

BEITRÄGE ZUR GEOLOGIE DER SCHWEIZ

Geotechnische Serie, Lieferung 43

Herausgegeben mit Subvention der Eidgenossenschaft von der
Schweizerischen Geotechnischen Kommission

Organ der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft

UNTERSUCHUNGEN ÜBER RADIOAKTIVE MINERALIEN UND GESTEINE
IN DER SCHWEIZ

**Die Uranvererzungen am Südrand des Aarmassivs
bei Naters (Kt. Wallis, Schweiz)**

VON

TONI P. LABHART

KOMMISSIONSVERLAG: KÜMMERLY & FREY, GEOGRAPHISCHER VERLAG, BERN

1967

DRUCK VON ASCHMANN & SCHELLER AG, BUCHDRUCKEREI ZUR FROSCHAU, ZÜRICH

Vorwort der Schweizerischen Geotechnischen Kommission und des Arbeitsausschusses für die Untersuchung schweizerischer Mineralien und Gesteine auf Atombrennstoffe und seltene Elemente

An der Sitzung vom 22. Januar 1966 lag der Geotechnischen Kommission ein Manuskript vor: «Die Uranvererzungen am Südrand des Aarmassivs bei Naters (Kt. Wallis, Schweiz)» von Toni P. Labhart. Es enthält die Ergebnisse systematischer Forschungsarbeiten in der südlichen Gneiszone des Aarmassivs nördlich Brig, veranlaßt durch den Arbeitsausschuß (Untersuchungsleiter Prof. Dr. Th. Hügi, Chefgeologe Dr. E. Rickenbach). Der Ausschuß betraute damit Herrn Dr. T. Labhart, der mit dem Gebiet durch seine Dissertationsarbeit «Petrotektonische Untersuchungen am Südrand des Aarmassivs» eng vertraut war. Die Arbeit wurde von der Geotechnischen Kommission zum Druck für die Reihe «Untersuchungen über radioaktive Mineralien und Gesteine in der Schweiz» ihrer «Beiträge» angenommen.

Die Kommission dankt Herrn Dr. Labhart und den weitem im Text genannten Beteiligten vielmals für ihre große und zum Teil mühevollen Forschungstätigkeit an diesem ersten ausgedehnten zentralmassivischen Uranvorkommen. Die Laborarbeiten wurden am Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Bern und am Lehrstuhl für Technische Petrographie der Eidg. Technischen Hochschule durchgeführt.

Dem Schweizerischen Nationalfonds sei für die große Förderung der Landesuntersuchung auf radioaktive Elemente der beste Dank ausgesprochen. Die Kosten für die Druckvorbereitung und den Druck übernahm die Schweizerische Geotechnische Kommission.

Für den Inhalt von Text und Figuren ist der Verfasser allein verantwortlich.

Zürich, Februar 1967.

Für die Schweizerische Geotechnische Kommission
und den Arbeitsausschuß
Der Präsident: Prof. F. de Quervain

Inhaltsverzeichnis

Abstract	5
Zusammenfassung	6
1. Einleitung	7
2. Geologischer Überblick	8
3. Die Radioaktivitätsmessungen	9
3.1 Allgemeines	9
3.2 Die radiometrischen Anomalien in der Umgebung von Naters	9
4. Die Vererzungen	15
5. Die Schürfung Schwendibielen	24
6. Alter und Genese der Uranvorkommen von Naters	26
6.1 Überlegungen zum Alter der Vererzung	26
6.2 Überlegungen zur Genese der Vererzung	27
6.2.1 Der Charakter der alpinen Überprägung	27
6.2.2 Der voralpine Zustand und die Entstehung der Vererzungen	27
6.3 Hinweise auf benachbarte aarmassivische Vererzungen	28
7. Literatur	30

Abstract

A belt of uranium mineralisation has been found during recent years in the polymetamorphic rocks on the southern border of the Aar Massif (see situation on Table I). The zone may be followed, somewhat discontinuously, for about 10 kilometres in a northeast-southwest strike direction. Cross sections show one to four thin uranium mineralised layers lying parallel to the schistosity, and dipping as the schistosity of the host rock steeply to the SE (Figs. 1a, 1b, 2 and 3). The zone is parallel to the southern border of the Aar Massif (an average of 200 m within the Massif), and furthermore, is also concordant with the parallel banding of the gneiss, which has more or less retained its orientation during the Alpine deformation.

The uranium ore (pitchblende) occurs frequently as minute (1–10 μ) accessory granules in mica-rich gneisses and schists, augengneisses, and on shear planes in intercalated granite-aplite layers. If coarser grained pitchblende occurs in the same rocks, it is associated with pyrite, galena or molybdenite. The variable character of the occurrence may possibly be related to metamorphic activity, as the ores, as well as the country rock, show a definitely Alpine metamorphism. The mineralisation is interpreted as a pre-Alpine (Permian, Hercynian or older) low temperature impregnation in a susceptible tectonic belt. Genetic relationship with neighboring Pb-, Zn- and Mo-mineralisations of the Aar Massif are presumed, but cannot be proved.

The economic significance of the occurrence can be discussed only after further work has opened the fresh country-rock. A preliminary surface working, from which approximately 5 t. of rock were processed, showed an average uranium content of 260–300 ppm.

Résumé

Dans le massif de l'Aar, près de Brigue, dans des roches polymétamorphiques, des minéralisations d'uranium ont été découvertes et étudiées au cours de ces dernières années. Elles se situent dans une zone quelque peu discontinue, d'orientation NE-SW, longue de près de 10 km, qui se place à l'intérieur du massif, à quelque 200 m de sa bordure méridionale (Taf. I). Le minerai est concentré dans de minces lits qui sont parallèles à la foliation préalpine des roches encaissantes, qui plongent assez fortement au SE (Fig. 1a, 1b, 2, 3). Cette foliation, bien qu'affectée par la tectonique alpine, semble avoir gardé son orientation ancienne.

Le minerai d'uranium pechblende se présente le plus souvent en très petits granules (1 à 10 μ), dans les gneiss riches en micas, les schistes et les gneiss œillés de même que sur des plans de cisaillement qui apparaissent dans des aplites discordantes. Dans ces mêmes roches, là où la pechblende est plus grossière, on constate qu'elle est associée à de la pyrite, de la galène, de la molybdénite.

La façon diverse dont la minéralisation se présente est peut-être à mettre en relation avec l'activité métamorphique alpine, qui marque aussi bien le minerai que les roches encaissantes. La minéralisation est considérée comme le résultat d'une imprégnation de basse température (permienne, hercynienne ou plus ancienne), qui s'est mise en place dans une zone tectoniquement faible. Une relation génétique avec les minéralisations environnantes en Pb, Zn, et Mo, du Massif de l'Aar, est supposée mais n'a pu être prouvée. L'importance économique de ce gisement ne pourra être appréciée que si des travaux peuvent atteindre les roches saines et en laissant de côté les roches trop fortement altérées de la surface. Dans ces dernières, des travaux préliminaires entrepris en bordure d'une masse de 5 tonnes, ont montré des concentrations de 260 – 300 ppm. d'Uranium.

Zusammenfassung

In polymetamorphen Gesteinen am Südrand des Aarmassivs (vgl. Situation, Tafel I) wurden in den letzten Jahren eine Reihe von Uranvererzungen aufgefunden. Sie lassen sich, wenn auch meist nicht kontinuierlich, rund 10 Kilometer weit in einer nordost-südwest-streichenden Zone verfolgen. Querprofile durch diese Zone zeigen eine bis vier dünne, uranvererzte, schieferungsparallele Lagen, die wie die Schieferung der Trägergesteine steil nach Südosten einfallen (vgl. Fig. 1a, 1b, 2 und 3). Die Zone liegt einerseits parallel zum Südrand des Aarmassivs (durchschnittlich etwa 200 Meter im Massivinnern), andererseits parallel zu einem voralpinen Parallelgefüge der Gneise, das bei der alpinen Gebirgsbildung fast lagekonstant nochmals mechanisch überprägt wurde.

Das Uranerz (Pechblende) findet sich oft in Form winziger ($1-10 \mu$) akzessorischer Körnchen in glimmerreichen Gneisen und Schiefen, Augengneisen und auf Scherflächen in eingeschalteten Aplitgranitlagen. Wo – in denselben Gesteinen – gröberkörnige Pechblende auftritt, ist sie mit Pyrit, Bleiglanz oder Molybdänglanz vergesellschaftet. Die unterschiedliche Art des Vorkommens kann möglicherweise auf metamorphe Vorgänge zurückgeführt werden, denn das Erzvorkommen hat – wie die Trägergesteine – deutlich alpin metamorphen Charakter. Auf Grund eines Indizienschlusses wird die Vererzung als voralpine (permische, hercynische oder ältere) niedrigthermale Imprägnation einer tektonischen Schwächezone gedeutet.

