut mit einem geeichten plexiglaslöffel entnehmen, der für Mengen zwischen ca. 0,1 und 0,4 g geeicht ist. Die Probe sollte nicht mit den Fingern berührt werden, da sie dadurch kontaminiert werden könnte, weil an den Fingern meist Metallspuren hängen (z.B. von Münzen in der Hosentasche). Diese Probe spült man dann mit der  $\text{NH}_4$ -citrat-Pufferlösung in einen 30 ccm Meßzylinder mit Plastikstopfen und füllt mit der Pufferlösung auf 5 ml auf, die eben die Aufgabe hat, zu extrahieren und einen pH-Wert von 8,5 einzustellen, bei welchem die meisten Schwermetalle schnell reagieren. Bei dieser Methode reagieren die Elemente Zn, Cu, Pb, Co und Ni. Das am stärksten reagierende Element ist hierbei Zn. Die Pufferlösung enthält außerdem Hydroxylaminhydrochlorid, welches Eisen von der Reaktion ausschließt. Nun gibt man 5 ml der Dithizon-Geländelösung hinzu. Das Dithizon ist hierbei in Benzol gelöst. Dann schüttelt man den mit dem Plastikstopfen verschlossenen Meßzylinder kräftig für 30 Sekunden. Man läßt dann sich das Benzol vom Wasser trennen und beobachtet die Farbe der Schicht. Ist sie unverändert grün, so ist der Gehalt, bei einer genommenen Probenmenge von 0,2 g, kleiner als 5 ppm, welcher für die geochemische Exploration keine Bedeutung besitzt, da diese Konzentrationen in einem Bereich liegen, der eine Höflichkeit von Lagerstätten nicht vermuten läßt. Ist die Farbe blaugrün. (Umschlagspunkt), so beträgt der extrahierte Gehalt 5 ppm. Ist die Farbe blau, violett oder rot, so ist der extrahierte Gehalt größer als 5 ppm und könnte für die geochemische Exploration interessant werden. Sollte dies der Fall sein, so muß man mehr Dithizon-Geländelösung hinzugeben, bis man, nachdem man nach jedem Zugabeschritt weitere 10 Sekunden geschüttelt hat, wieder bis zum blaugrünen Umschlagspunkt gelangt. Der kalt extra-

hierte Gesamtschwermetallgehalt errechnet sich dann nach der Formel:

$$\frac{1}{\text{Gew. der Probe (g)}} \times \frac{\text{ml Dz.-Lösung}}{5} = \text{ppm}$$

Bestimmung von Kupfer in Bachsedimenten (cxCu):

Die Bestimmung des Kupfer-Gehaltes in Bachsedimenten geht im Prinzip genauso vor sich, wie die Bestimmung des Gesamtschwermetallgehaltes. Die Unterschiede dazu liegen nur darin, daß man eine andere Pufferlösung (Ammoniumcitrat-HCl-Lösung) anwendet, die einen pH-Wert von 2,0 einstellt, bei dem Kupfer spezifisch reagiert. Ein zweiter Unterschied besteht darin, daß die Extraktionszeit nicht 30 Sekunden, sondern 1 Minute beträgt, da die Ammoniumcitrat-HCl-Lösung langsamer extrahiert, als die bei der Bestimmung des Gesamtschwermetallgehaltes benutzte Ammoniumcitrat-Lösung.

Herstellung der Dithizon-Reagenzlösung für Bachsedimentanalysen:

Zunächst stellt man sich eine sogenannte Stammlösung her. Dazu löst man 0,1 g Dithizon in 100 ml Chloroform (Chloroform zur Dithizon-Bestimmung!), so daß man eine 0,1 %-ige Lösung hat. Diese Stammlösung kann man mehrere Wochen verwenden, wenn man sie dunkel, kühl und in einer braunen Flasche lagert. Die Dithizon-Geländelösung muß täglich neu hergestellt werden. Hierbei löst man 1 ml der Stammlösung auf 100 ml in Benzol (p.a.), so daß man eine 0,001 %-ige Lösung hat, die grün gefärbt ist. Diese füllt man in eine Polyäthylen-Tropfflasche, die mit einer Aluminiumfolie zum Lichtschutz umwickelt ist. Das Benzol sollte vor der Ansetzung der Geländelösung ebenfalls kühl gelagert gewesen sein. Die zur Herstellung dieser Lösung verwandten Chemikalien sind extrem rein von Schwermetallen. Bei der Herstellung der Reagenzlösung muß ebenfalls extrem sauber gearbeitet werden und jede evtl. Kontamination mit Schwermetallen vermieden werden.

Herstellung der Dithizon-Geländelösung für Gesamtschwermetallbestimmungen in Wässern:

Hierzu kann die gleiche Stammlösung verwendet werden, wie die zur Schwermetallbestimmung in Bachsedimenten. Man entnimmt 1 ml



der Stammlösung und füllt auf 100 ml mit Tetrachlorkohlenstoff (Tetrachlorkohlenstoff zur Dithizon-Bestimmung!) auf, so daß man eine 0,001 %ige Lösung hat. Die Lösung muß ebenfalls täglich neu angesetzt werden und wird im Gelände am besten in einer lichtgeschützten Polyäthylen-Tropfflasche transportiert.

Herstellung der Pufferlösung zur Gesamtschwermetallbestimmung in Wässern:

Hierzu mischt man 1 Teil 2n Essigsäure mit 9 Teilen 2n Natriumacetatlösung. Der pH-Wert dieser Lösung liegt zwischen 5 und 6. Zur Herstellung der 2n Natriumacetatlösung löst man 164 g  $C_2H_3O_2Na$  auf 1 l metallfreiem Wasser, für die 2n Essigsäure werden 28,5 ml konz. Essigsäure auf 250 ml verdünnt.

Herstellung der Pufferlösung zur Bestimmung des Gesamtschwermetallgehaltes in Bachsedimenten:

Man gibt 200 g Ammoniumcitrat und 32 g Hydroxylaminhydrochlorid in einen 600 ml-Kolben. Man füllt diesen bis zur Markierung mit metallfreiem Wasser auf und erwärmt, bis sich alles gelöst hat. Dann gibt man diese Lösung in eine 2,5 l Polyäthylenflasche und füllt mit metallfreiem Wasser bis zu 2 l auf. Danach fügt man Ammoniak hinzu, bis ein pH-Wert von 8,5 eingestellt ist.

Herstellung der Pufferlösung zur Bestimmung des Kupfer-Gehaltes in Bachsedimenten:

Man löst 50 g Ammoniumcitrat und 20 g Hydroxylaminhydrochlorid in 800 ml metallfreiem Wasser. Dann gibt man konz. Salzsäure hinzu, bis der pH-Wert 2,0 beträgt. Danach füllt man zu 1 l mit metallfreiem Wasser auf und überprüft abschließend noch einmal den pH-Wert.

#### 4.2 Analysen der Ionenaustauscher mit XRF

Nach dem Einsammeln der Beutel wurden die Ionenaustauscher aus dem Siebgewebe entfernt und in engmaschigen Polyäthylensieben ausgewaschen, um evtl. im Bach aufgenommene Schwebstoffe zu ent-



fernen. Zur Analyse wurde die Röntgenfluoreszenzanalyse gewählt. Dafür stand ein Gerät der Firma PHILIPS Typ PW 4050 zur Verfügung. Es wurde bei 35 kV und 30 mA mit LiF 200 gemessen. Die Standards zur Analyse wurden hergestellt, indem 2 g des unbeutzten Ionenaustauschers in Lösungen, die bekannte Konzentrationen an Schwermetallen enthielten, gefüllt wurden und diese Lösungen dann mit den Ionenaustauschern 24 Stunden lang bewegt wurden. Danach wurde mittels AAS-Analyse überprüft, ob sich noch Schwermetallionen in der Lösung befanden, was jedoch nicht der Fall war. Mit den Standards wurden Eichkurven aufgestellt.

Die Nettointensitäten der Peaks der einzelnen Elemente wurden aus der Bruttointensität und dem Mittelwert aus zwei Untergrundmessungen bestimmt. Mit den Nettointensitäten wurde dann direkt in die Eichkurven gegangen. Die Massenschwächung konnte vernachlässigt werden, da die Ionenaustauscher gleiche Matrix besitzen und Eisen nur in Spuren angereichert wird und somit die Inter-elementeffekte relativ unerheblich sind.

#### 4.3 Analysen der Gesteinsproben mit AAS

Aus sämtlichen Gesteinsserien wurden Gesteinsproben entnommen, pulverisiert und dann mit heißer  $\text{HNO}_3$  aufgeschlossen. Danach wurden sie auf einem Atomabsorptionsspektrometer der Firma PERKIN-ELMER Typ 403 im chem. Labor der Firma Tolldal-Verk A/S, Repparfjord, für die Elemente Cu, Zn, Pb, Co und Ni analysiert.

## 5. Analysenergebnisse

Die Ergebnisse der Gesteinsanalysen sind in Abb. 6, Seite 47 dargestellt. Sie zeigen, daß die Grünsteine die höchsten Konzentrationen an Schwermetallen, hauptsächlich Nickel, besitzen. Relativ hohe Schwermetallgehalte zeigen auch die gabbroiden Intrusiva und die Tonschiefer der Lomvann-Formation. Die niedrigsten Schwermetallgehalte haben erwartungsgemäß die Quarzite der Doggeelv-Formation und die Gesteine innerhalb der kaledonischen Überschiebungsdecke.

Die Ergebnisse der Dithizon-Analysen und die Ergebnisse der Ionenaustauscher-Analysen (angereicherte Schwermetalle) sind aus Tab. 3 zu ersehen.

Tab. 3 Ergebnisse der Dithizon- und Ionenaustauscher-Analysen

Probe-Nr.	DITHIZON-ANALYSEN			IONENAUSTAUSCHER(ppm)				
	Bachsedimente(ppm)		Bachwässer(ppb)	Zn	Cu	Pb	Co	Ni
	cxHM	cxCu	cxHM					
1	7	4	0	0	19	0	0	0
2	6	5	0	0	1	52	0	0
3	5	5	0	0	39	0	0	5
4	5	5	2,5	0	14	0	0	0
5	5	5	2,5	0	5	0	0	0
6	53	53	10	-	-	-	-	-
7	8	8	2,5	0	0	21	0	0
8	8	8	2,5	0	33	0	3	0
9	3	3	2,5	0	10	0	2	0
10	3	3	2,5	0	14	0	0	2
11	7	7	2,5	0	0	0	0	0
12	7	7	2,5	0	6	0	0	0
13	7	6	2,5	0	3	88	0	0
14	8	3	0	33	1	0	0	0
15	5	3	2,5	13	7	71	2	0
16	10	3	2,5	35	10	102	0	0
17	8	3	0	-	-	-	-	-

Fortsetzung von Tab. 3

Probe-Nr.	DITHIZON-ANALYSEN			IONENAUSTAUSCHER(ppm)				
	Bachsedimente(ppm) Bachwässer(ppb)			Zn	Cu	Pb	Co	Ni
	exHM	exCu	exHM					
18	10	3	5	2	6	21	0	0
19	4	3	5	3	4	2	0	0
20	3	3	2,5	0	0	147	0	0
21	3	3	2,5	-	-	-	-	-
22	3	3	0	-	-	-	-	-
23	3	3	2,5	-	-	-	-	-
24	3	3	2,5	-	-	-	-	-
25	3	3	2,5	-	-	-	-	-
26	3	3	0	-	-	-	-	-
27	3	3	5	-	-	-	-	-
28	3	3	5	18	3	102	5	0
29	3	3	2,5	4	2	43	0	0
30	5	3	2,5	16	0	0	6	0
31	6	3	0	0	1	0	0	0
32	5	3	2,5	0	0	12	0	0
33	10	3	2,5	0	0	0	0	0
34	5	3	2,5	0	0	0	2	0
35	9	3	2,5	0	6	97	0	0
36	4	3	2,5	0	3	43	4	0
37	3	3	0	0	0	7	0	0
38	3	3	2,5	0	0	0	1	0
39	3	3	2,5	0	2	5	1	0
40	3	3	0	0	1	0	0	0
41	3	3	2,5	0	0	0	3	0
42	3	3	2,5	0	6	0	1	0
43	3	3	2,5	0	5	14	0	0
44	3	3	2,5	0	6	0	0	0
45	3	3	2,5	0	9	83	0	0
46	3	3	2,5	0	6	0	0	0
47	3	3	2,5	0	0	39	4	0
48	7	3	2,5	0	0	0	0	0
49	3	3	2,5	0	1	0	1	0

Fortsetzung von Tab. 3

Probe-Nr.	DITHIZON-ANALYSEN			IONENAUSTAUSCHER(ppm)				
	Bachsedimente(ppm)			Zn	Cu	Pb	Co	Ni
	exHM	exCu	exHM					
50	4	3	2,5	0	0	58	2	0
51	3	3	2,5	0	0	18	0	0
52	11	3	2,5	0	0	14	0	0
53	7	3	2,5	0	0	0	0	0
54	6	3	2,5	0	1	0	0	0
55	7	3	2,5	0	0	0	0	0
56	10	3	0	0	2	0	0	0
57	3	3	2,5	5	7	0	0	0
58	3	3	0	2	7	4	0	0
59	6	4	2,5	-	-	-	-	-
60	3	3	0	-	-	-	-	-
61	5	3	0	-	-	-	-	-
62	4	3	0	-	-	-	-	-
63	3	3	2,5	-	-	-	-	-
64	3	3	2,5	-	-	-	-	-
65	3	3	0	0	1	0	0	0
66	3	3	0	0	0	0	0	0
67	3	3	0	0	10	48	0	0
68	4	3	0	0	0	0	0	0
69	3	3	0	0	4	0	0	0
70	8	3	2,5	5	8	0	0	0
71	3	3	2,5	12	5	0	4	0
72	4	3	2,5	12	14	0	0	0
73	4	3	2,5	-	-	-	-	-
74	3	3	2,5	2	3	0	0	0
75	12	3	2,5	-	-	-	-	-
76	15	3	2,5	3	3	25	0	0
77	6	3	2,5	3	4	0	0	0
78	7	3	2,5	20	9	123	5	1
79	9	3	2,5	24	2	0	2	0
80	8	3	2,5	2	2	0	0	0
81	8	3	0	3	0	0	1	0