Genetische Zusammenhänge mit benachbarten aarmassivischen Pb-, Zn- und Mo-Vererzungen werden vermutet, sind aber nicht beweisbar.

Die ökonomische Bedeutung der Vorkommen kann erst nach weiteren Erschließungsarbeiten diskutiert werden, wenn tiefere, von der Verwitterung verschonte Felspartien erfaßt wurden. Eine erste Oberflächen-Schürfung, bei der rund 5 t Gestein verarbeitet wurden, ergab durchschnittliche Urangehalte von 260–300 ppm.

1. Einleitung

Im Jahre 1958 wurde von einem Mitarbeiter des «Arbeitsausschuß für die Untersuchung schweizerischer Mineralien und Gesteine auf Atombrennstoffe und seltene Elemente» in einem unterirdischen Aufschluß bei Naters (Kanton Wallis) eine stark erhöhte Radioaktivität festgestellt. Eine 1959 organisierte Oberflächenprospektion führte zur Entdeckung einer ganzen Reihe radiometrischer Anomalien. Wie erste chemische Bestimmungen zeigten, handelte es sich um Uranvererzungen. Die Resultate der anschließenden Feld- und Labor-Untersuchungen wurden in mehreren internen, unveröffentlichten Rapporten an den «Arbeitsausschuß» festgehalten; veröffentlicht wurden lediglich kurze Hinweise auf das Uranvorkommen¹.

Inzwischen hat der Autor seine Dissertation über einen Teil des Altkristallins des Aarmassivs, der identisch ist mit der weiteren Umgebung der Vererzungen, abgeschlossen (LABHART, 1965). In jener Arbeit wurde nicht weiter auf die Vererzungen eingegangen.

Nun sind in den acht Jahren seit der Entdeckung dieser Vorkommen die radiometrischen Messungen in den Alpen sehr intensiv vorangetrieben worden. Dabei zeigte es sich immer deutlicher, daß die Zentralmassive, im Gegensatz etwa zur Frontzone des Penninikums zwischen dem Großen St. Bernhard und Visp, auffallend arm an Uranvererzungen sind (siehe Übersichtskarte in HÜGI et al., 1962).

Aus dem Gotthardmassiv beschrieb DE QUERVAIN (1965) ein lokales, an Pegmatitgänge gebundenes Vorkommen von Uraninit. Abgesehen von diffusen Pechblende-Vererzungen im Karbon (HÜGI und JEDWAB, 1966) ist das Aiguilles Rouges-Massiv (nach dem heutigen Stand der Kenntnisse) frei von Uranvererzungen. Im italienischen Teil des Mont Blanc-Massivs kennt man uranvererzte Mylonitzonen (BAGGIO, 1958). Im Tavetscher Zwischenmassiv ist in den letzten Jahren eine größere Uranvererzung bei Tiraun entdeckt worden. Im Aarmassiv ist die Mineralisation von Naters bis jetzt isoliert geblieben, wenn man von einigen lokalen, noch nicht abgeklärten radiometrischen Anomalien absieht.

Unter diesen Umständen ist die Kenntnis jedes einzelnen zentralmassivischen Uranvorkommens von Bedeutung. Aus diesem Grunde hat sich der «Arbeitsausschuß» auch zur Publikation der wichtigsten Resultate der Untersuchung der Uranvererzungen von Naters entschlossen.

Die Anregung zur vorliegenden Arbeit ging von Herrn Prof. Th. Hügi aus. Ihm und Herrn Prof. F. de Quervain sei für ihr Interesse und ihre Unterstützung herzlich gedankt.

Für Begleitung und Unterstützung im Felde danke ich meinen Kameraden Andreas Arnold, Carlo Gemmet, Hans Hofmann, Jeannot Klingler, Willi Scherer und Albrecht Steck.

Bei den erzmikroskopischen Untersuchungen waren mir Dr. S. Gräser und Dr. M. Wüthrich behilflich.

Der Electra-Massa und der Aletsch AG sind wir für die Erlaubnis, ihre Stollen begehen zu dürfen, sehr verpflichtet, ebenso den leitenden Herren des Konsortiums Zschokke-Fux für ihre freundliche Unterstützung und die gastfreundliche Aufnahme.

Die Untersuchungen wurden finanziert durch den Schweiz. Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung und durch die Geotechnische Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft.

¹ HÜGI (1958, p. 398), HÜGI et al. (1958, p. 2), HÜGI et al. (1959), RICKENBACH (1959, p. 16), ELBEL et al. (1962, p. 651), HALM et al. (1962, p. 14 und 26), HÜGI et al. (1962, p. 5), BÄCHTIGER (1963, p. 95), HÜGI (1963, p. 528) und LABHART (1965, p. 54).

2. Geologischer Überblick

(vgl. Tafel I)

Die Vererzungen liegen im Altkristallin des Aarmassivs, wenige hundert Meter von dessen Südrand entfernt, wo die Urseren-Zone, eine Serie von permischen bis liasischen Sedimenten in tektonischem Kontakt dem Massiv anliegt. Unter dem Begriff «Altkristallin» oder «Schieferhülle» faßt man im Aarmassiv Gesteine verschiedenster Art zusammen, Gesteine, die nur eines gemeinsam haben, nämlich daß sie älter sind als der Zentrale Aaregranit, der sie mit scharfer Diskordanz durchbricht. Der Zentrale Aaregranit ist nach den Altersbestimmungen von PASTEELS (1964) und WÜTHRICH (1965) hercynischen Alters (um 280 Mio. Jahre). Auch in nicht mechanisch durchbewegten Gesteinen macht sich die alpine Metamorphose in einer Verjüngung der Rb-Sr-Alterswerte bemerkbar: Fräulein Prof. E. Jäger hat an Glimmern aus den Altkristallinserien nördlich Naters Werte von rund 10 Millionen Jahren gemessen (mündliche Mitteilung). Eine Altersabfolge petrogenetischer Phasen innerhalb des Altkristallins wurde von LABHART (1965) aus dem Gebiet nördlich Naters beschrieben: Älteste Serien von Amphiboliten und Biotit-Plagioklas-Gneisen weisen isoklinales Nord-Süd-Streichen auf oder zeigen ein ausgeprägtes SSW-Axialgefälle von 35 bis 45°. Dieser alte Bau wurde von einer Migmatisation erfaßt, die die Strukturen aber nur lokal zu zerstören vermochte. Jüngere Gänge wie Aplite, Quarzporphyre und Lamprophyre durchsetzen ihrerseits die Migmatite; sie gehören wahrscheinlich bereits in den hercynischen Zyklus. Leider verfügen wir neben diesen relativen Altersbeziehungen über keine radiometrischen Altersbestimmungen. Jüngere, vor allem alpine Deformationen, haben später Altkristallin wie Zentralen Aaregranit erfaßt.

Die nähere Umgebung der Uranvererzungen ist dargestellt auf Tafel II. In dieser südlichsten Zone des Aarmassivs dominieren Biotit-Serizit-Gneise und -Schiefer, die, vor allem gegen Südwesten hin, in Epidot-Biotit-Schiefer übergehen. Der Grad der Schieferigkeit variiert stark und hängt, wenigstens zum Teil, direkt mit der Intensität der alpinen Deformation zusammen. Untergeordnet findet man Serizit-Augengneise (die im südwestlichsten Teil des Massivs eine große Verbreitung erlangen). Diskordant eingelagert sind Aplit-Gänge und auch größere Aplitgranit-Stöcke. Leider fehlen gerade in dieser südlichsten Zone des Massivs die voralpinen Gneisstrukturen, wie sie oben beschrieben wurden. Das Gefüge der Gneise scheint in dieser Zone bereits voralpin Nordost-Südwest orientiert gewesen zu sein; dafür sprechen die scharf eingeregelteten, durchwegs südostfallenden Aplitgänge, von denen eine große Zahl in den Stollen der Electra-Massa eingemessen werden konnte (vgl. Tafel III). Möglicherweise sind diese Gneise bereits späthercynisch verschiefert worden; die späthercynischen Leitlinien verlaufen ja an vielen Stellen den späteren alpinen parallel (Quarzporphyrgänge bei Blatten, Karbonzone des Lötschentals, Großorientierung des Zentralen Aaregranits usw.).

Der Charakter der alpinen Überprägung konnte gerade in diesem südlichsten Massivabschnitt recht gut erfaßt werden. Die alpinen Strukturen der (alpin monometamorphen) Sedimente der unmittelbar südlich anschließenden Urseren-Zone konnten in gleicher Art und Abfolge ins Massiv hinein verfolgt werden. So sind in den Gneisen als alpin zu datieren:

- eine erste, steil südostfallende Schieferung, die also dem oben diskutierten voralpinen Parallelgefüge parallel verläuft,
- eine zweite, gleichstreichende, vertikale Schieferung; parallel zur ungefähr horizontalen Schnittgeraden mit der ersten Schieferung bilden sich Falten von Millimeter- bis Dezimeter-Größe.

3. Die Radioaktivitätsmessungen

3.1 Allgemeines

Die Technik der Radioaktivitätsmessungen in den Alpen wird uns vom Gelände diktiert. Die wenigen Fahrstraßen setzen der Möglichkeit einer Prospektion vom Auto aus enge Grenzen. Das ausgeprägte alpine Relief bietet für die Prospektion vom Flugzeug aus fast unlösbare meß- und flugtechnische Schwierigkeiten. Wir sind in den Alpen heute noch in den meisten Fällen auf eine Vermessung zu Fuß mit tragbaren Geräten angewiesen. Dabei kommen Szintillometer, neuerdings auch wieder Geigerzähler² zum Einsatz. Das Arbeiten mit tragbaren Geräten setzt die Meßgenauigkeit herab. Erschütterungen, starke Temperaturschwankungen und Feuchtigkeit setzen den Instrumenten zu. Nun ist die physikalisch exakte Feldmessung nicht das Hauptziel des prospektierenden Geologen; er soll in erster Linie radiometrische Anomalien (Indikationen³) auffinden. Man nimmt daher die Unzulänglichkeiten der Geräte in Kauf. Um nicht eine falsche Genauigkeit vorzutäuschen, setzen wir oft anstelle einer definierten Strahlungs-Einheit den Ausdruck «Skalenteile auf Instrument XY», mit dem Zusatz: «entspricht ungefähr $x \mu r/h$ ».

In einem zu untersuchenden Gebiet werden in erster Linie möglichst lückenlos aufgeschlossene Profile in Stollen oder entlang Straßen und Bachläufen durchgemessen. Vor allem den Messungen in Stollen, wie sie vom «Arbeitsausschuß» seit Jahren in allen Neubauten und zugänglichen Altbauten durchgeführt werden, verdanken wir viele wertvolle Daten. Soll ein bestimmtes Gebiet, etwa auf Grund von in Stollen gefundenen Hinweisen, im Detail vermessen werden, bleibt in unserem Terrain kaum eine andere Möglichkeit, als Aufschluß um Aufschluß durchzumessen. Die Bedeutung geometrisch regelmäßiger Vermessungsnetze tritt in den Hintergrund, denn die Meßwerte werden durch die ständig ändernden Raumwinkel und die sehr verschieden mächtige Überdeckung des Anstehenden durch Glazial- und Gehängeschutt zu sehr verfälscht.

3.2 Die radiometrischen Anomalien in der Umgebung von Naters

In Tafel I, welche als Übersicht dienen soll, ist das radiometrisch im Detail vermessene Gebiet dargestellt. Die Süd- bzw. Südostgrenze wird im wesentlichen durch das Rhonetal zwischen Mörel und Lalden gebildet. Die Nordgrenze verläuft (von Ost nach West) von Mörel über Riederfurka-Gebidem-Alp Bel-Foggenhorn-unteres Gredetschtal nach Lalden. Die wichtigsten, zusammenhängenden Meßprofile waren die Straße Naters-Blatten, die Stollen der Electra-Massa zwischen Gebidem und Massaboden sowie der Riederhornstollen der Aletsch AG. Alle in diesem Gebiet gefundenen radiometrischen Anomalien liegen in einer Zone von 10 km Länge parallel zum Rhonetal (d. h. hier auch parallel zum Südrand des Aarmassivs und zur Schieferung der Gneise) einige hundert Meter im Innern des Massivs.

Die Indikationen sind in Tafel I und II mit roten Kreisen eingetragen (gefüllte Kreise = anstehende Vererzungen; leere Kreise = Vererzungen in Blöcken). Auf Tafel II ist das Gebiet mit den stärksten und bestaufgeschlossenen Vererzungen in Form einer petrographischen Kartenskizze 1:10000 dargestellt.

Wenn man sich vom Talgrund bei Naters gegen Nordosten wendet, trifft man eine erste Vererzung unmittelbar am Dorfausgang von Naters auf einem Fußweg aufgeschlossen (Koord. 642 42/130 81, Landeskarte 1:50000, Blatt 274 Visp, 700 m ü. M.). Fig. 1a zeigt die Verteilung der Radioaktivität auf einem ebenen Wegstück von ca. 4×20 m Fläche; der Fels ist entweder aufgeschlossen oder von einer wenige Zentimeter dicken Humusschicht bedeckt. Für die graphische Darstellung der Verteilung der Radioaktivität haben wir bei den Figuren 1a, 1b und 2 folgendes Verfahren gewählt: Der Bezugswert 1 ist die Durchschnittsaktivität des unvererzten Gesteins und die Erhöhungen werden als Vielfaches davon angegeben, sei es als Kurvendarstellung (Fig. 1a und 1b) oder in einem Diagramm (Fig. 2).

Die im Horizontalschnitt langgezogen erscheinenden Bereiche erhöhter Radioaktivität liegen parallel zur ausgeprägten Schieferung der Serizitgneise (die hier mit 65° nach Südosten einfällt).

Nordöstlich dieser Stelle ist der Fels meist von Moränenschutt überdeckt; an den spärlichen Aufschlüssen

² Siehe ELBEL et al. (1962).

³ Wir bezeichnen mit «Indikationen» Meßwerte, die das Fünffache des Umgebungswertes übersteigen.

konnte keine erhöhte Aktivität festgestellt werden. Dasselbe gilt für die Biotit-Serizit-Gneise an der Straße Naters-Blatten in der streichenden Fortsetzung. Die Vererzung ist unmittelbar oberhalb der Straße in 810 m Höhe wieder anzutreffen (Zentrum Koord. 642 90/131 17, Lokalname «Schwendibielen», nicht auf der Landeskarte)⁴. Hier treten in einer über zweihundert Meter langen und 8–10 Meter breiten Zone zahlreiche vererzte Stellen auf. An dieser Lokalität setzten wir auch eine erste Schürfung an (siehe Abschnitt 5, Seite 24). Fig. 1b zeigt die Verteilung der Radioaktivität im rund 33 Meter langen und durchschnittlich einen Meter breiten Schürfgraben nach der Probenahme. Der Graben liegt horizontal und seine Längsachse folgt dem Streichen der schiefrigen Biotit-Serizit-Gneise. Auch hier erscheint das Erz räumlich an die Schieferung gebunden.

Die nordöstliche Fortsetzung dieser Zone liegt wiederum unter Moränenschutt. Erst auf der Westseite der Massa, die sich hier (wahrscheinlich postglazial) eine 80 bis 100 Meter tiefe Schlucht gefressen hat, sind auf 825–840 m ü. M. wieder zahlreiche Indikationen festgestellt worden. Ein schönes Querprofil durch die vererzte Zone gibt uns hier ein kleiner Stollen, durch den Wasser zu Bewässerungszwecken aus der Schlucht geleitet wird. Fig. 2 zeigt die Radioaktivitätsprofile (γ -Logs) vom West- und vom Oststoß. Man erkennt mehrere parallele, vererzte Zonen, die sich auf ein Querprofil von rund 30 Metern verteilen. Sie liegen wiederum parallel zur Schieferung der Gneise. Eine Begehung der Massaschlucht bei niedrigstem Wasserstand im März ließ uns die Vererzung auch auf dem Grund der Schlucht, ca. 80 Meter tiefer, auffinden. Hier ist eine etwa vier Meter mächtige Zone vererzt. Die Gneise sind völlig unverwittert (Flußerosion). Zerscherte Aplitadern wechseln mit glimmerreichen Lagen, in denen die Uranvererzungen zu finden sind.