Fortsetzung von Tab. 3

Probe-Nr.	DITHIZON-ANALYSEN			IONENAUSTAUSCHER(ppm)				
	Bachsedimente(ppm)		Bachwässer(ppb)	Zn	Cu	Pb	Co	Ni
	cxHM	cxCu	cxHM					
82	5	3	2,5	0	2	0	0	0
83	7	3	0	6	5	0	0	0
84	5	3	2,5	0	7	0	0	0
85	3	3	0	2	3	0	1	0
86	3	3	0	19	3	31	0	0
87	3	3	0	2	5	94	3	0
88	5	3	2,5	0	0	84	0	0
89	4	3	2,5	1	6	0	0	0
90	3	3	0	2	3	46	2	0
91	3	3	2,5	6	7	54	0	0
92	3	3	0	4	4	1	2	0
93	3	3	0	7	5	35	0	0
94	8	3	0	25	11	21	0	0
95	5	3	2,5	37	3	0	0	4
96	14	3	2,5	6	7	0	0	0
97	5	3	2,5	14	5	76	0	0
98	14	3	2,5	3	6	88	0	0
99	4	3	2,5	0	6	0	1	0
100	5	3	2,5	7	10	0	0	0
101	5	3	2,5	19	9	12	1	0
102	3	3	2,5	16	7	37	0	0
103	3	3	2,5	2	8	44	0	0
104	5	3	2,5	32	3	78	0	0
105	5	3	2,5	1	6	69	1	0
106	8	3	2,5	4	7	56	0	0
107	3	3	2,5	-	-	-	-	-
108	11	3	2,5	22	6	39	0	0
109	9	3	2,5	18	1	24	0	0
110	3	3	2,5	6	5	0	1	0
111	4	3	2,5	0	12	48	0	0
112	3	3	0	-	-	-	-	-
113	5	3	2,5	-	-	-	-	-

Fortsetzung von Tab. 3

Probe-Nr.	DITHIZON-ANALYSEN			IONENAUSTAUSCHER(ppm)				
	Bachsedimente(ppm)		Bachwasser(ppb)	Zn	Cu	Pb	Co	Ni
	exHM	exCu	exHM					
114	6	3	2,5	0	0	0	0	0
115	3	3	0	0	5	21	0	0
116	3	3	0	0	2	28	1	0
117	4	3	0	0	0	0	0	0
118	3	3	0	0	5	109	0	0
119	7	3	2,5	0	0	0	0	0
120	8	3	2,5	0	2	0	0	0
121	5	3	2,5	0	11	0	3	1
122	3	3	0	0	3	0	0	1
123	3	3	0	0	3	0	1	0
124	3	3	0	0	5	0	0	0
125	3	3	0	0	2	0	2	0
126	3	3	0	0	0	0	3	0
127	3	3	0	7	4	24	1	0
128	3	3	0	1	6	23	0	0
129	3	3	0	5	7	28	4	0
130	4	3	2,5	7	8	39	0	0
131	5	3	2,5	20	0	0	0	0
132	5	3	2,5	4	9	0	0	0
133	4	3	2,5	12	9	0	9	1
134	10	3	2,5	-	-	-	-	-
135	5	3	2,5	-	-	-	-	-
136	7	3	2,5	-	-	-	-	-
137	30	3	10	7	3	24	0	0
138	3	3	2,5	5	4	11	1	0
139	4	3	2,5	8	6	0	0	0
140	5	3	2,5	5	6	0	0	0
141	3	3	2,5	19	10	0	0	0
142	3	3	2,5	-	-	-	-	-
143	5	3	2,5	5	4	78	0	0
144	3	3	2,5	14	4	63	0	0
145	3	3	2,5	4	5	34	4	0

Fortsetzung von Tab. 3

Probe-Nr.	DITHIZON-ANALYSEN			IONENAUSTAUSCHER(ppm)				
	Bachsedimente(ppm) Bachwässer(ppb)			Zn	Cu	Pb	Co	Ni
	cxHM	cxCu	cxHM					
146	3	3	2,5	0	3	0	0	0
147	4	3	2,5	16	3	0	0	0
148	3	3	2,5	3	7	0	0	0
149	3	3	2,5	7	5	117	0	0
150	3	3	2,5	-	-	-	-	-
151	5	3	5	0	4	56	4	0
152	9	3	2,5	5	8	6	0	0
153	3	3	2,5	25	10	0	0	5
154	150	125	50	0	368	0	0	130
155	9	3	2,5	28	14	0	0	1
156	7	3	2,5	2	0	155	0	0
157	5	3	2,5	5	6	66	0	0
158	3	3	2,5	7	8	123	0	0
159	3	3	2,5	12	8	0	0	0
160	3	3	2,5	2	6	64	0	0
161	4	3	2,5	4	5	0	0	0
162	3	3	2,5	6	10	0	0	0
163	3	3	0	6	7	81	0	0
164	3	3	2,5	2	5	0	1	0
165	3	3	2,5	2	3	18	0	0
166	5	3	2,5	3	6	8	0	0
167	3	3	2,5	6	4	0	0	0
168	4	3	2,5	5	7	35	0	0
169	3	3	2,5	13	7	0	0	0
170	7	3	2,5	5	7	0	4	0
171	5	3	0	22	10	20	2	0
172	4	3	2,5	0	0	116	0	0
173	13	3	2,5	25	10	0	1	0
174	9	3	2,5	45	8	0	6	0
175	4	3	2,5	6	4	14	1	0
176	3	3	2,5	6	4	0	2	0
177	4	3	2,5	3	0	146	1	0

Fortsetzung von Tab. 3

Probe-Nr.	DITHIZON-ANALYSEN			IONENAUSTAUSCHER(ppm)				
	Bachsedimente(ppm)		Bachwasser(ppb)	Zn	Cu	Pb	Co	Ni
	cxHM	cxCu	cxHM					
178	3	3	2,5	30	7	44	0	0
179	5	3	2,5	0	0	0	1	0
180	5	3	2,5	0	6	81	0	1
181	5	3	2,5	0	0	0	0	0
182	6	3	2,5	0	0	0	0	2
183	11	3	2,5	0	1	0	1	0
184	3	3	0	0	2	49	0	0
185	3	3	0	0	1	19	0	0
186	3	3	0	0	0	43	0	0
187	3	3	0	0	0	0	1	0
188	3	3	2,5	2	7	31	3	0
189	3	3	2,5	12	7	38	3	0
190	5	3	2,5	5	8	0	0	0
191	3	3	2,5	15	10	97	0	0
192	6	3	2,5	23	6	116	0	0
193	6	3	2,5	2	8	0	3	0
194	9	3	2,5	28	7	0	2	0
195	9	3	2,5	7	3	0	0	0
196	11	3	2,5	34	7	39	0	0
197	9	3	2,5	40	6	0	0	0
198	9	3	2,5	25	10	49	0	0
199	8	3	2,5	0	0	94	3	0
200	10	3	2,5	5	4	48	1	0
201	9	3	2,5	3	7	8	0	0
202	5	3	2,5	11	3	35	7	0
203	6	3	2,5	7	6	41	3	0
204	5	3	2,5	46	9	0	1	4
205	7	3	2,5	12	7	37	0	0
206	9	3	2,5	13	5	48	0	0
207	7	3	2,5	5	10	35	0	0
208	7	3	2,5	28	5	0	3	0
209	3	3	2,5	5	5	0	0	0



Fortsetzung von Tab. 3

Probe-Nr.	DITHIZON-ANALYSEN			IONENAUSTAUSCHER(ppm)				
	Bachsedimente(ppm)		Bachwässer(ppb)	Zn	Cu	Pb	Co	Ni
	exHM	exCu	exHM					
210	3	3	2,5	2	4	0	3	0
211	3	3	2,5	10	1	101	0	0
212	3	3	2,5	4	2	0	1	0
213	3	3	2,5	14	4	84	0	0
214	4	3	2,5	-	-	-	-	-
215	3	3	5	-	-	-	-	-
216	3	3	2,5	-	-	-	-	-
217	3	3	2,5	-	-	-	-	-
218	3	3	2,5	4	3	93	0	0
219	3	3	2,5	9	0	0	0	0
220	3	3	2,5	6	10	0	0	0
221	3	3	2,5	2	5	25	0	0
222	3	3	2,5	5	6	77	0	0
223	4	3	2,5	8	2	0	0	0
224	3	3	2,5	14	6	8	3	0
225	3	3	2,5	11	7	14	2	0
226	3	3	2,5	5	9	73	0	0
227	4	3	0	0	11	0	0	0
228	5	3	0	0	5	0	0	0
229	5	4	2,5	0	0	0	2	0
230	5	3	2,5	0	11	0	2	0
231	9	3	2,5	0	3	26	0	0
232	8	3	2,5	0	12	0	0	0
233	5	3	2,5	0	2	23	0	0
234	13	4	2,5	0	6	79	0	0
235	9	4	0	0	4	0	0	0
236	7	3	0	0	2	0	0	0
237	5	4	2,5	0	14	0	0	0
238	6	6	2,5	0	2	0	5	0
239	7	4	2,5	0	4	0	0	0
240	4	3	2,5	0	5	0	0	0
241	3	3	0	0	2	0	0	0

Fortsetzung von Tab. 3

Probe-Nr.	DITHIZON-ANALYSEN			IONENAUSTAUSCHER(ppm)				
	Bachsedimente(ppm)		Bachwasser(ppb)	Zn	Cu	Pb	Co	Ni
	exHM	exCu	exHM					
242	3	3	0	0	3	0	0	1
243	3	3	0	0	3	94	0	0
244	4	3	2,5	0	9	37	0	0
245	4	3	2,5	0	4	43	0	0
246	3	3	2,5	0	6	0	0	0
247	8	4	0	0	3	77	3	0
248	3	3	0	-	-	-	-	-
249	3	3	0	0	6	0	0	0
250	4	3	2,5	0	3	0	0	0
251	3	3	2,5	0	4	62	2	0
252	3	3	0	0	2	0	1	0
253	3	3	0	0	9	0	0	0
254	3	3	2,5	0	5	33	0	0
255	3	3	0	0	2	0	0	0
256	3	3	0	0	8	12	2	0
257	4	4	0	0	7	0	5	0
258	4	4	2,5	0	12	87	0	0
259	3	3	0	0	8	7	0	0
260	3	3	2,5	0	4	0	0	0
261	3	3	2,5	0	9	18	2	0
262	3	3	2,5	0	5	58	0	0
263	4	4	2,5	0	10	0	0	0
264	6	6	2,5	0	20	21	0	0
265	3	3	2,5	0	28	49	0	0
266	9	8	2,5	0	23	0	0	0
267	7	6	2,5	0	6	0	0	0
268	5	4	2,5	0	14	30	2	0
269	10	10	2,5	0	12	11	0	0
270	4	4	2,5	0	14	0	1	0
271	3	3	2,5	0	9	0	2	0
272	4	4	2,5	0	7	0	0	0

Fortsetzung von Tab. 3

Probe-Nr.	DITHIZON-ANALYSEN			IONENAUSTAUSCHER(ppm)				
	Bachsedimente(ppm)		Bachwässer(ppb)	Zn	Cu	Pb	Co	Ni
	exHM	exCu	exHM					
273	4	3	2,5	0	6	0	0	0
274	5	4	2,5	0	14	0	0	0
275	5	4	2,5	0	20	0	0	0
276	6	5	5	0	24	0	0	0
277	5	5	10	0	16	0	0	0
278	4	4	2,5	0	4	0	0	0
279	4	3	2,5	0	6	0	0	0
280	3	3	2,5	0	21	0	0	0
281	4	4	2,5	0	21	0	0	0
282	5	5	2,5	0	20	0	0	0
283	3	3	2,5	0	12	0	0	0
284	4	3	2,5	0	17	0	1	4
285	3	3	2,5	0	5	116	0	0
286	3	3	2,5	0	17	0	0	2
287	3	3	2,5	0	7	63	0	0
288	4	3	2,5	0	11	25	0	0
289	3	3	2,5	0	10	0	2	2
290	4	4	2,5	0	3	0	0	0
291	3	3	2,5	0	6	0	3	0
292	4	3	2,5	0	7	0	0	0
293	3	3	2,5	0	9	44	0	0
294	3	3	2,5	0	1	0	0	0
295	4	4	2,5	0	14	5	0	0
296	4	3	2,5	-	-	-	-	-
297	4	3	2,5	0	17	0	0	2
298	4	3	2,5	0	3	0	1	4
299	3	3	2,5	0	7	0	0	0
300	4	3	2,5	0	15	0	0	0
301	4	4	2,5	0	10	0	0	0
302	4	4	2,5	0	23	33	0	0
303	3	3	2,5	-	-	-	-	-

Fortsetzung von Tab. 3

Probe-Nr.	DITHIZON-ANALYSEN			IONENAUSTAUSCHER(ppm)				
	Bachsedimente(ppm)		Bachwässer(ppb)	Zn	Cu	Pb	Co	Ni
	cxHM	cxCu	cxHM					
304	3	3	2,5	0	14	2	0	0
305	3	3	2,5	0	9	28	0	1
306	4	3	2,5	-	-	-	-	-
307	3	3	0	0	11	0	2	2
308	3	3	2,5	0	11	1	4	6
309	5	3	2,5	0	19	0	2	21
310	3	3	2,5	0	13	19	0	2
311	3	3	2,5	0	8	0	1	4
312	3	3	2,5	0	8	76	0	0
313	3	3	2,5	0	6	6	0	0
314	5	5	2,5	0	23	0	0	0
315	6	5	2,5	0	25	14	0	0
316	8	8	2,5	0	24	0	0	0
317	4	4	2,5	0	14	35	0	0
318	3	3	2,5	0	0	55	0	0
319	5	3	2,5	0	2	18	0	14
320	4	3	2,5	0	10	51	0	0
321	3	3	2,5	0	2	137	0	0
322	3	3	2,5	0	7	0	0	0
323	3	3	0	0	9	0	0	0
324	3	3	2,5	0	3	0	0	0
325	4	4	2,5	0	1	19	0	0
326	4	4	2,5	0	5	0	0	0
327	8	8	2,5	0	6	0	0	0
328	4	3	2,5	0	10	0	0	0
329	3	3	2,5	0	4	44	0	0
330	3	3	2,5	0	1	63	0	0
331	3	3	2,5	0	3	68	0	0
332	3	3	2,5	0	2	0	2	0
333	3	3	2,5	0	0	0	0	0
334	3	3	2,5	0	10	6	1	0

Fortsetzung von Tab. 3

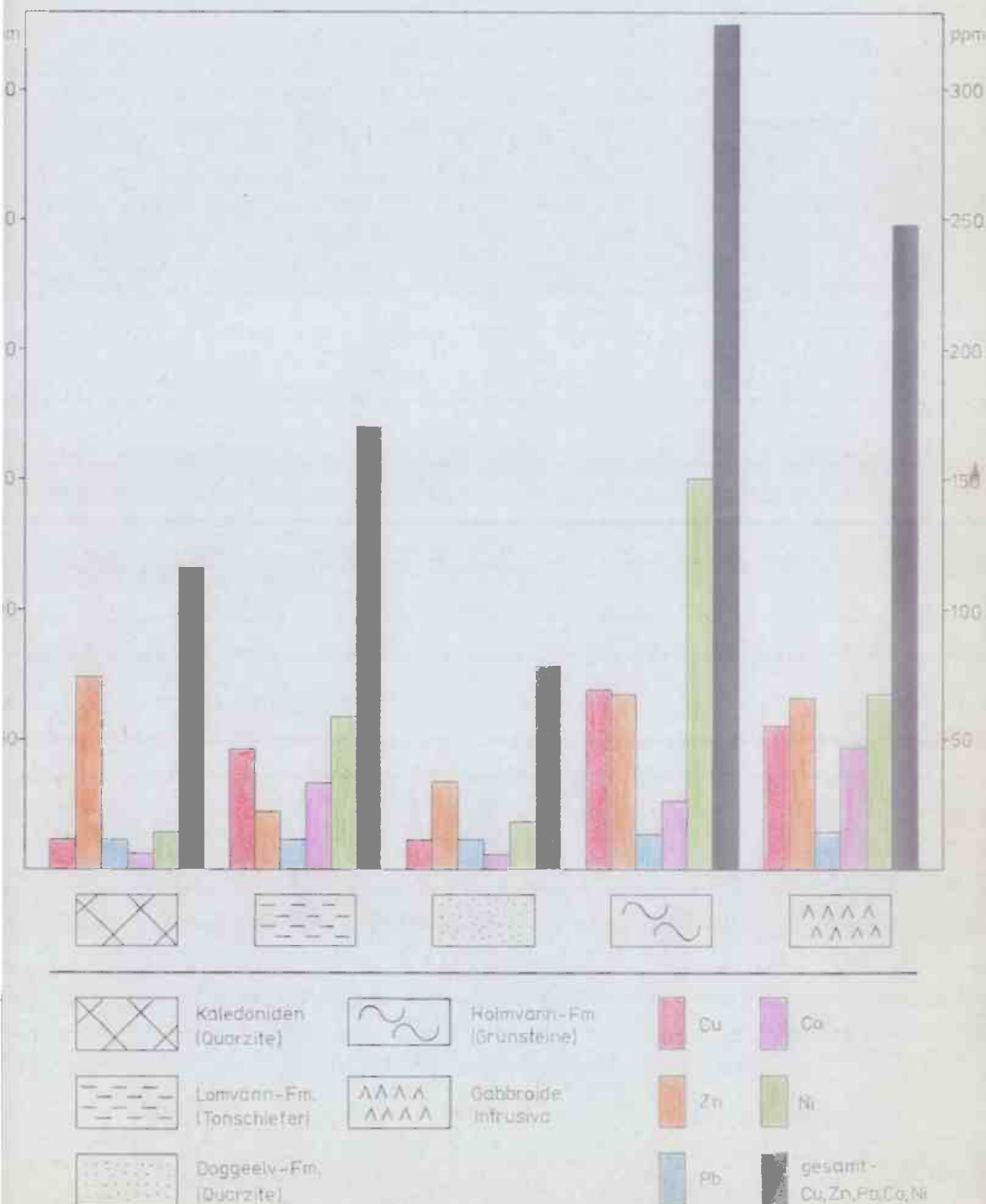
Probe-Nr.	DITHIZON-ANALYSEN			IONENAUSTAUSCHER(ppm)				
	Bachsedimente(ppm)		Bachwässer(ppb)	Zn	Cu	Pb	Co	Ni
	cxHM	cxCu	cxHM					
335	3	3	2,5	0	13	0	0	0
336	4	4	2,5	0	8	0	0	0
337	3	3	2,5	0	8	6	0	0
338	3	3	2,5	0	7	11	0	0
339	3	3	2,5	0	6	28	0	0
340	3	3	2,5	0	0	-	0	0
341	3	3	2,5	0	0	18	0	1
342	3	3	2,5	0	1	0	2	0
343	3	3	2,5	0	6	0	4	0
344	3	3	2,5	0	5	7	0	0
345	3	3	2,5	0	0	0	0	0
346	3	3	2,5	0	8	0	3	1
347	3	3	2,5	-	-	-	-	-
348	3	3	2,5	-	-	-	-	-
349	4	4	2,5	-	-	-	-	-
350	3	3	2,5	-	-	-	-	-
351	3	3	2,5	-	-	-	-	-
352	3	3	2,5	0	7	0	0	0
353	3	3	2,5	0	12	0	4	0
354	3	3	2,5	0	3	58	0	0
355	3	3	2,5	0	6	-	0	0
356	3	3	2,5	0	9	15	0	0
357	4	4	2,5	0	7	26	0	0
358	3	3	2,5	0	15	14	0	0
359	3	3	2,5	0	5	11	0	0
360	3	3	2,5	0	7	0	0	0
361	3	3	2,5	0	28	0	0	0
362	4	4	2,5	0	14	0	0	0
363	6	6	2,5	0	6	0	0	0
364	3	3	2,5	-	-	-	-	-
365	3	3	2,5	-	-	-	-	-

Fortsetzung von Tab. 3

Probe-Nr.	DITHIZON-ANALYSEN			IONENAUSTAUSCHER(ppm)				
	Bachsedimente(ppm)		Bachwasser(ppb)	Zn	Cu	Pb	Co	Ni
	cxHM	cxCu	cxHM					
366	5	3	2,5	0	20	0	0	1
367	4	4	2,5	0	15	0	2	0
368	4	4	2,5	0	12	0	0	0
369	4	4	2,5	0	8	61	0	0
370	4	4	2,5	-	-	-	-	-
371	3	3	2,5	-	-	-	-	-
372	-	-	-	0	24	0	0	0
373	-	-	-	0	2	41	9	6
374	-	-	-	34	11	0	0	0
375	-	-	-	4	7	107	0	0

Abb. 6

Mittlere Schwermetallgehalte der Gesteine im südöstlichen Teil des Komagfjord-Fensters



## 6. Diskussion der Anomalien und Beschreibung der Vererzungen

Innerhalb des Arbeitsgebietes konnten verschiedene Anomalienfelder festgestellt werden. Die stärksten Anomalien werden durch das Element Cu verursacht. Für die anderen Elemente konnten nur wenige, schwächer ausgeprägte, Anomalien beobachtet werden.

Es lassen sich im wesentlichen zwei verschiedene Vererzungstypen unterscheiden: Der eine Typ tritt innerhalb der Grünstein-Antiform der Holmvann-Formation auf. Es handelt sich dabei um Quarzgänge und -linsen, die meist mit Kupferkies, Pyrit und sekundären Kupfermineralen vererzt sind. Die Entstehung dieser Vererzung ist wahrscheinlich auf eine Mobilisierung des Kupfers aus den Grünsteinen während der Faltung und Metamorphose zurückzuführen. Die Vorkommen sind meist sehr klein und von keiner ökonomischen Bedeutung. Der andere Vererzungstyp befindet sich in einem Meta-Gabbro, der am Riksvei 6 aufgeschlossen ist. Hierbei liegen die Kupferminerale und andere Erzminerale fein verteilt im Gestein ("disseminated") vor. An Mineralen wurde beobachtet: Pyrit, Kupferkies, Magnetkies und sekundäre Kupferminerale.

Im einzelnen ließen sich folgende Anomalienfelder und Vererzungen unterscheiden:

### Anomalienfeld östlich des Brattelvs (Pr.Nr. 1-8, 11-13, 367-370)

Dieses Anomalienfeld wird in erster Linie durch das Element Kupfer verursacht. Stark erhöhte Cu-Konzentrationen konnten im Bachsediment und in den Ionenaustauschern festgestellt werden. Das Anomalienfeld ist etwa 1,5 km lang und ca. 1 km breit. Die Dispersion in den 3 anomalen Bächen konnte für Cu bis zur Mündung in den Repparfjordelv verfolgt werden. Im Bereich des Anomalienfeldes konnten auch leicht erhöhte Werte für Pb, Co und Ni in den Ionenaustauschern festgestellt werden. Anomale Werte zeigte auch eine Wasseranalyse (cxRM) im Zentrum dieses Anomalienfeldes, die aber an den darunter folgenden Probenpunkten nicht mehr festgestellt werden konnten. Der Kern des Anomalienfeldes liegt an Probe Nr. 6.

Das Anomalienfeld wird durch zwei Kupfervererzungen verursacht, die



dem Gang - Typ zuzuordnen sind. Die weiter westlich liegende der beiden Vererzungen ist wohl die bedeutendste Gangvererzung innerhalb des Arbeitsgebietes. An Erzmineralen kommen hier Kupferkies, Pyrit und sekundäre Kupferminerale vor. Die weiter östlich liegende der beiden Vererzungen ist wesentlich kleiner. Hier konnte als einziges Cu-Mineral nur Malachit beobachtet werden.

Anomalienfeld nordöstlich des Breiddalsfjells (Pr.Nr. 266-270, 263, 264, 237, 238, 272, 254, 235)

Dieses Anomalienfeld wird lediglich durch das Element Cu verursacht. Anomale Werte konnten im Bachsediment und bei der Analyse der Ionenaustauscher festgestellt werden. Das Anomalienfeld ist ca. 1,5 km lang und 1 km breit. Die Länge der Dispersionszüge beträgt teilweise mehr als 1 km, im allgemeinen aber unter 500 m. Bei den Dithizon-Wasseranalysen konnten keine erhöhten Werte festgestellt werden. Das Anomalienfeld wird ebenfalls durch eine Cu-Vererzung des Gang - Typs verursacht. Der Quarzgang ist ca. 0,3 m mächtig. An Cu-Mineralen kommen vor: Kupferkies und Malachit, außerdem Pyrit. Die Vererzung ist etwa 250 m vom nächsten Bachsystem entfernt.

Anomalienfeld westlich des Virusck (Pr.Nr. 325 - 327)

Hierbei handelt es sich um ein sehr kleines Anomalienfeld (3 Probenpunkte). Anomale Werte konnten lediglich bei den Bachsedimentanalysen für Cu festgestellt werden. Die Länge der Dispersion im Bachsediment vom primären Vorkommen aus beträgt 600 m. Im Wasser konnten keine wesentlich erhöhten Gehalte festgestellt werden. Das Zentrum des Anomalienfeldes liegt am obersten Probenpunkt (327). Dieser Probenpunkt liegt etwa 100 m von der Vererzung entfernt.

Das Anomalienfeld wird durch eine Vielzahl kleiner, sehr dünner Quarzgänge verursacht. An Erzmineralen treten Kupferkies und Pyrit auf.

Anomalien südlich des Breiddalsfjells (Pr.Nr. 314 - 317)

Diese Anomalien in Bach I und II rühren von einer Vererzung un-

mittelbar westlich des Breiddalsfjells her. Die Vererzung ist vom nächsten Bachsystem ca. 700 m entfernt. Die Anomalien werden ausschließlich durch das Element Cu verursacht, welches in anomalen Konzentrationen im Bachsediment und in den Ionenaustauschern nachgewiesen werden konnte. Das Anomalienfeld selbst hat eine Ausdehnung von ca. 1 x 1 km. Die Dispersionszüge lassen sich in Bach II bis zur Mündung in den Breiddalselv verfolgen.

Die Vererzung besteht aus einigen mineralisierten Quarzgängen. Dabei konnte auch ein mit Calcit gefüllter vererzter Gang beobachtet werden. Die vererzten Gänge sind hier recht zahlreich. An Erzmineralen kommen hier vor: Kupferkies, Pyrit und sekundäre Kupferminerale.

#### Anomalien östlich des Repparfjordfjells (Pr.Nr. 152, 154, 155)

Dieses Anomalienfeld ist zwar räumlich ziemlich klein, zeigt aber die höchsten Schwermetallgehalte im gesamten Arbeitsgebiet. Das Zentrum liegt bei Probe Nr. 154. Hier konnten extrem hohe Gehalte für Cu und Ni, sowohl im Bachsediment als auch in den Ionenaustauschern, festgestellt werden. Über die Länge der Dispersion läßt sich hier keine Aussage machen, da diese Proben unmittelbar vor der Bachmündung liegen. Auch für die Dithizon-Wasseranalysen (cxHM) konnten stark anomale Werte festgestellt werden. Im Bereich dieses Anomalienfeldes konnten auch Anomalien für die Elemente Zn, Co und Pb festgestellt werden, wenn auch wesentlich schwächer als die für Cu und Ni. Diese Anomalien werden durch die Vererzung in dem Meta-Gabbro verursacht, der am Ricksvei 6 aufgeschlossen ist. Die Erzminerale sind fein im Gestein verteilt. Das Gestein ist stark zerscheert. Der Gang steht seiger und ist etwa 30 m mächtig. Die Hauptmineralisationszone ist jedoch nur wenige Meter breit. Unterhalb dieses Aufschlusses, am Repparfjordelv, ist die Vererzung schwächer. An Erzmineralen wurden beobachtet: Pyrit, Kupferkies, Magnetkies und sekundäre Kupferminerale. Gesteinsanalysen aus der Hauptmineralisationszone ergaben Werte von 0,5 - 1 % Cu und ca. 500 ppm Ni.

Anomalien in Bach XXXII, südlich des Breiddalsfiells (Pr.Nr.194-201)

Ab Probe 201 bachabwärts konnten an jedem Probenpunkt anomale Werte im Bachsediment für cxHM festgestellt werden. Die anschließenden Analysen der Ionenaustauscher zeigten, daß die Anomalien in der Hauptsache durch Zn, weniger von Pb und Co verursacht werden. Für Cu wurden keine erhöhten Gehalte festgestellt. Das Anomalienfeld ist ca. 3 km lang. Die Ursache dieser Anomalien konnte nicht eindeutig geklärt werden. Innerhalb der hier anstehenden Quarzite konnte keine Vererzung beobachtet werden. Vermutlich werden diese Anomalien durch erhöhte Schwermetallgehalte eines bestimmten Gesteinshorizontes verursacht, möglicherweise aber auch durch Gerölle von Gneisen und Grünsteinen, die im Bachbett beobachtet wurden.