Nachdem die Erzführung am höchsten und tiefsten Punkt der ca. 100 Meter hohen westlichen Schluchtwand feststand, interessierte uns natürlich der Verlauf der Vererzung in der Wand. Mit Hilfe von Bergführer Carlo Gemmet (Naters/Saas Fee) und Hans Hofmann (Bern) wurde unter recht großen technischen Schwierigkeiten diese sehr steile Flanke radiometrisch vermessen. Fig. 3 (eine Montage mehrerer Fotografien) ist eine Ansicht dieser Flanke vom gegenüberliegenden östlichen Schlucht-Oberrand aus. Die wichtigsten Indikationen sind durch weiße oder schwarze Kreuze angegeben; insgesamt wurden über 50 Indikationen aufgefunden, deren Lage am Fels mit roter Farbe markiert wurde. Die Markierung ist heute noch gut sichtbar. Abgesehen von einzelnen isolierten Punkten ordnen sich die Indikationen in Zonen. Die Zonen a und c fallen mit 75° bis 80° nach Südosten. An ihnen ist eine Zerrüttung der Gneise festzustellen, die sowohl eine Folge der Verwitterung biotitreicher Lagen als auch die Folge alpiner Tektonisierung sein kann. In der Zone b sind die Vererzungen auf etwa drei Meter Mächtigkeit verteilt; hier fällt der vererzte Streifen mit 60 bis 65° nach Südosten ein. Das Couloir c führt zur Vererzung auf dem Schluchtgrund. Eine Parallelisierung dieser Zonen mit denjenigen im 50 Meter weiter westlich parallel zur Wand verlaufenden Wasserstollen, dessen Projektion in Fig. 3 eingetragen ist, läßt sich gut durchführen: Zone a entspricht der Vererzung bei m 31 (vgl. Fig. 2), Zone c derjenigen bei m 14/15 und Zone b derjenigen bei m 12/13. Die mutmaßliche Fortsetzung der Vererzung bei m 1 bis 3 liegt in der Schluchtwand in einer ungangbaren Rinne (ganz links in Fig. 3).

Am östlichen Oberrand der Schlucht wurde auf 830 m ü. M. eine starke Vererzung gefunden. Eine Begehung der östlichen überhängenden Schluchtwand kam des zerrütteten Felses wegen nicht in Frage.

Weiter östlich wurde in der Schlaufe der neuen Straße von Bitsch nach Eichen (Koord. 643 98/131 92, 830 m ü. M.) eine vereinzelte Indikation gemessen. Dann zieht die streichende Fortsetzung in die Sackungsmasse nordöstlich von Bitsch. Erst 10 Kilometer talaufwärts (nördlich Mörel) fanden wir eine weitere auf mehrere Quadratmeter lokalisierte Vererzung (Landeskarte Blatt 264 Jungfrau, Koord. 646 45/134 26, 910 m ü. M.).

Zurzeit sind im Gebiet der Massamündung die Bauarbeiten der Electra-Massa im Gange. Von besonderem Interesse waren für uns drei Stollen, die vom Massaboden in die unterirdische Zentrale Bitsch führen (schematisch eingezeichnet in Tafel I). Alle drei mußten nach unseren Oberflächenbeobachtungen die vererzte, steil südostfallende Ebene schneiden. Tafel III stellt einen Höhenschnitt auf 690 m ü. M. dar; die Höhenabweichung der nicht genau gleich hoch liegenden Stollen ist für mehrere Stellen angegeben. Auf dem Höhenschnitt sind die wichtigsten geologischen Fakten eingezeichnet.

⁴ Dicht unterhalb dieser Stelle auf Straßenniveau (800 m ü. M.) fanden wir während des Baues der Straße (1958) einige hochradioaktive Blöcke. Auch lag damals tiefer an der Straße (790 m ü. M.) eine vererzte Gneispartie frei, die jedoch wahrscheinlich nicht anstehend, sondern gesackt war; die Stelle ist jetzt zugemauert.

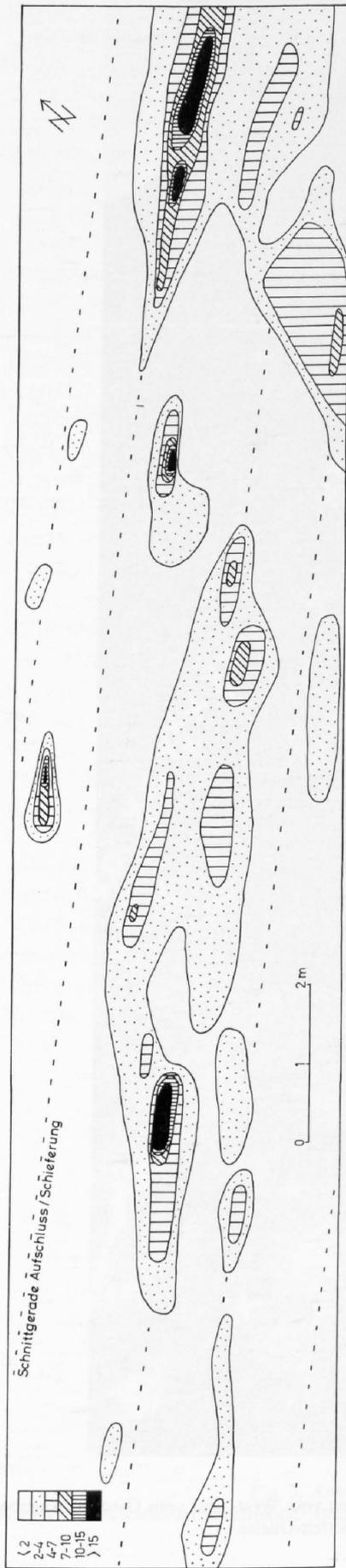


Fig. 1a Radiometrische Karte eines Aufschlusses beim nordöstlichen Dorfausgang von Naters (Koord. 642 42/130 81). Die dargestellte Oberfläche ist annähernd horizontal. Die Radioaktivität ist in Vielfachen der durchschnittlichen Aktivität der umgebenden Serizit-Gneise angegeben.

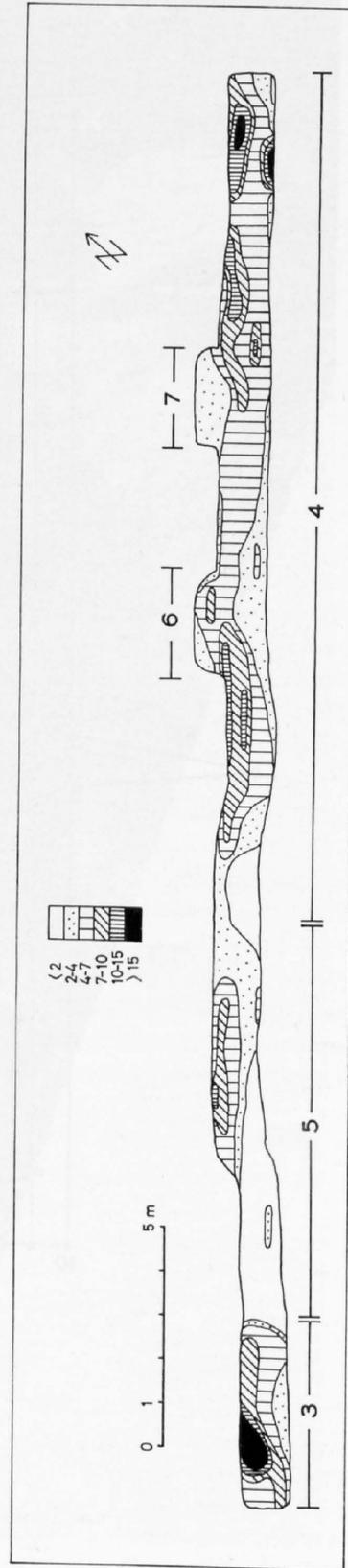


Fig. 1b Radiometrische Karte des Schürftgrabens bei Schwendbielen (nach der Probenahme). Der Graben ist horizontal und verläuft im Streichen der schieferigen Biotit-Serizit-Gneise. Die Radioaktivität ist in Vielfachen der durchschnittlichen Aktivität dieser Gneise angegeben. Die Zahlen 3-7 markieren die Entnahmestellen der entsprechenden Schürfproben (vgl. Tab. 3)

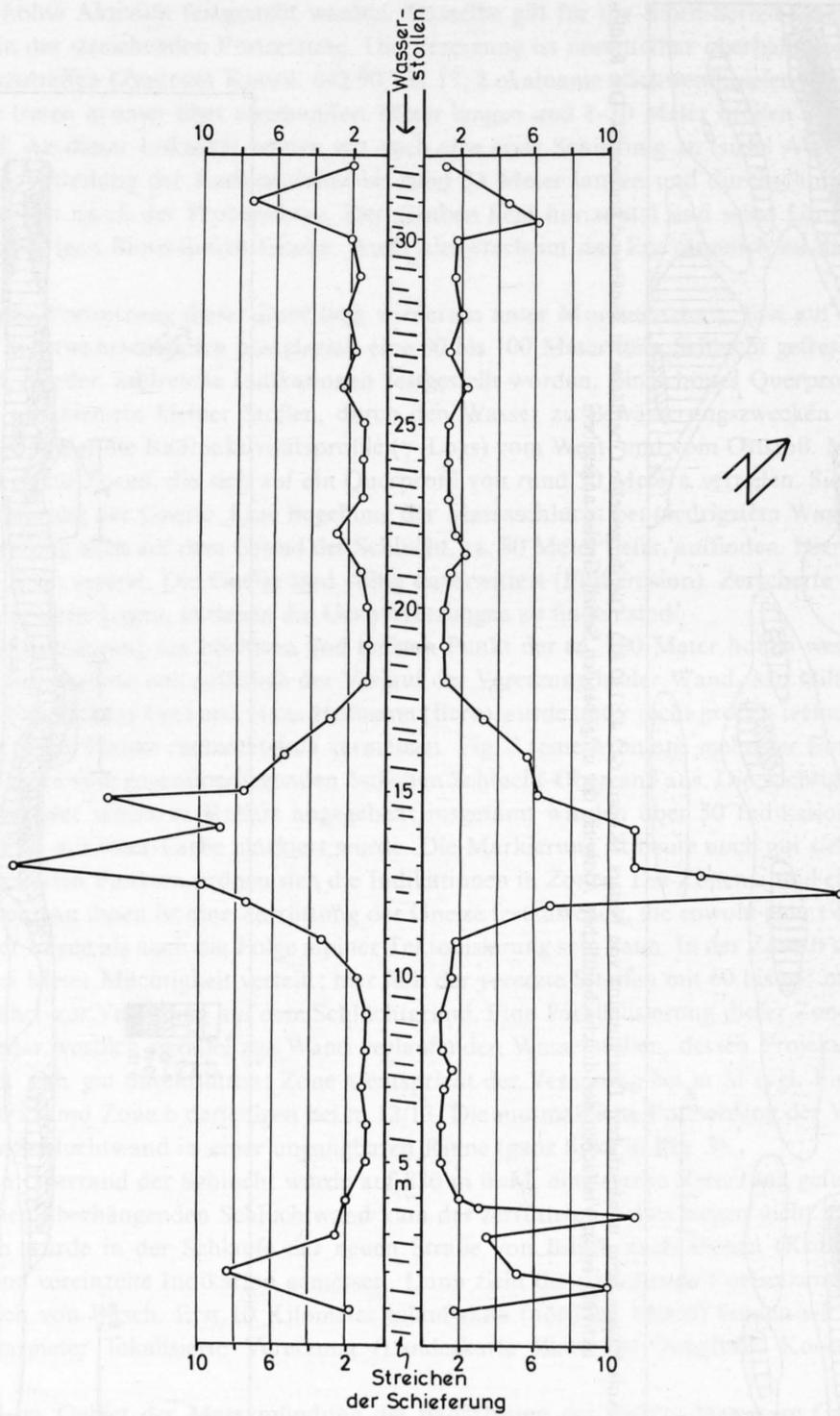


Fig. 2 Horizontalschnitt durch den Wasserstollen bei Koord. 643 58/131 64, mit γ -Log vom West- und vom Oststoß. Angabe der Radioaktivität in Vielfachen der Aktivität der Biotit-Serizit-Gneise.



Fig. 3. Ansicht der westlichen Schluchtwand der Massa von Osten.
Kreuze = Indikationen. Gestrichelt: Projektion des rund 50 m weiter westlich parallel zur Wand verlaufenden Wasserstollens.

Recht instruktiv ist hier das ähnliche Streichen voralpiner und alpiner Strukturen: Grenzen von Granitstöcken, Aplitgänge und Bänderung (im Kristallin) sowie Schichtung (im Perm) einerseits und Schieferungen, Mylonitzonen und tektonischer Kontakt Perm/Altkristallin andererseits.

Für jeden Stollen ist ein Radioaktivitätsprofil (γ -Log) eingetragen. Der Abstand der Meßstellen beträgt für die beiden östlichen Stollen einen Meter, für den Haupteingangsstollen, der früher gemessen wurde, fünf Meter (wobei aber immer kontinuierlich gemessen wurde, um dazwischenliegende Anomalien erfassen zu können). Als Bezugswert 1 der γ -Logs wurde die durchschnittliche Aktivität der Biotit-Serizit-Gneise gewählt.

Die γ -Logs zeigen, daß in den beiden westlichen Stollen die Fortsetzung der oberflächlich gefundenen Vererzung angefahren ist. Hingegen scheint sie im Kabelstollen zu fehlen. In den γ -Logs treten die eingelagerten Aplitgranitstöcke schön als Peaks in Erscheinung.

Kehren wir zurück zum Schuttkegel, auf dem das Dorf Naters liegt. Westlich davon, in der Flanke des das Dorf dominierenden Felskopfes, sind eine ganze Reihe vererzter Stellen in Biotit-Epidot-Serizit-Schiefern und aplitischen Gesteinen aufgeschlossen (Koord. 642 00/130 48, 780 m ü. M.; nicht zugängliches Privat-areal). In der südwestlichen Fortsetzung, der Steilwand ober- und unterhalb der Lötschberglinie, wurden auf rund vier Kilometer Erstreckung weitere lokale Vererzungen angetroffen (vgl. Tafel I). Von einer vollständigen Erfassung der radiometrischen Verhältnisse kann in diesen Flühen keine Rede sein. Man ist für die Messungen an die wenigen, teilweise von der BLS zur Kontrolle der Bewässerungsanlagen angelegten Weglein gebunden.

Wir haben hier sicher nicht alle anstehenden Vererzungen gefunden. Dafür sprechen auch die vererzten Blöcke im Talgrund am Fuß der Hänge östlich Brigerbad und unweit der Talstation der Seilbahn Gamsen-Mund.

Ungefähr bei Brigerbad macht das Rhonetal einen Knick; von südwestlich-nordöstlicher Richtung dreht es auf West-Ost. Das bedeutet, daß unterhalb Brigerbad die generell NE-SW streichende Schieferung der Aarmassiv-Gneise vom Rhonetal abgeschnitten wird; man sieht das im Gelände wie auf der Karte schon an den ins Tal hinunterziehenden Felsbändern und Gräben. Die konstruierte «Ebene», in der die Indikationen liegen, streicht etwa bei Brigerbad ins Rhonetal. Weiter westlich wurden bis jetzt am Südrand des Aarmassivs keine Uranvererzungen gefunden. Brigerbad hat seinen Namen von einer heißen Mineralquelle, die früher viel benutzt war und die heute zu einem Kur- und Sportschwimmbad ausgebaut ist. Es ist wohl kein Zufall, daß die Quelle eine erhöhte Radioaktivität aufweist: der Radongehalt des Wassers beträgt nach zwei Bestimmungen von Herrn Prof. O. Gübeli, Zürich, 10,3 bzw. 10,1 ME⁵. Die erste Messung stammt aus dem Jahre 1951 (BAGHDADI, 1951, p. 37), die zweite von 1959 (freundlicherweise zur Verfügung gestellt von Herrn Hans Kalbermatten, Brigerbad). Wenn wir auf die Angaben von NUSSBERGER, CADISCH et al. (1937) abstellen, handelt es sich nach den Quellen von Disentis (47,7 ME) und Lavey-les-Bains (11,7 ME) um die drittradioaktivste Quelle der Schweiz. Im Vergleich mit ausländischen Quellen erscheint die Radioaktivität allerdings eher bescheiden: So weisen 15 Quellen von Bad Gastein nach KOHL (1954, p. 177) über 100 ME auf; nach demselben Autor sollen in Deutschland 85 Quellen mit über 80 ME auftreten (p. 154). Charakteristisch scheint uns der Unterschied zur Therme von Leukerbad, die in ähnlicher geologischer Situation entspringt und nur 0,7 ME aufweist (NUSSBERGER, CADISCH et al., 1937).

Dank dem Entgegenkommen des Besitzers der Quelle, Herrn Hans Kalbermatten, konnte der Verfasser in der Quellfassung Radioaktivitätsmessungen vornehmen; die in der unbelüfteten Fassung gemessenen Werte waren ganz unbedeutend höher als diejenigen der umgebenden Gneise.

Was können wir auf Grund der Radioaktivitätsmessungen über die räumliche Verteilung der Anomalien aussagen?

Als auffälligste Tatsache ist wohl die Konzentration der Vererzungen in einer zehn Kilometer langen, Nordost-Südwest-streichenden Zone zu vermerken (vgl. Tafel I). Sehr oft ist die Vererzung aber an der Oberfläche nicht kontinuierlich im Streichen zu verfolgen, sondern nur in einzelnen Punkten vorhanden. Allerdings verhindern schwieriges Gelände (im Südwesten) und Glazialschuttbedeckung und eine große Sackung (im Nordosten) ein durchgehendes Verfolgen der fraglichen Zone im Gelände.