Anomalien im Unter- und Mittellauf des Doggeelv (Pr.Nr. 137, 173, 174, 96, 98 u.a.)

In diesem Anomalienfeld wurden erhöhte Schwermetallgehalte im Bachsediment (cxHM), in den Ionenaustauschern für Zn, weniger für Pb, Co und Ni festgestellt. Für Cu konnten keine erhöhten Gehalte gefunden werden. Außerdem war eine Dithicon-Wasseranalyse (Nr.137) anomal. Das Anomalienfeld ist relativ groß, ca. 2 x 1 km. Die Dispersionszüge sind relativ kurz. Zwischen zwei anomalen Punkten liegt oft ein Probenpunkt mit Background-Wert. Das Zentrum der Anomalie liegt im Bereich des Mittellauf des Doggeelv.

Diese Anomalien sind wahrscheinlich auf eine gabbroide Intrusion zurückzuführen, die östlich dieser Probenpunkte aufgeschlossen ist. Die Anomalie setzt sich in der westlichen streichenden Verlängerung in einem Nebenbach des Doggeelvs fort (Pr.Nr. 173, 174), wo jedoch keine Aufschlüsse vorhanden sind. Es wird daher vermutet, daß sich die Gabbro-Intrusion hier im Untergrund fortsetzt. Die Anomalien im Seitenbach im Unterlauf des Doggeelvs (Gesamtschwermetalle im Bachsediment und Ionenaustauscher) konnten nicht geklärt werden. Aufschlüsse sind hier nur spärlich.

Anomalienfeld westlich von Luoftabo, Jecoavve (Pr.Nr. 14, 16 - 18, 75, 76, 79 - 81, 33, 56, 52)

Bei diesem Anomalienfeld konnten erhöhte Werte im Bachsediment

(cxMM) und in den Ionenaustauschern für Pb, Zn und Co nachgewiesen werden, nicht jedoch für Cu. Außerdem wurden an 4 Probenpunkten anomale Werte bei den Dithizon-Wasseranalysen festgestellt. Die Länge der Dispersionszüge ist meist nicht länger als 400 m. Das Feld ist ca. 2 x 2 km groß.

Die Ursache für diese Anomalien ist der relativ hohe Background an Schwermetallen in den hier auftretenden Tonschiefern der Lomvann-Formation. Lokal wurden im Gestein Anreicherungen von Magnetkies und Pyrit beobachtet. Der höhere Background dieser Gesteine tritt hier stärker hervor als bei den Grünsteinen. Das ist wohl dadurch bedingt, daß die Schwermetalle in den Tonschiefern innerhalb der Sulfide vorliegen und sich somit leichter mobilisieren lassen als Schwermetalle, die in Silikaten eingebaut sind, welches wohl bei den Grünsteinen der Fall ist. Gesteinsanalysen der Tonschiefer in Bereichen, wo stärkere Sulfidanreicherungen vorlagen, gaben keine wesentlich erhöhten Schwermetallwerte.

Anomalienfeld südöstlich des Breidalsfjells (Bach-Nr. III, Pr.Nr. 311, 309, 308)

Durch die Analyse der Ionenaustauscher wurde ein weiteres kleines Anomalienfeld für das Element Ni gefunden. Andere Elemente zeigten keine erhöhten Werte. Die Dispersionszüge reichen von der Quelle von Bach III bis zu dessen Mündung. Die Länge des Anomalienfeldes beträgt ca. 1 km. Bei der Geländebegehung konnte jedoch keine Vererzung mangels Aufschlüssen beobachtet werden.

Die Analysen zeigen, daß die Bachsedimente wesentlich längere Dispersionszüge zeigen als die Bachwässer. Anomalien durch die Dithizon-Wasseranalysen wurden nur dort gefunden, wo die Bäche unmittelbar über die Ausbisse der Vererzungen fließen. Durch die Ionenaustauscher konnten etwas längere Dispersionszüge im Wasser verfolgt werden als bei den Dithizon-Wasseranalysen, welches zur regionalen hydrogeochemischen Prospektion vorteilhafter ist. Zur Detailprospektion ist es wohl sinnvoller, die Direktanalysen mit Dithizon anzuwenden.

7. Diskussion der Einsatzmöglichkeit von Ionenaustauschern zur hydrogeochemischen Prospektion

Um die Analysenergebnisse der Ionenaustauscher beurteilen zu können, wurden zum Vergleich an den Probenpunkten, an denen Ionenaustauscherproben genommen wurden, Bachsedimentproben untersucht und, wie oben beschrieben, mit Dithizon auf Kupfer (cxCu) und Gesamtschwermetalle (cxHM) analysiert.

Aus den Karten 3 und 5 ist zu ersehen, daß sämtliche Kupfer-Anomalien mit den vorhandenen Kupfer-Vererzungen zu korrelieren sind. Die Cu-Anomalien, die durch die Dithizon-Analysen gefunden wurden sind mit denen der Ionenaustauscher weitgehend deckungsgleich. Bei den Dithizon-Gesamtschwermetallanalysen (cxHM, Karte 2) treten Anomalienfelder vorwiegend im Bereich der im südöstlichen Teil des Arbeitsgebietes auftretenden Ton-schiefer auf, ebenso wie im Doggeelv innerhalb der Quarzit-Formation und in einem von der Mündung des Breiddalselv südlich gelegenen Bach (Bach XXXII). Diese Anomalienfelder werden, wie die Analysen der Ionenaustauscher zeigen, in der Hauptsache durch Zink, aber auch durch Blei, weniger von Kobalt und Nickel verursacht. Ein nicht von den Dithizon-Analysen erfaßtes Anomalienfeld für Nickel wurde durch die Ionenaustauscher-Analysen im Bereich eines Baches im Unterlauf des Breiddalselv (Bach III) nachgewiesen.

Die Länge der Dispersionszüge im Wasser scheint sehr unterschiedlich zu sein. Bei den Analysen der Ionenaustauscher wurde festgestellt, daß sie für Kupfer teilweise mehrere 100 m betragen. Bei anderen Elemente sind sie oft kleiner als 200 m. Die längeren Dispersionszüge für das Element Kupfer scheinen hier durch die höhere Konzentration dieses Elementes im Wasser bedingt zu sein.

Ein großer Vorteil dieser Methode besteht darin, daß Fehlerquellen wie Verdünnungsschwankungen, bedingt durch starke Niederschläge, ausgeschaltet werden, da man die Messung über einen größeren Zeitraum integriert. Man erhält also kein Analysenergebnis der Probe vom Zeitpunkt der Probennahme, sondern Ergeb-

nisse, die sich mit den anderen Proben gut vergleichen lassen. Ein weiterer Vorteil der Methode ist, daß mit einer Probennahme mehrere Elemente gleichzeitig erfaßt werden, was den Analysenvorgang abkürzt. Außerdem ist die Konzentration der im Ionenaustauscher angereicherten Schwermetalle so hoch, daß sie mit XRF analysiert werden können. Der Anreicherungsfaktor liegt in der Größenordnung  $10^4$ - $10^5$ . Transportprobleme von Wasserproben in Polyäthylenflaschen fallen ebenfalls weg. Die Methode ist außerdem billig, schnell und erfordert bei der Probennahme kein besonders geschultes Personal.

Die erstellten geochemischen Karten zeigen, daß der Einsatz von Ionenaustauschern zur hydrogeochemischen Prospektion als sehr sinnvoll erscheint, zumal diese Methode gegenüber der herkömmlichen Wasserprobennahme die oben genannten Vorteile aufweist.

Die hier durchgeführten Untersuchungen waren auf Kationen einiger Schwermetalle beschränkt. Das Spektrum zu untersuchender Elemente könnte jedoch durch den Einsatz anderer Ionenaustauschertypen erheblich erweitert werden. Beim Einsatz von Anionenaustauscher können beispielsweise Elemente wie As, Cr, U u.a. mit-erfaßt werden, da diese in Lösung meist als Anionen oder Anionenkomplexe vorliegen.



## 8. Geobotanik

Aus geobotanischer Sicht ergab sich ein recht interessanter Aspekt durch das Auftreten der "*viscaria alpina*" innerhalb des Arbeitsgebietes (siehe Abb. 7 u. 8). Diese etwa 5-8 cm hohe,



Abb. 7 u. 8 *viscaria alpina*

rosa blühende Blume wurde schon von den alten skandinavischen Bergleuten als Indikatorpflanze für Kupfervorkommen benutzt. Ihr Vorkommen wurde ebenfalls auf zahlreichen skandinavischen "Kiesvorkommen" beobachtet. Im Bereich des Arbeitsgebietes blüht sie für eine Dauer von ca. 6 Wochen, von Ende Juli bis Anfang September. Dank ihrer rosa Farbe ist sie über der Baumgrenze meist schon aus größerer Entfernung zu sehen. In der Nähe von Cu-Vererzungen tritt sie meist auf feuchteren Böden, bevorzugt in der Nähe von Bächen auf. Das Auftreten der *viscaria alpina* ließ sich innerhalb des Arbeitsgebietes sehr gut mit den vorhandenen Kupfervererzungen korrelieren. Bis auf eine Ausnahme war sie an allen Cu-Vorkommen zu finden. (siehe Karte 12). Meist tritt sie etwas hangabwärts der Vererzungen auf, wo die Cu-haltigen Lösungen austreten.

9. Literaturverzeichnis

- ASMUND, G., (1974): Hydrogeochemical investigations on river water in West, South and East Greenland. Rapp. Grøn. Geol. Unders., 65, 71-75.
- ASMUND, G. and STEINFELT, A., (1976): Uranium analysis of stream water, East Greenland. J. Geochem. Explor., 2, No. 3, 374-380.
- BLOUNT, W., (1973): Application of chelating ion exchange resins for trace element analysis of geochemical samples using x-ray fluorescence. Analytical Chemistry, 45, No. 7
- BRITTON, H.T.S., (1955): Hydrogen Ions (4th edition). Chapman and Hall, London.
- GARRELS, R.M. and CHRIST, C.L., (1965): Minerals, Solutions and Equilibria. Harper and Row.
- HANSULD, J.A., (1967): Eh and pH in geochemical prospecting. Geol. Surv. Canada Paper 66-54, 172-187.
- HAWKES, H.E. and WEBB, J.S., (1962): Geochemistry in Mineral Exploration. Harper and Row.
- HOLMAN, R.M.C., (1963): A method for determining readily-soluble copper in soil and alluvium. Geol. Surv. Canada Paper 63-7.
- KOCH, O.G. und KOCH-DEDIC, G.A. (1974): Handbuch der Spurenelementanalyse, Teil 1, Springer, Berlin.
- LEVINSON, A.A., (1974): Introduction to Exploration Geochemistry. Applied Publishing Ltd., Maywood Illinois.
- MARHOL, M. and CHENG, K.L., (1974): Some chelating ion exchange resins containing ketoiminocarboxylic acids as functional groups. Talanta, 21, 751-762.
- PHAROAH, T., (1976): Geological report on the Komagifjord Tectonic Window, Finnmark, Norway. unveröffentlicht.
- REITAN, P.H., (1963): The geology of the Komagifjord tectonic window of the Raipas suite, Finnmark, Norway. Norges Geol. Unders. 221.



- ROBERTS, D. and FARSTH, E., (1974): Correlation of autochthonous stratigraphical sequences in the Alta-Repparfjord region, Vest-Finnmark. Norsk geologisk tidsskrift, 54, No.1, 123-129.
- SCHROLL, W., (1976): Analytische Geochemie, Band II: Grundlagen und Anwendungen. Ferdinand Enke, Stuttgart.
- SMITH, A.Y., (1964): Cold extractable "heavy metal" in soil and alluvium. Geol. Surv. Canada Paper 63-49.
- VONES, F.M., (1957): Some copper sulfide parageneses from the Raipas formation of Northern Norway. Norges. Geol. Unders. 200, 74-111.

A H H A H G

Aufstellung der wichtigsten Rechts- und Hochwerte

Alle hier aufgeführten Rechts- und Hochwerte beziehen sich auf das aufgedruckte Gitternetz auf Blatt Repparfjord 1:50 000 AMS Serie M 711, Sheet 1935 I (Karte 12).

Topographische Punkte:

Breiddalsfjell	R. 03 98 200, H. 78 07 900
Virusck	R. 04 02 000, H. 78 11 000
Repparfjordfjell	R. 03 93 600, H. 78 03 850
Svartfjell	R. 04 02 650, H. 78 12 750
Gaskagorzec	R. 04 03 050, H. 78 08 600
Cinkarassa	R. 03 96 000, H. 78 01 950

Vererzungen:

Vererzungen östlich des Brattelvs:

westliche Vererzung: R. 04 03 850, H. 78 12 600

östliche Vererzung: R. 04 04 350, H. 78 13 100

Vererzung nordöstlich des Breiddalsfjells:

R. 03 99 650, H. 78 09 150

Vererzung westlich des Virusck:

R. 04 00 800, H. 78 10 500

Vererzung südlich des Breiddalsfjells:

R. 03 97 950, H. 78 07 500

Vererzung östlich des Repparfjordfjells:

R. 03 96 450, H. 78 04 200

Probenpunkte:

Pr.Nr.

Pr.Nr.

1	R. 04 04 300, H. 78 12 250
2	R. 04 04 250, H. 78 12 400
3	R. 04 04 150, H. 78 12 500
4	R. 04 04 100, H. 78 12 450
5	R. 04 03 920, H. 78 12 550
6	R. 04 03 900, H. 78 12 630

7	R. 04 03 750, H. 78 12 610
8	R. 04 04 050, H. 78 12 650
11	R. 04 04 470, H. 78 12 800
12	R. 04 04 550, H. 78 12 640
13	R. 04 04 660, H. 78 12 500
14	R. 04 05 620, H. 78 12 750

Pr.Nr.