Die stärksten Vererzungen liegen alle zwischen dem Felskopf nördlich Naters und der Massaschlucht (Gebiet der Kartenskizze Tafel II). Hier konnte an verschiedenen Stellen die Existenz mehrerer paralleler Ver-

⁵ Die Radioaktivität von Wässern wird heute meist in n C/l angegeben (100 ME = 36,4 n C/l).

erzungen beobachtet werden, die sich auf zwei bis maximal fünfzig Meter (im Querprofil gemessen) verteilen (vgl. Fig. 2 und 3). Dabei lassen sich die einzelnen vererzten Partien im Streichen selten weit verfolgen; sie setzen aus und werden seitlich von neuen abgelöst (vgl. Fig. 1 a). Das beste dreidimensionale Bild der Vererzungen ergibt sich bei der Massaschlucht durch eine zufällige Häufung natürlicher und künstlicher Aufschlüsse (Massaschlucht, Stollen der Electra-Massa, Wasserstollen westlich der Schlucht, vgl. Fig. 2 und 3 und Tafel III). Hier zeigt sich, daß die Vererzungen steil südostfallend parallel zur Schieferung in die Tiefe setzen. Unmittelbar östlich der Massa kann vertikal gemessen eine Tiefenausdehnung von 140 m beobachtet werden. Nach Osten scheinen die Vererzungen dann rasch auszusetzen. An allen anderen Lokalitäten läßt sich im Feld nichts für oder gegen eine mögliche Fortsetzung in die Tiefe aussagen. Hier könnten uns nur Bohrungen oder Sondierstollen weiterhelfen. Es ist denkbar, daß unter Tag eine reichere und kontinuierlichere Erzführung als an der Oberfläche angetroffen würde; beim Verwitterungsgrad der von uns untersuchten Proben ist sicher ein (nicht zu bestimmender) Anteil der Erze herausgelöst und weggeführt worden (kavernöse Vererzungen, Therme Brigerbad).

4. Die Vererzungen

Die äußerliche Erscheinung der Uran-Vererzungen ist im untersuchten Gebiet derart unauffällig, daß sie der kartierende Geologe ohne Zählgerät kaum beachten würde. Im frischen, unverwitterten Gneis, wie wir ihn in der Massaschlucht und in den Stollen antrafen, war makroskopisch kein Hinweis auf eine Vererzung zu sehen. Im verwitterten Gestein erkennt man nach einiger Erfahrung die Vererzungen an der typischen karminroten Verfärbung («red alteration») und an dünnen Anflügen gelber, im UV-Licht fluoreszierender, sekundärer Uranmineralien. Beide Erscheinungen sind aber meist nicht an der flechtenbewachsenen Oberfläche zu finden, sondern unmittelbar darunter in zelligen Hohlräumen, die wahrscheinlich durch Auslaugung vererzter Lagen entstanden sind. Primäre Uran-Erze sieht man selten als millimetermächtige grauschwarze Lagen, aber immer erst, nachdem man mit dem Zähler auf eine radiometrische Anomalie aufmerksam geworden ist. Die weiteren Untersuchungen zeigten, daß diese Unscheinbarkeit in der Natur der Vererzungen begründet ist. In den weitaus meisten Fällen tritt nämlich das Uran-Erz als akzessorischer, äußerst feinkörniger Gemengteil der Gneise und Schiefer auf, von dem makroskopisch natürlich nur wenig zu sehen ist. Es ist nicht möglich, diesen Typus Vererzung unabhängig vom Trägergestein zu verstehen. Es seien daher anschließend eine Reihe typischer vererzter Gesteine beschrieben, basierend auf Dünnschliff- und Anschliffuntersuchungen, Autoradiographien, chemischen Untersuchungen und einer Analyse mit der elektronischen Mikrosonde. Besonders gute Dienste hat uns die Autoradiographie erwiesen, welche die weitaus beste Methode ist, um die Verteilung der Uranvererzungen im Handstückbereich zu studieren⁶.

Biotit-Serizit-Gneise bis -Schiefer

Dieses Gestein ist der Haupterzträger im Gebiet Blattenstraße–Massaschlucht (Schwendibielen).

In unverwittertem Zustand (Massaschlucht, Stollen) ist es ein gut paralleltexturierter graubrauner schiefriger Gneis. Schieferungsflächen sind knotig (Feldspat- und Quarzlinzen) und weisen einen Serizitfilm und Biotitbelag auf. Im Querbruch erkennt man 0,5 bis 2 cm große, in der Schieferungsebene allseitig ausgezogene Quarz-Feldspat-Linsen; wie man im Aufschluß oft gut sieht, handelt es sich um Reste zerscherter, ehemals zusammenhängender granitoider Lagen.

Die Ursache der am Handstück meßbaren hohen Radioaktivität ist makroskopisch nicht zu erkennen. Als Erz erkennt man lediglich kleine Pyritkörner.

⁶ Plan geschliffene, möglichst gut polierte Handstücke wurden je nach Stärke der Vererzung für 4 Stunden bis 15 Tage im Dunkeln auf einen Film gelegt. Für relativ schwache, diffus verteilte Vererzungen hat sich ein Röntgenfilm bewährt. Bei starken Vererzungen verwendeten wir der starken Überstrahlungen wegen einen Einschicht-Repro-Film.

Eine Reihe typischer Autoradiographien ist in den Figuren 4 a–e wiedergegeben; sie sind bei den entsprechenden Gesteinen näher erläutert.

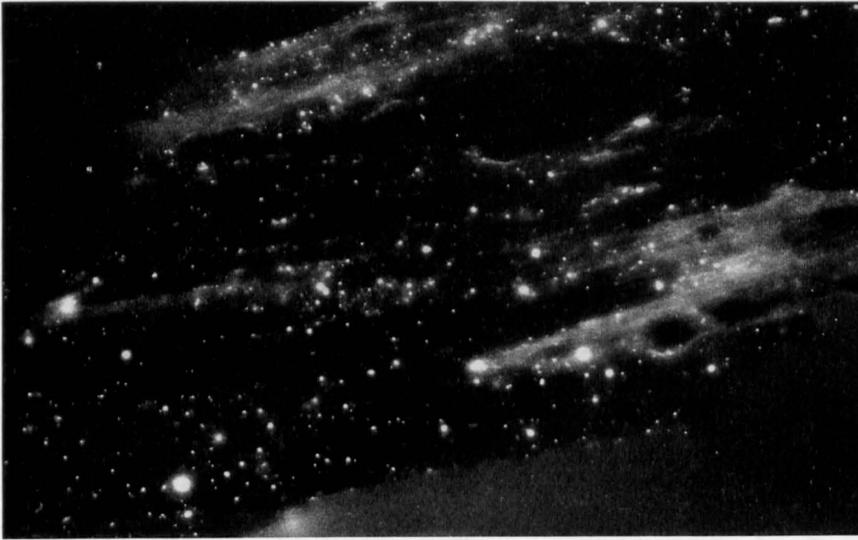


Fig. 4a. Biotit-Serizit-Gneis. Feinste, schiefungsparallele Uranerzlagen erscheinen als Schleier, größere Körnchen ($> 10 \mu$) als helle Punkte. Handstück 590312.533, Exposition 2 Tage, Kodirex-Röntgenfilm.

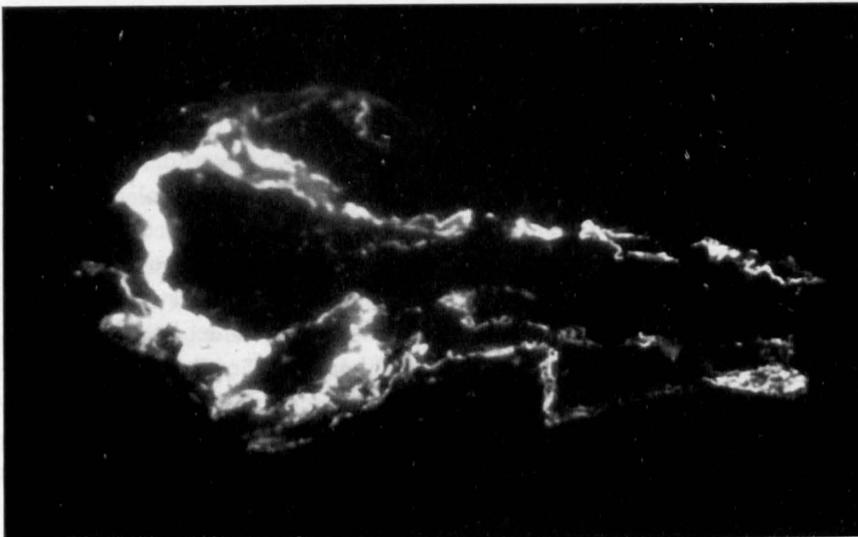


Fig. 4b. Biotit-Serizit-Gneis. Verfaltete Uranerzlagen. Handstück 590925.144, Exposition 5 Tage, Perutz-Repro-Film.



Fig. 4c. Diskordant zur Schieferung verlaufende Uranerzlage in Biotit-Serizit-Gneis. Weiße Stellen: Pechblende, graue Stellen: sekundäre Uranminerale. Handstück 610620.346, Exposition 7 Tage, Perutz-Repro-Film.

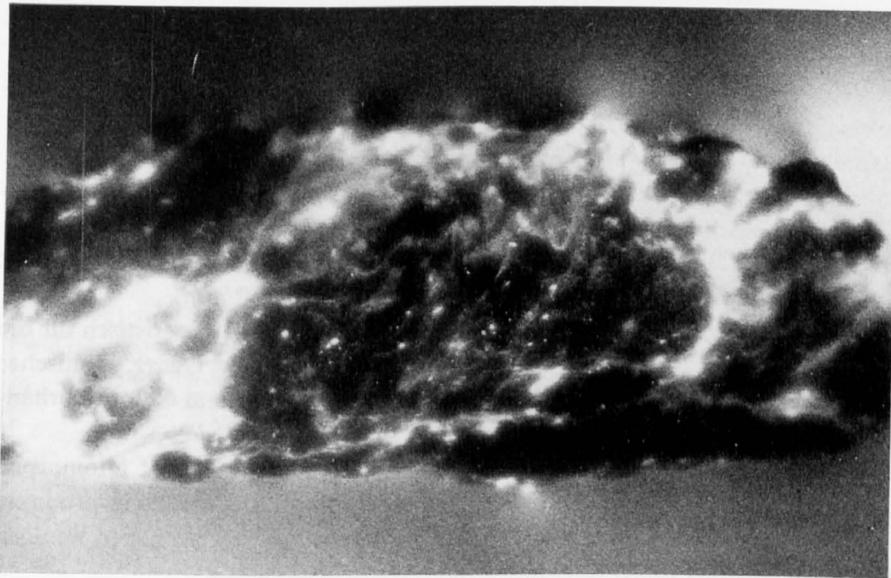


Fig. 4d. Serizit-Schiefer. Feinstkörniges Uranerz liegt parallel zur ersten und zur zweiten alpinen Schieferung.
Handstück 590304.517, Exposition 2 Tage, Kodirex-Röntgenfilm.

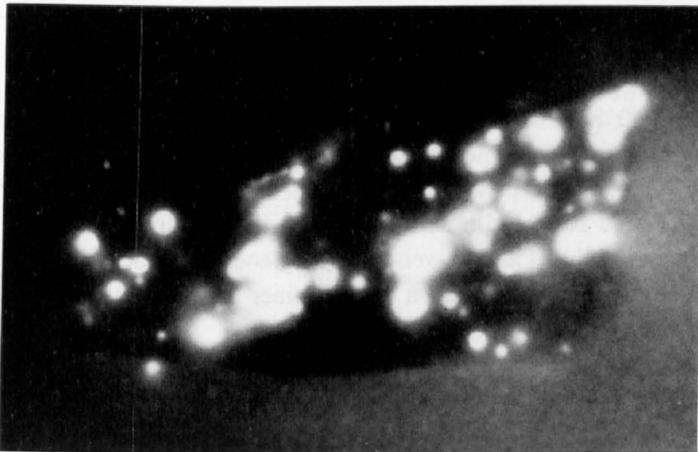


Fig. 4e. Epidot-Biotit-Apatit-Schiefer. Kugelige Uraninitkörner von 250μ \varnothing ergeben kreisrunde helle Flecken.
Handstück 590408.702, Exposition 2 Tage, Kodirex-Röntgenfilm.

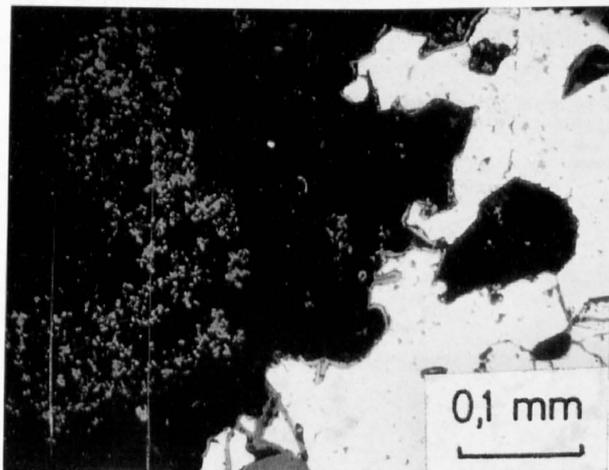


Fig. 5. Feinverteilte Pechblende (links) neben großem Kupferkies-Kristall.

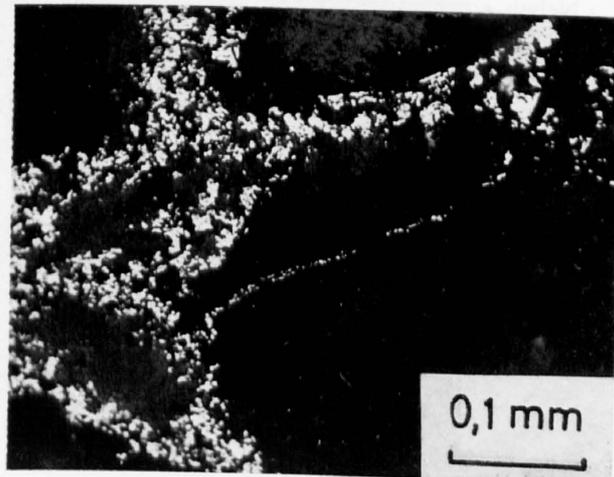


Fig. 6. Feinkörnige Pechblende, an den Korngrenzen der Silikatminerale angereichert.

In verwittertem Zustand wird das Gestein sehr bröcklig und erscheint viel schiefriger. Die Farbe ist ein mattes Gelb mit viel Rostflecken. Die Quarz- und Feldspatkörner wittern kugelig heraus.

Aktive Handstücke sind oft sehr rostig, wobei dieser Rost eine spezifische karminrote Färbung annimmt («red alteration»). Auf Schieferungsflächen und in kleinen, verwitterungsbedingten Kavernen findet man gelegentlich hauchdünne Überzüge eines gelben, im UV-Licht fluoreszierenden, sekundären Uranminerals.

Im Dünnschliff sieht man, daß die zerscherten hellen Lagen aus Albit, Kalifeldspat und Quarz bestehen; gelegentlich sind diese Mineralien schriftgranitisch verwachsen. Sie sind durchwegs kataklastisch: Der Quarz ist gefeldert, mit fleckiger, undulöser Auslöschung, die Feldspäte zerrissen, wobei die Risse mit Quarz und Karbonat ausgeheilt sind. Die durchschnittliche Korngröße beträgt 0,5 bis 2 mm.

Wesentlich geringere Korngröße (50–200 μ) und paratektonische Ausbildung sind charakteristisch für die Mineralassoziation auf den Bewegungsbahnen. Mit wechselndem Anteil dominieren hier Quarz, albitischer Plagioklas, rotbrauner oder grüner Biotit, Serizit und Calcit. Untergeordnet sind Epidot und Chlorit vorhanden; akzessorisch treten Zirkon und Apatit auf.

Die Opakmineralien nehmen im allgemeinen kaum mehr als 1–3 Vol. % ein. Pyrit bildet idiomorphe Körner von 100–400 μ . In den verwitterten Proben ist er von einem Netz limonitischer Zersetzungsprodukte durchsetzt. Kupferkies ist spärlicher vorhanden, stets als Einschluß in Pyrit, ebenso wie ein nur in wenigen kleinen Körnern auftretendes Erz, dessen Daten am ehesten auf Magnetkies deuten.

Pechblende tritt in Form außerordentlich kleiner Körnchen von 1–10 μ \varnothing auf, die parallel zur Schieferung sowie an den Korngrenzen der Mineralien der älteren Generation angereichert sind (Fig. 5 und 6). Eine einwandfreie Bestimmung der Pechblende war infolge des kleinen Kornes mit dem Erzmikroskop nicht möglich. Röntgen-Pulver-Diagramme zeigen aber an angereichertem Material charakteristische Pechblende-Linien.

Die Pechblendekörnchen sind im Dünnschliff stets gut zu erkennen, indem sie in Biotit und Chlorit große, pleochroitische Höfe hervorrufen (Fig. 7a und b). Oft bestehen diese Höfe aus einem kreisrunden, dunklen Flecken von 15–17 μ Radius. In günstigen Schnitten durch Pechblende-Einzelkörner erkennt man um dieses dunkle Zentrum einen weit weniger dunklen Ring von rund 15 μ Breite. Diese Dimensionen stimmen mit den Angaben von PICCIOTTO und DEUTSCH (1960) über die Reichweite der α -Teilchen der verschiedenen Uran-Zerfallsprodukte in Biotit gut überein. Die Zirkone im selben Gestein weisen keine pleochroitischen Höfe auf. Möglicherweise ist das ein weiteres Indiz für die alpine Umkristallisation der Glimmer (vgl. SCHWANDER und WENK, 1965).