15 R. 04 05 650, H. 78 12 650  
 16 R. 04 05 700, H. 78 12 450  
 17 R. 04 05 670, H. 78 12 300  
 18 R. 04 05 700, H. 78 12 170  
 19 R. 04 05 700, H. 78 12 040  
 20 R. 04 05 700, H. 78 11 870  
 27 R. 04 05 950, H. 78 11 900  
 28 R. 04 05 950, H. 78 12 040  
 36 R. 04 06 570, H. 78 12 370  
 52 R. 04 06 500, H. 78 13 010  
 56 R. 04 06 400, H. 78 13 470  
 75 R. 04 05 830, H. 78 12 860  
 76 R. 04 05 900, H. 78 12 770  
 78 R. 04 05 960, H. 78 12 500  
 79 R. 04 06 070, H. 78 12 400  
 94 R. 04 04 100, H. 78 10 400  
 95 R. 04 04 040, H. 78 10 160  
 96 R. 04 04 020, H. 78 10 100  
 97 R. 04 04 020, H. 78 09 990  
 108 R. 04 04 400, H. 78 09 950  
 133 R. 04 01 350, H. 78 06 300  
 134 R. 04 00 950, H. 78 06 400  
 137 R. 04 04 570, H. 78 09 800  
 151 R. 03 96 650, H. 78 04 220  
 154 R. 03 96 500, H. 78 04 290  
 156 R. 03 96 900, H. 78 04 150  
 158 R. 03 97 030, H. 78 03 860  
 173 R. 04 04 400, H. 78 09 550  
 174 R. 04 04 320, H. 78 09 450  
 177 R. 04 04 630, H. 78 09 330  
 178 R. 04 04 700, H. 78 09 420  
 183 R. 04 03 090, H. 78 07 480  
 194 R. 03 98 570, H. 78 05 200  
 195 R. 03 98 650, H. 78 04 950  
 196 R. 03 98 850, H. 78 04 860  
 197 R. 03 99 060, H. 78 04 720

Pr.Nr.

198 R. 03 99 090, H. 78 04 500  
 199 R. 03 99 120, H. 78 04 280  
 200 R. 03 99 180, H. 78 04 020  
 201 R. 03 99 470, H. 78 03 850  
 202 R. 03 99 770, H. 78 04 050  
 204 R. 04 00 640, H. 78 05 900  
 238 R. 03 99 150, H. 78 08 440  
 264 R. 04 00 130, H. 78 08 650  
 266 R. 03 99 830, H. 78 08 650  
 267 R. 03 99 750, H. 78 08 750  
 268 R. 03 99 700, H. 78 08 900  
 269 R. 03 99 950, H. 78 08 450  
 270 R. 04 00 060, H. 78 08 370  
 274 R. 04 01 380, H. 78 09 000  
 275 R. 04 01 250, H. 78 09 040  
 276 R. 04 01 110, H. 78 09 120  
 277 R. 04 00 920, H. 78 09 110  
 281 R. 04 00 720, H. 78 09 180  
 282 R. 04 00 550, H. 78 09 110  
 308 R. 03 99 250, H. 78 00 890  
 309 R. 03 99 350, H. 78 07 040  
 311 R. 03 99 270, H. 78 07 240  
 314 R. 03 98 820, H. 78 06 910  
 315 R. 03 98 750, H. 78 07 100  
 316 R. 03 98 520, H. 78 07 100  
 319 R. 04 00 500, H. 78 12 000  
 321 R. 04 00 850, H. 78 11 600  
 325 R. 04 00 780, H. 78 11 060  
 326 R. 04 00 750, H. 78 10 920  
 327 R. 04 00 680, H. 78 10 790  
 361 R. 04 01 600, H. 78 10 050  
 363 R. 04 01 520, H. 78 10 400  
 366 R. 04 04 150, H. 78 12 000  
 372 R. 03 98 370, H. 78 06 700  
 373 R. 03 96 200, H. 78 03 650  
 374 R. 03 96 050, H. 78 03 790

Tafel 1



Abb. 9

Repparfjordelv mit Blick  
auf Cinkarassa; im Vor-  
dergrund: Quarzite der  
Doggeelv-Formation



Abb. 10

Landschaft 1,5 km östl.  
des Cinkarassa mit  
Quarziten der Doggeelv-  
Formation



Abb. 11

Repparfjordelv mit  
Quarziten der Doggeelv-  
Formation

Tafel 2



Abb. 12

Tal des Repparfjordelv  
zwischen Gaskagorze u.  
Virusc; links: Grünsteine  
der Holmvann-F., rechts:  
Quarzite der Doggeelv-F.

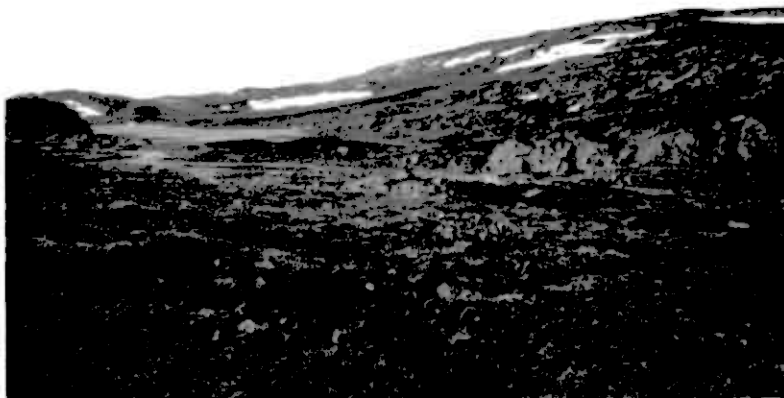


Abb. 13

Landschaft 1 km nördlich  
des Breiddalsfjells mit  
Grünsteinen der Holmvann-  
Formation



Abb. 14

Landschaft ca. 2 km nord-  
östlich des Cinkarassa  
mit Quarziten der Dogge-  
elv-Formation

Verzeichnis der Kartenbeilagen

Karte 1 : Probenpunkte

Geochemische Karten:

Karte 2 : Dithizon-Analysen, Bachsedimente cxHM

" 3 : Dithizon-Analysen, Bachsedimente cxCu

" 4 : Dithizon-Analysen, Bachwässer cxHM

" 5 : Ionenaustauscher Cu

" 6 : " Zn

" 7 : " Pb

" 8 : " Co

" 9 : " Ni

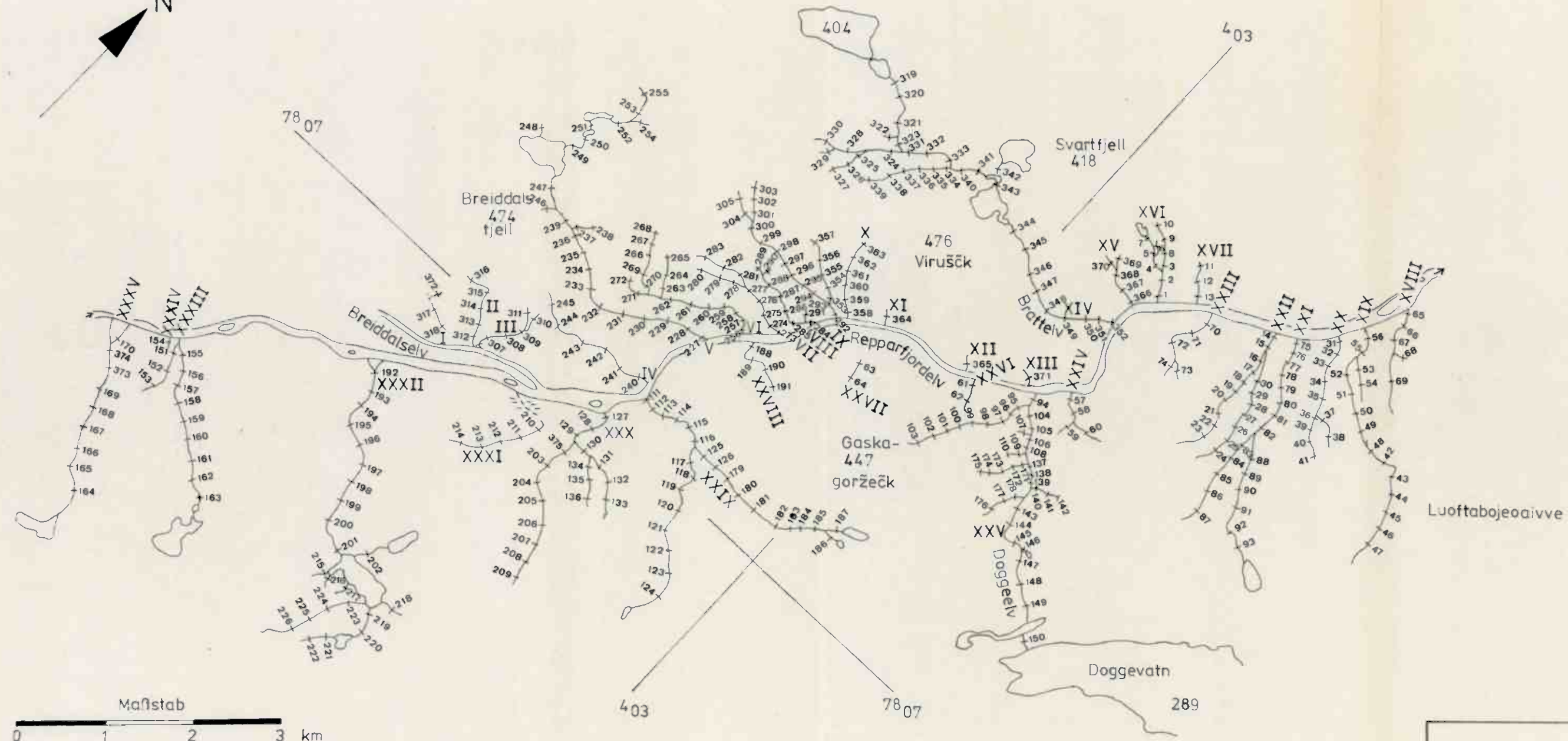
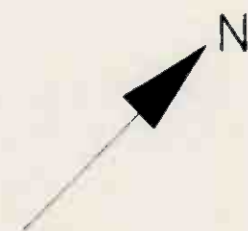
Geologische Karten:

Karte 10: Geologische Karte des südöstlichen Teil des  
Komagfjord-Fensters nach P. REITAN (1960)

Karte 11: Geologische Karte des Komagfjord-Fensters nach  
P. REITAN (1960)

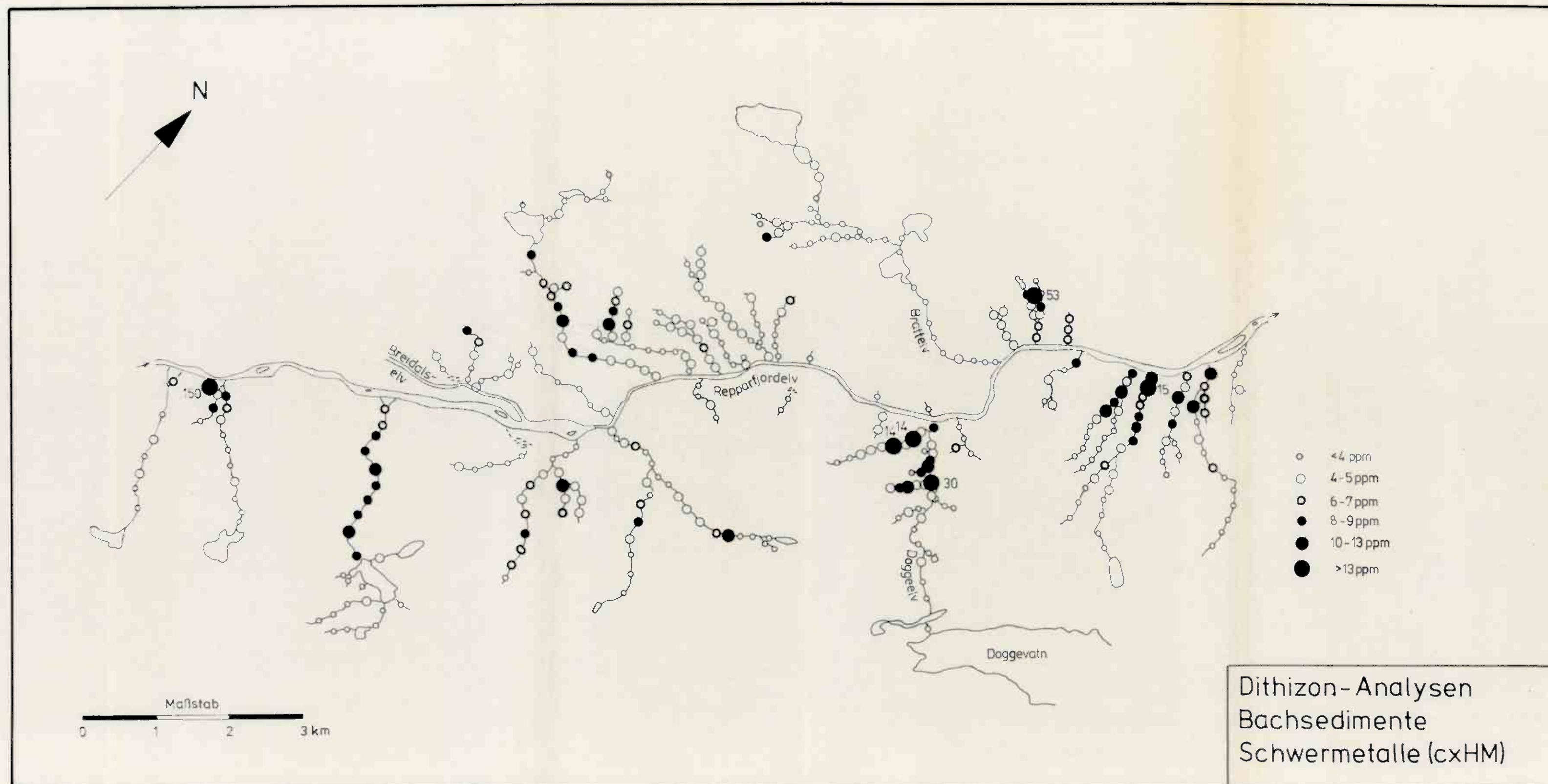
Karte 12: Auftreten der viscaria alpina

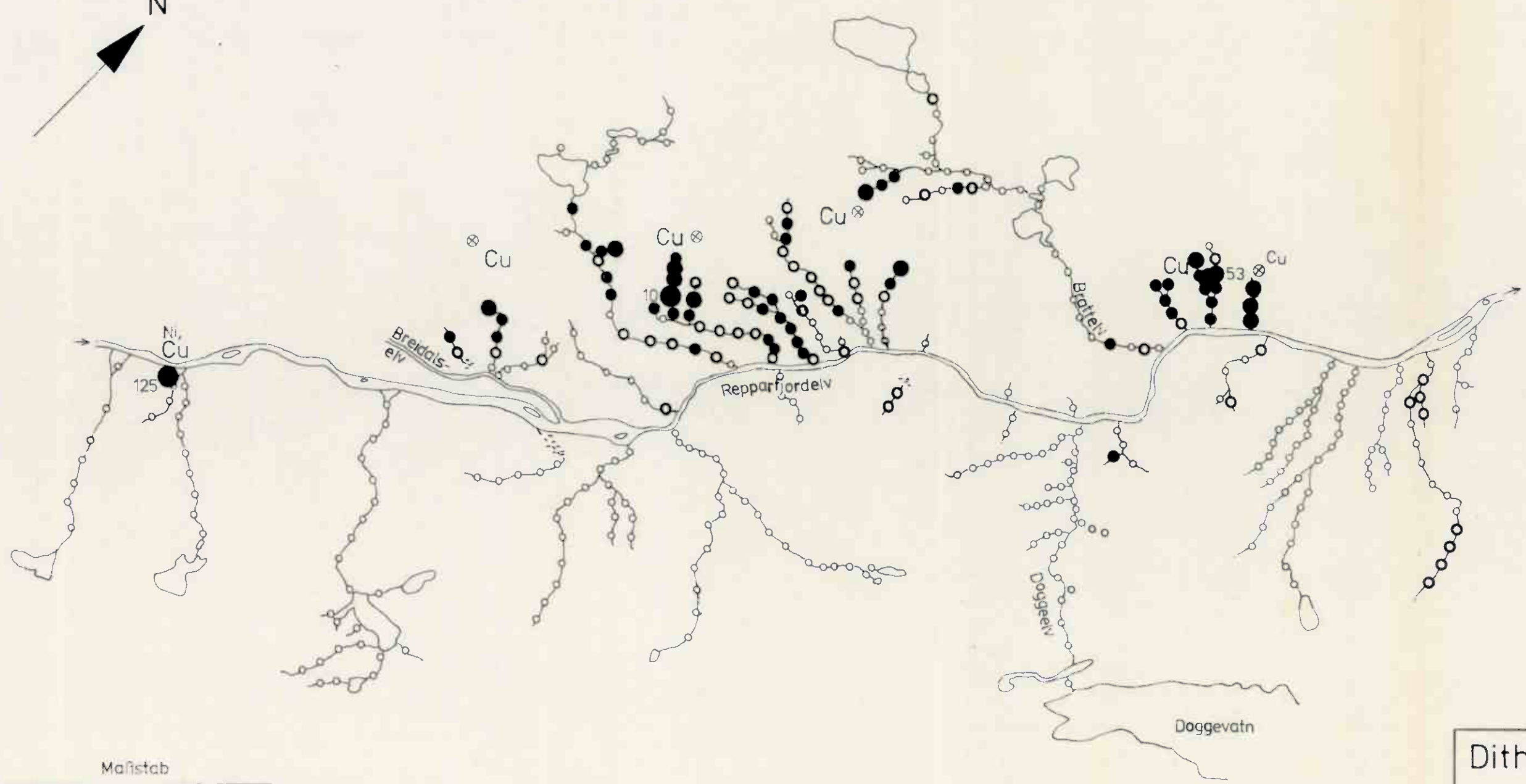
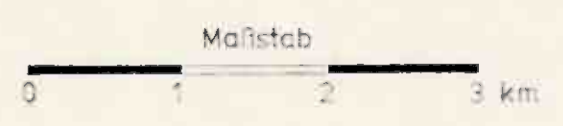
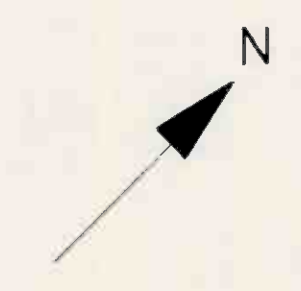
Karte 13: Topographische Karte Blatt 'Repparfjord' 1:50 000,  
AMS Serie M 711, Sheet 1935 I



Probennummern

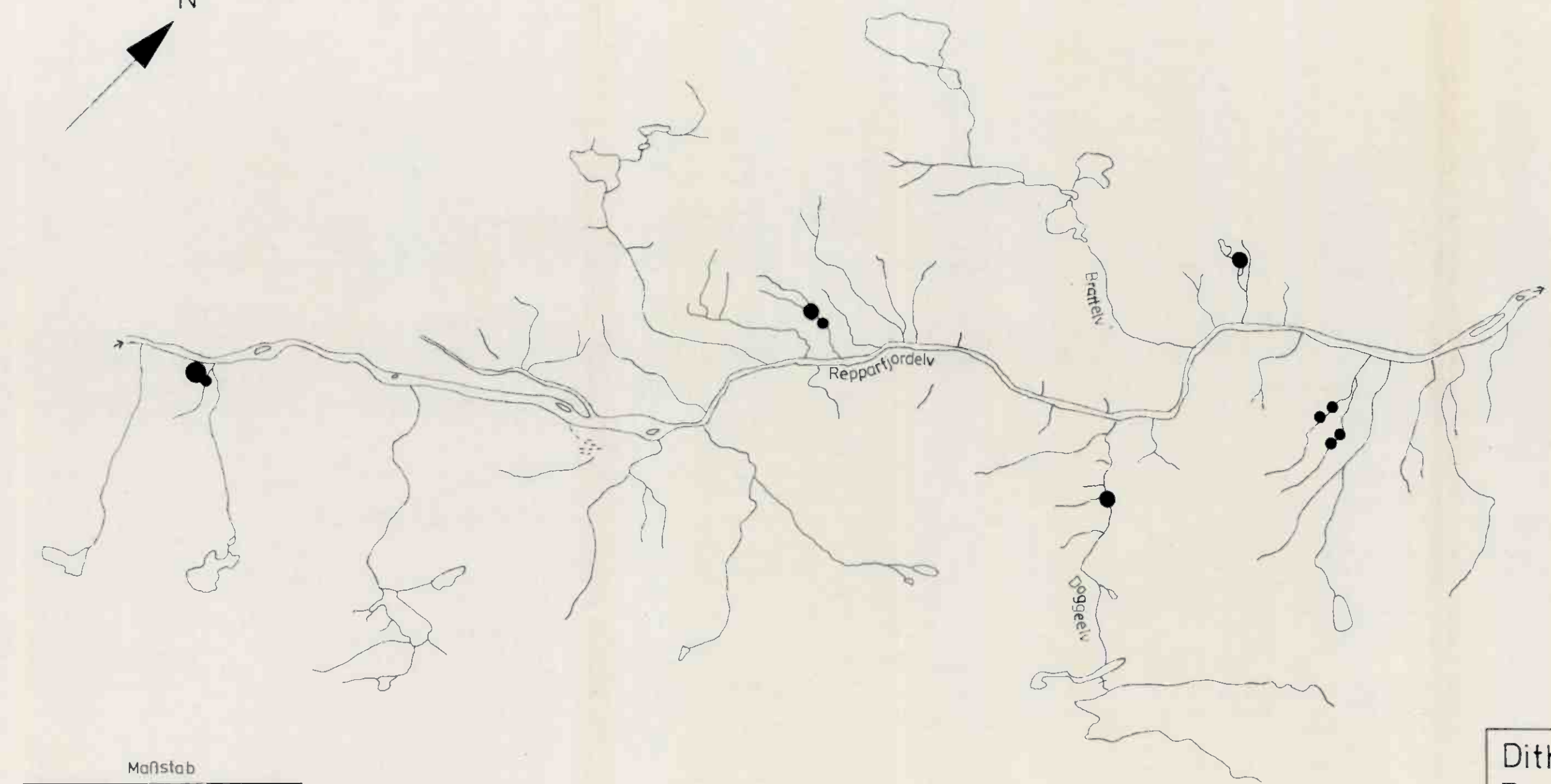
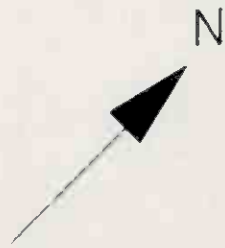




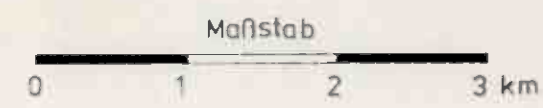


- < 3 ppm
- 3 ppm
- 4-5 ppm
- 6-9 ppm
- > 9 ppm

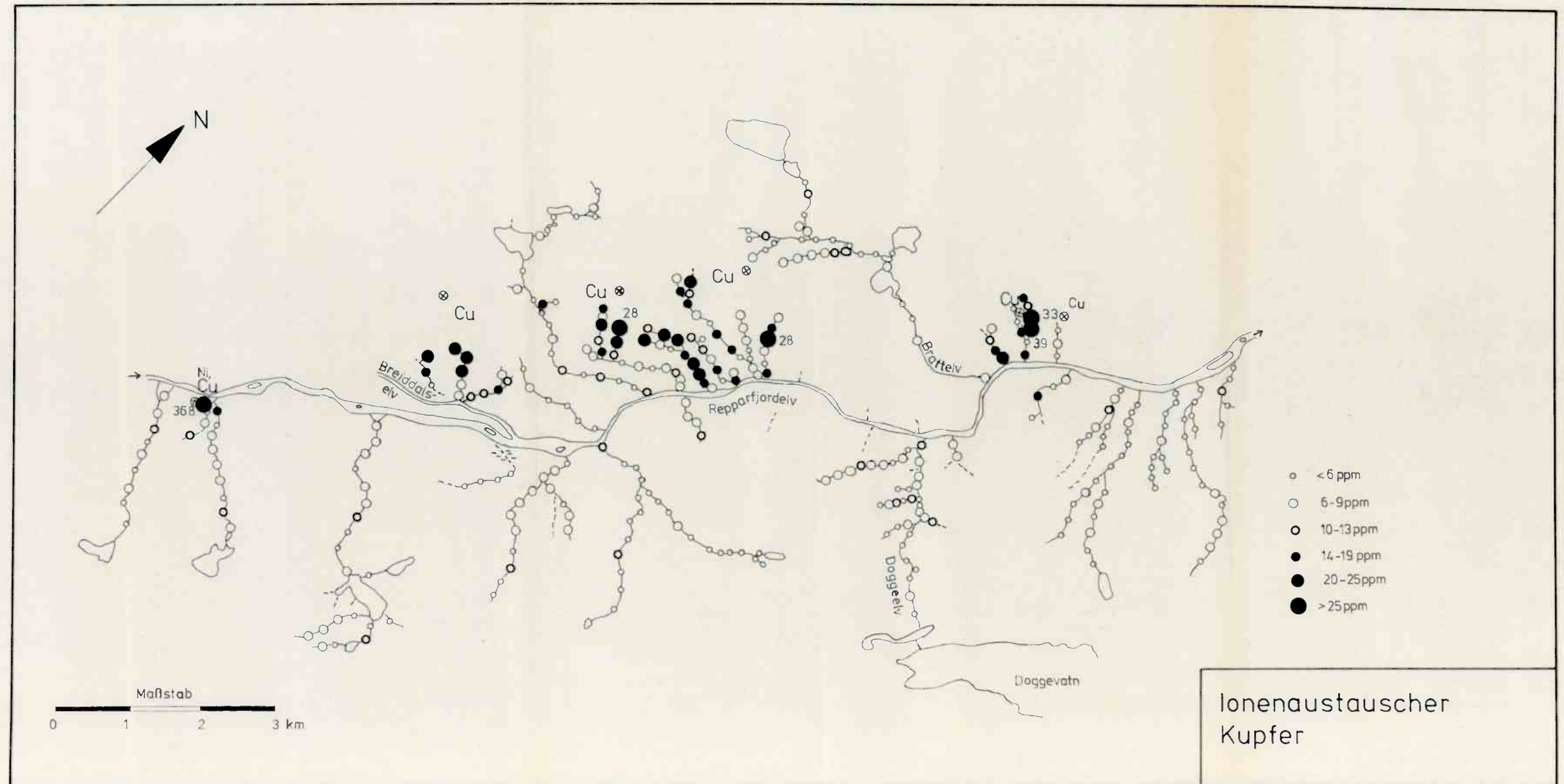
Dithizon-Analysen  
Bachsedimente  
Kupfer (cxCu)



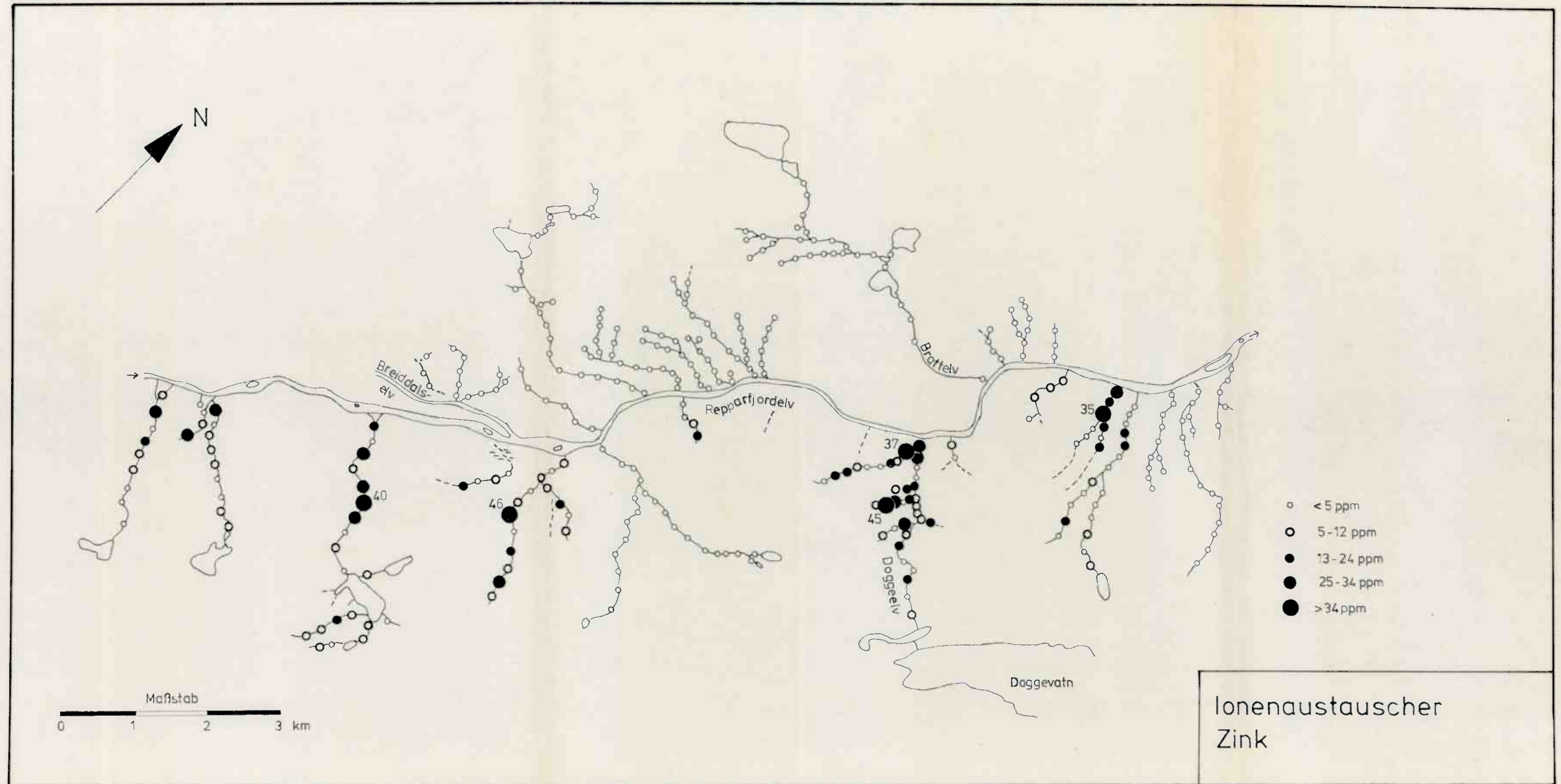
- / <5 ppb
- 5 ppb
- 10 ppb
- 50 ppb

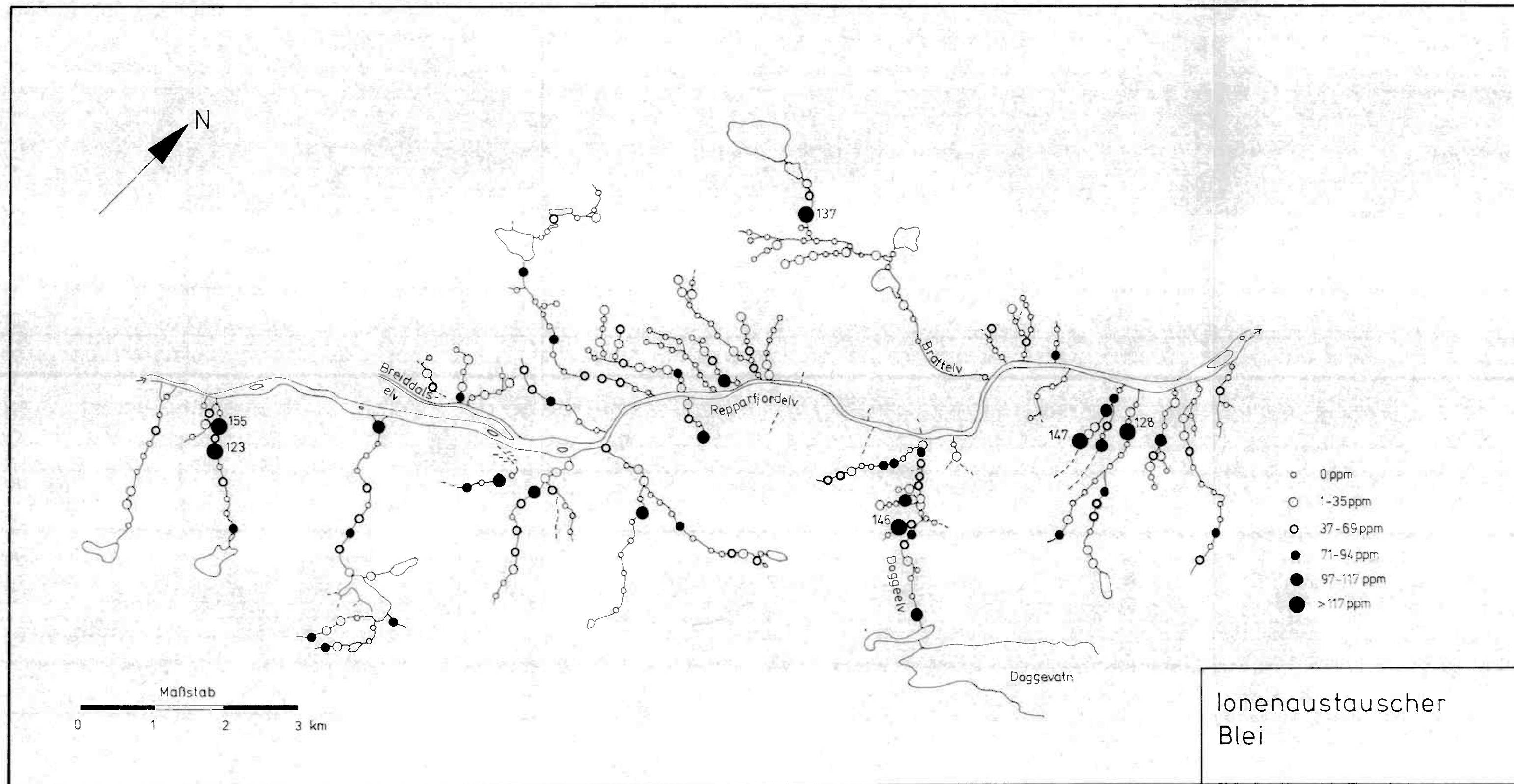


Dithizon-Analysen  
Bachwässer  
Schwermetalle (cxHM)

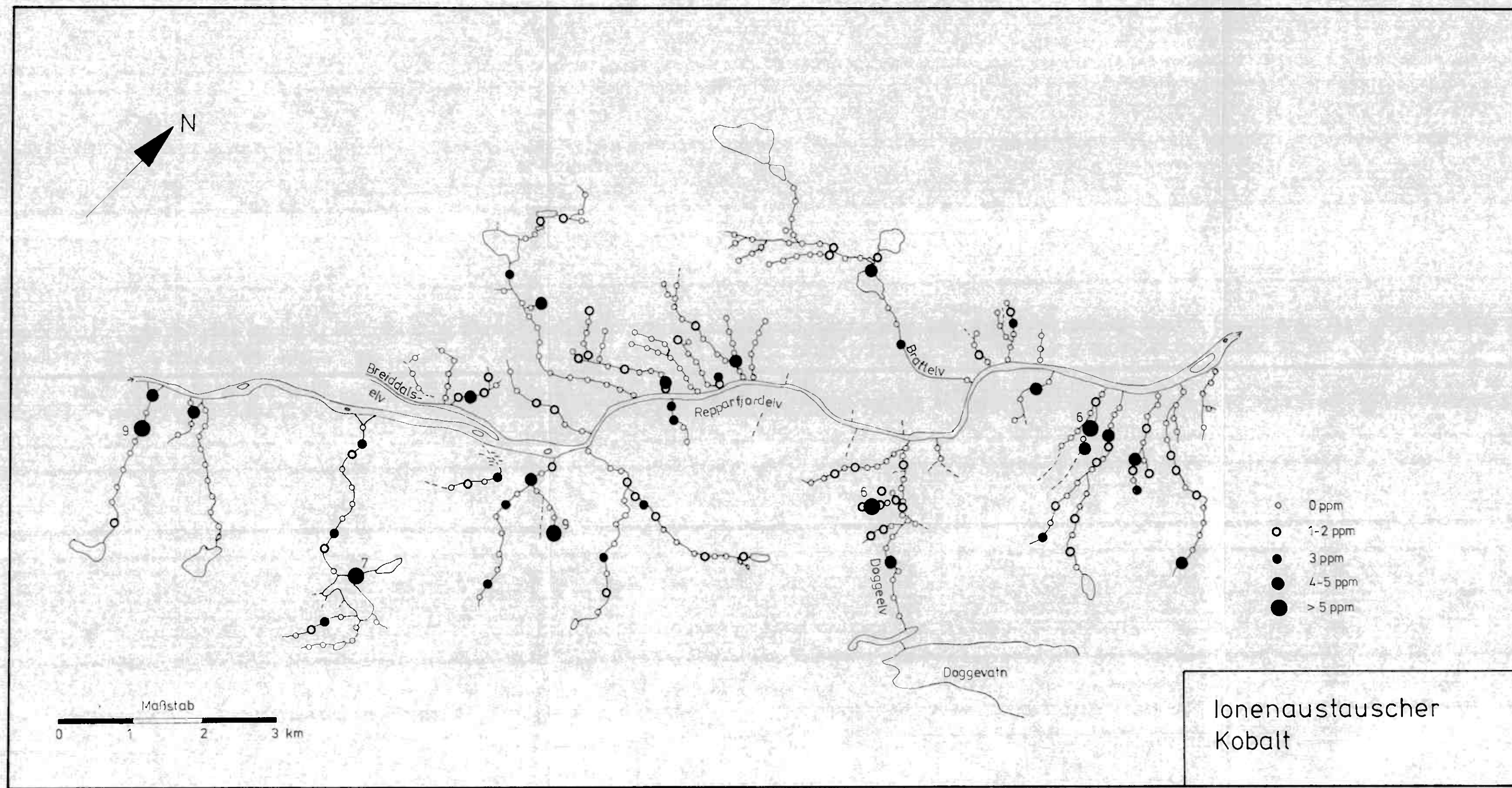


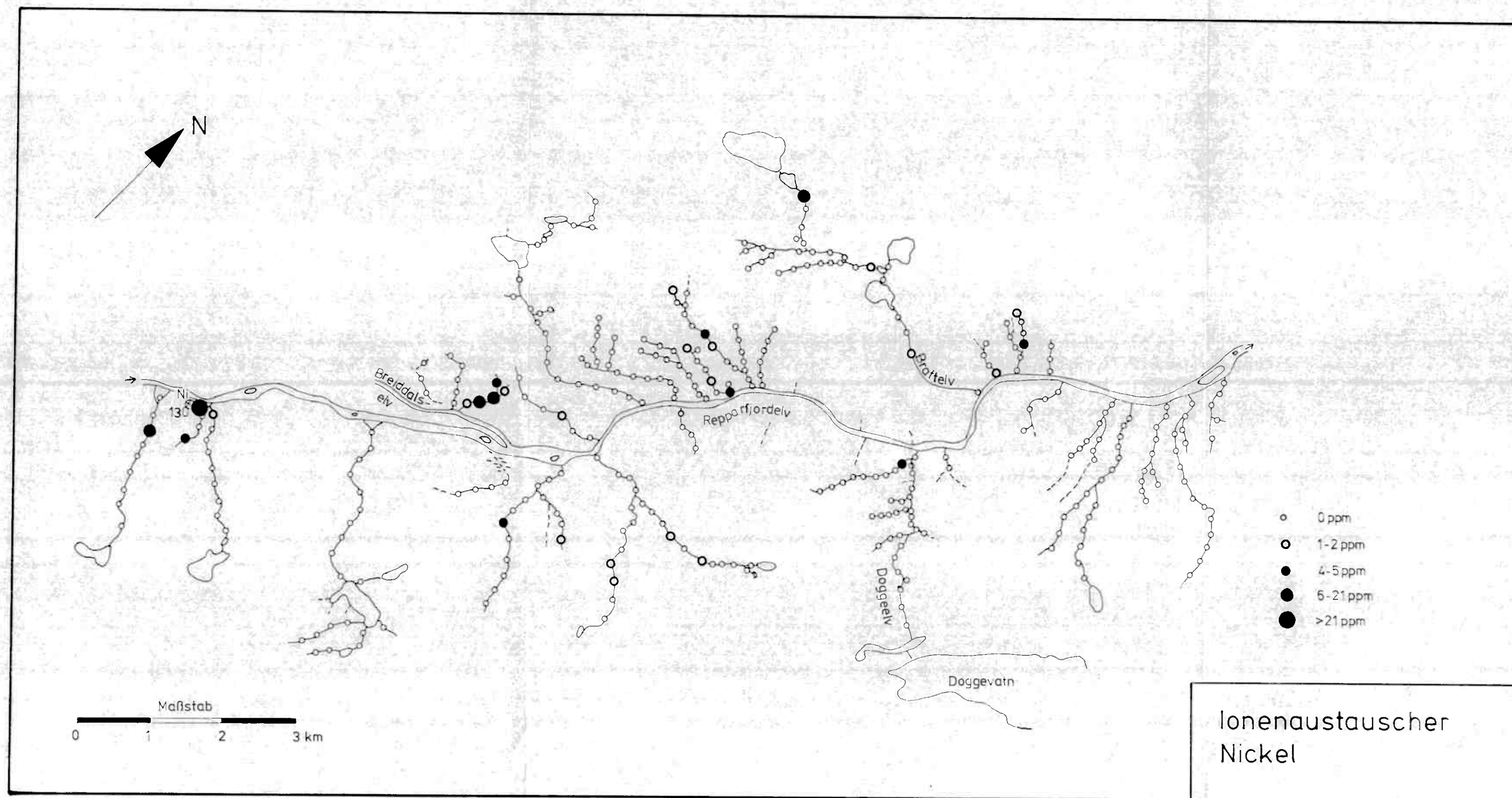




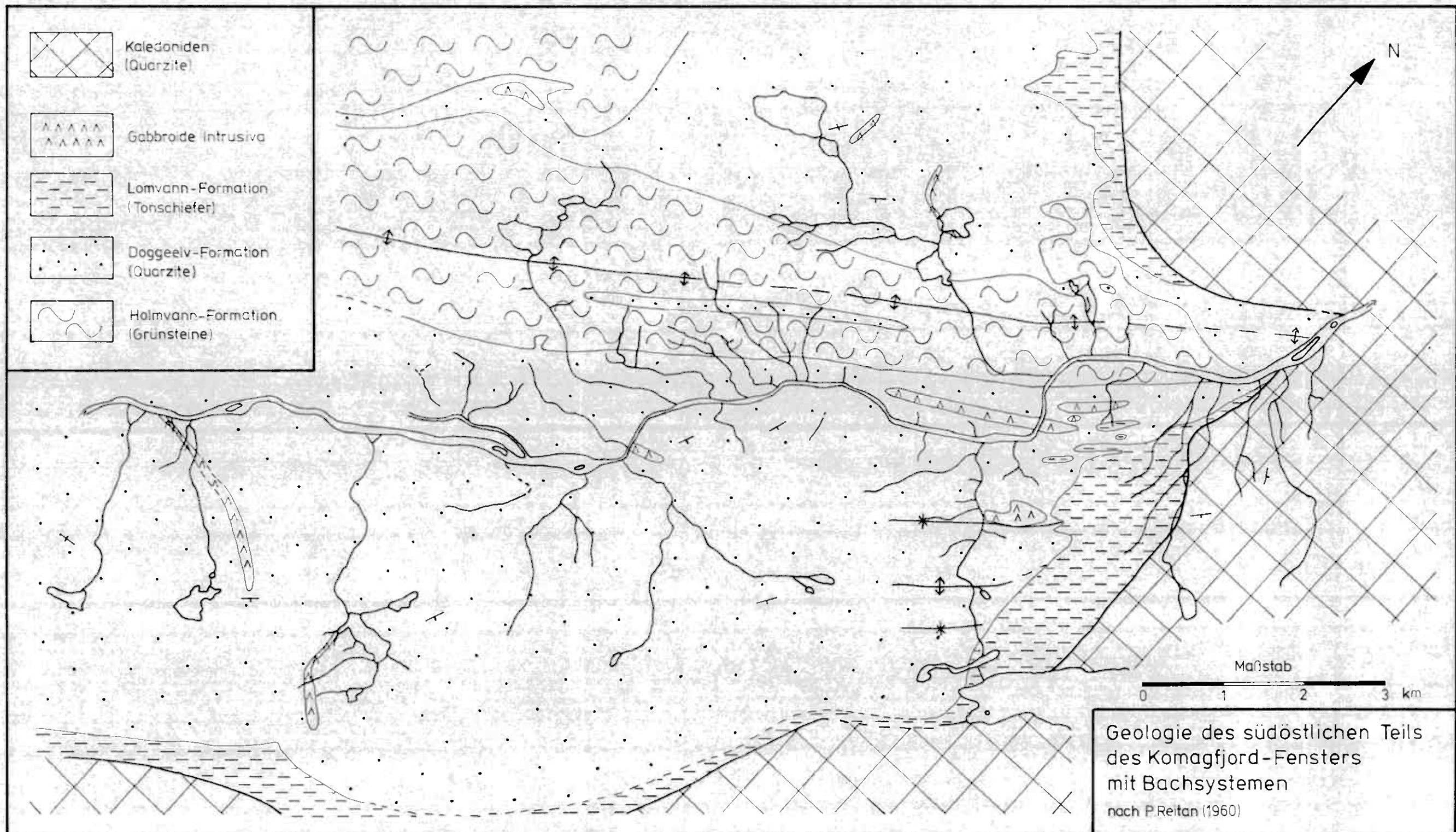










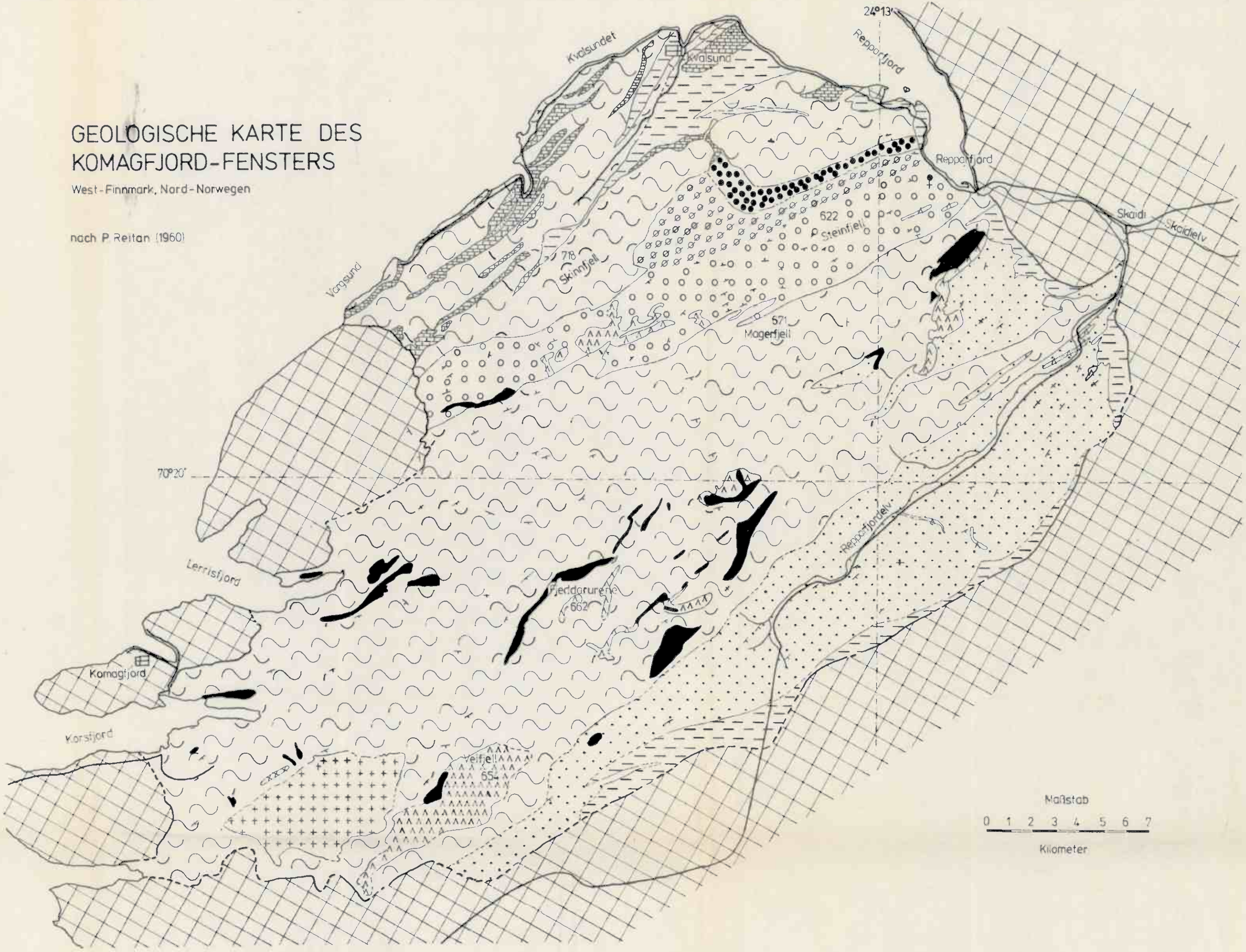




GEOLOGISCHE KARTE DES  
KOMAGFJORD-FENSTERS

West-Finnmark, Nord-Norwegen

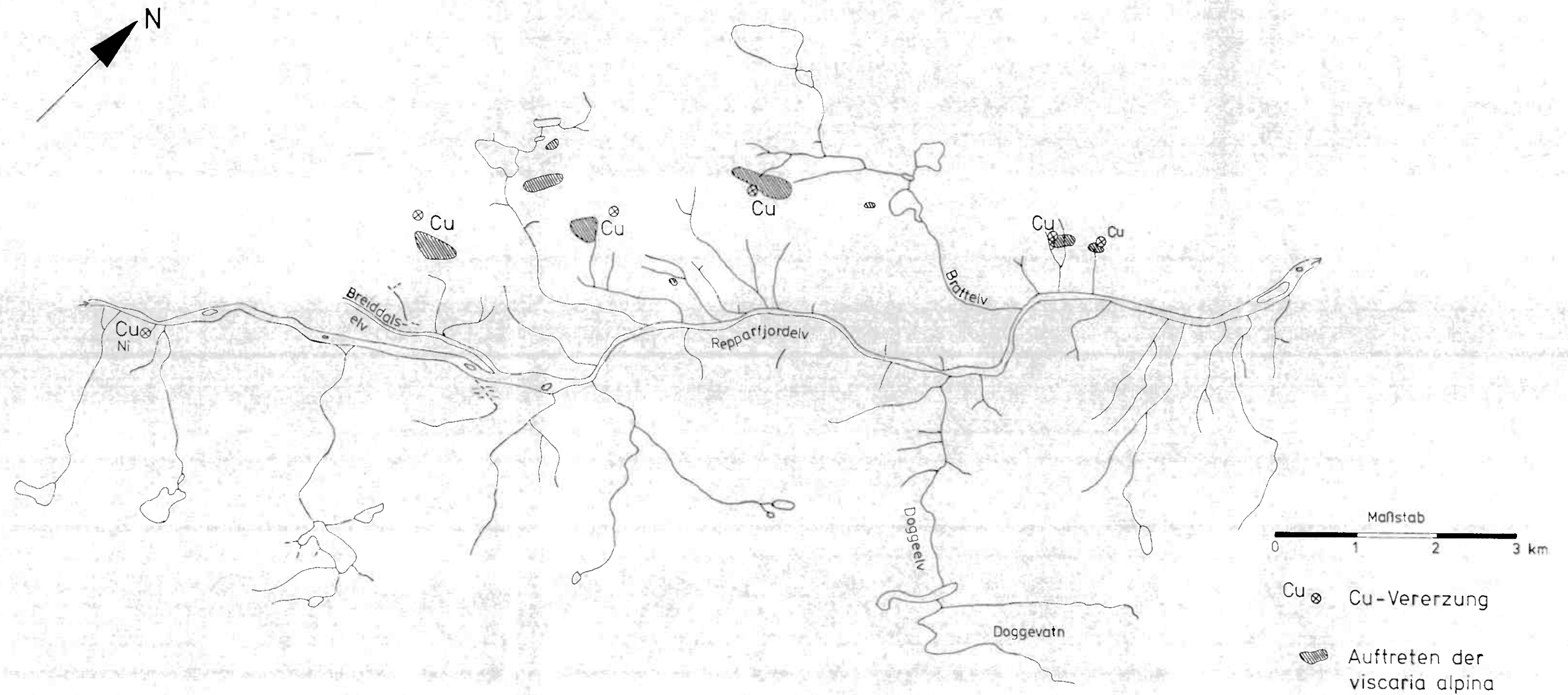
nach P. Reitan (1960)



Legende

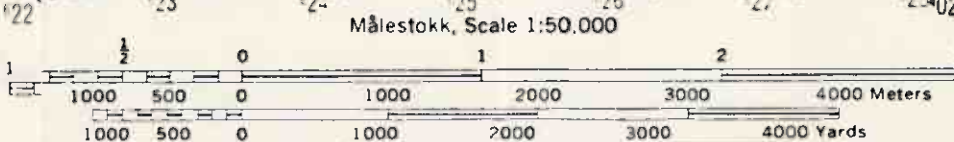
- |                                  |  |   |                                       |
|----------------------------------|--|---|---------------------------------------|
|                                  | Kaledoniden  |   |                                       |
| Gesteine des Komagfjord-Fensters |  |   |                                       |
|                                  | Trondhjemitische Intrusiva   | } Präkambrium<br>(wahrsch. Präkambrium) |                                       |
|                                  | Gabbroide Intrusiva  |   |                                       |
|                                  | Ultrabasische Intrusiva  |   |                                       |
|                                  | Fiskevann-Formation  | } Saltvann-Gruppe                       |                                       |
|                                  | Djupelv-Formation  |   |                                       |
|                                  | Steinfjell-Formation   |   |                                       |
|                                  | Kvalsund-Formation (NW)<br>Lomvann-Formation (E)                     | } Repparfjord-Gruppe<br>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. Einfallen                |
|                                  | Straße   |   | Streichen u. senkrechtes<br>Einfallen |
|                                  | Grube  |   |                                       |











LEGEND--TEIKNTYDING

EKVIDISTANSE. CONTOUR INTERVAL 30 METERS

TRANSVERSE MERCATOR PROJECTION

HORIZONTAL DATUM: EUROPEAN DATUM

BLACK NUMBERED LINES INDICATE THE 1 000 METER UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR GRID ZONE 35 INTERNATIONAL SPHEROID DATUM WITH CORRECTION

BLOT NUMBERED FOR IDENTIFICATION PURPOSES ONLY - NOT FOR INDEXING  
TRANSMITTED TO THE FBI BY THE U.S. DEPARTMENT OF JUSTICE

THE LAST THREE DIGITS OF THE GRID NUMBERS ARE OMITTED  
TALLERANGIR KM

HEIGHTS AND DEPTHS IN METERS

NOTING ERRORS OR OMISSIONS ON THIS MAP ARE URGED TO MAPS MEMBERS AND FORWARDED DIRECTLY TO THE ARMY MAP SERVICE, WASHINGTON, D. C. MAPS SO FORWARDED WILL BE RETURNED OR REPLACED.

G (KARTREFIRENSI)	SONOMFADE GRID ZONE DESIGNATION 35W	TO GIVE A STANDARD THIS SWEE TO HEAR
-------------------	---	---

RECEIVED	100 KM RATE	SAMPLE POINT 41580
94.3	100 G/M SQUARE IDENTIFICATION	1. Locate first VERTICAL grid line

Notes on at 100 km scale

2. Locate first HORIZONTAL grid point and read LARGE figure.

SA75332	IGNORE the SMALLER figures of age and number; there are too many fish in the sample. Use ONLY the larger figures.	LAMPI REFERENCE If reporting below 100,000 m <sup>2</sup> , be as precise as possible and give a range if appropriate.
---------	---	---

19 JUL 1984 10 29	LARGER figures of the grid number, example 7797000	Report bearing 8°N S or E Grid Zone Designation, as
-------------------	--	--

INDEX TO ADJOINING SHEETS  
 RECORDING INFORMATION 105

1	2	3
---	---	---

1936 III	1936 II	2036 III
----------	---------	----------

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

1935 IV	1935 I	2035 IV
---------	--------	---------

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

1	2	3
---	---	---

1935 III	1935 II	2035 III
----------	---------	----------

--	--	--

1

• 1 •

2°32' OR 6°30'

45 MILS OR 116 MILS

21

WATER	AN
1. 2. 3. 4. 5.	5.

100

DECLINATION 1952  
OF SHEET

Diagrammet, an

north line connect the south edge of the map

angle between GRID  
NORTH and plottadon

North edge of the map      1 for hold til RUTE

GLOSSARY-FORKORTELSER

[illegible]

REPPARFJORD, NORWAY