Eine Probe wurde mit der elektronischen Mikrosonde⁷ untersucht. In den hellgrauen Körnchen des in Fig. 8a abgebildeten Anschliffes konnte neben Uran kein anderes Element nachgewiesen werden (Fig. 8b).

Die Autoradiographien zeigen schön die Anreicherung des Uranerzes auf den Schieferungsebenen. Die feinen hellen Schleier in Fig. 4a entsprechen den kleinsten Pechblendekörnchen (Größenordnung 1–5 μ), die hellen Punkte einzelnen größeren. Gelegentlich erkennt man in der Autoradiographie eine Wiederfaltung der vererzten Schieferung (Fig. 4b).

Neben einer ganzen Reihe von Uranbestimmungen und weiteren Analysen auf Spurenelemente (vgl. Tab. 2) haben wir ein frisches Handstück aus der Massaschlucht analysiert (Tab. 1). Die Bestimmung der Hauptelemente erfolgte naßchemisch im geochemischen Labor des Mineralogischen Instituts Bern, die Bestimmung der Spurenelemente mittels Röntgenfluoreszenz durch die Analix S.A. in Genf.

⁷ Typ CAMECA MS 35 des Laboratoriums für Mikroröntgenspektroskopie der Universität Bern.

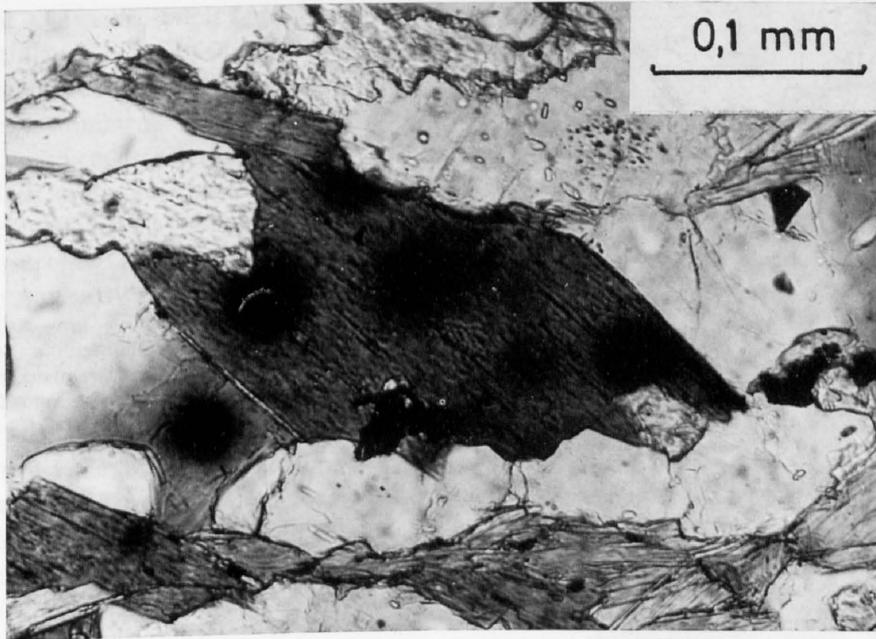


Fig. 7a. Pleochroitische Höfe um Uranerz-Einschlüsse in braunem Biotit (Biotit in Dunkelstellung).

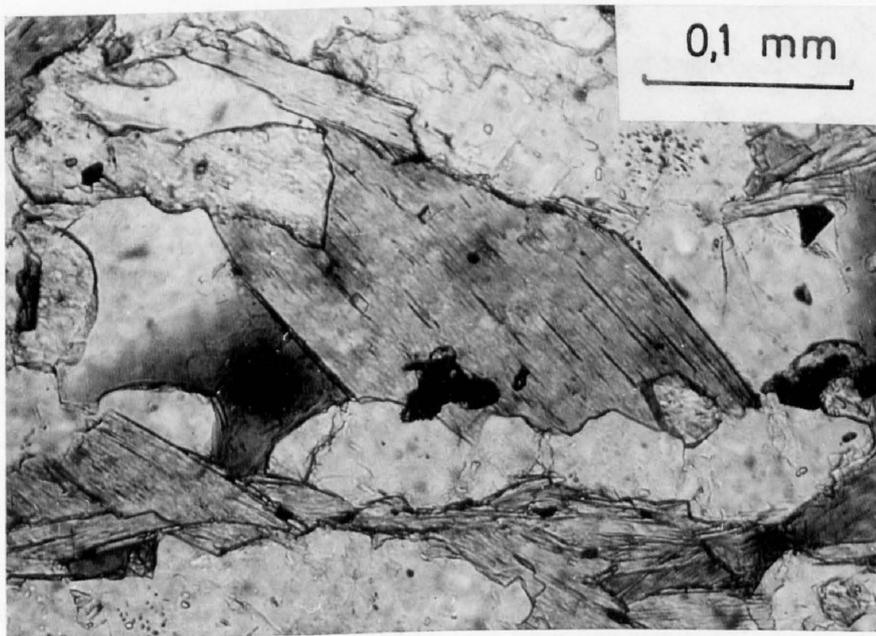


Fig. 7b. Wie Fig. 7a, aber großer Biotit in Hellstellung. Man erkennt die Pechblendekörner im Zentrum der pleochroitischen Höfe.

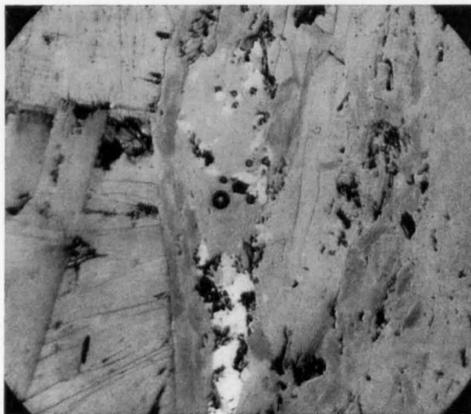


Fig. 8a. Auflicht-Foto eines polierten Dünnschliffs (Präparat für Mikrosonde). Neben einem Pyritkorn (Mitte unten, weiß) erkennt man zahlreiche kleine, hellgraue Pechblendekörnchen. Vergrößerung 400 \times .

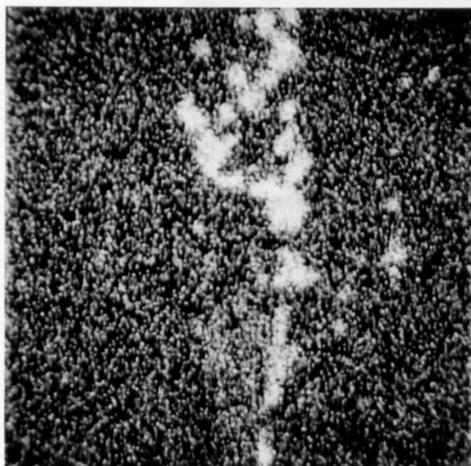


Fig. 8b. Dieselbe Stelle, stärker vergrößert (600 \times): Image-x der elektronischen Mikrosonde für Uran ($M\alpha_1$).

Tabelle 1

Analyse eines radioaktiven Biotit-Serizit-Gneises aus der Massaschlucht (720 m ü. M.)

SiO ₂	59,20	Spuren (in ppm):	Pb	176
Al ₂ O ₃	17,85	U	Rb	215
Fe ₂ O ₃	0,45	Th	Sn	ca. 10
FeO	2,34	As	Sr	330
CaO	3,40	Ba	V	40
MgO	2,65	Co	Y	60
Na ₂ O	4,10	Cr	Zn	83
K ₂ O	4,40	Cu	Zr	215
MnO	0,09	Ga		
TiO ₂	0,55	Ge		
P ₂ O ₅	0,27	Mo		
H ₂ O	1,46	Nb		
CO ₂	2,97	Ni		
Total	<u>99,73</u>			

Handstück Nr. 590312.533

Mineralbestand: s. S. 18

Analytiker: Fr. L. Schopfer

Besondere Erscheinungen:

- a) In einem Biotit-Serizit-Schiefer von der Lokalität Schwendibielen fanden wir eine stark radioaktive, millimetermächtige Lage, die, diskordant zur Schieferung verlaufend, von dieser zerschert und verfaltet

worden ist. Die makroskopisch mattgraue Erzlage (Fig. 4c) ist an vielen Stellen in gelbbraune gummitische Produkte umgewandelt. Eine Röntgen-Pulver-Aufnahme des mattgrauen Materials ergab eindeutig Pechblende. Eine Pulveraufnahme des gummitischen Materials zeigte eine außerordentlich linienreiche verschwommene Aufnahme, die nicht weiter auszuwerten war. Im Anschliff erkennt man fein verteilte Pechblende (Korngröße 1–10 μ). Die Pechblende wird vom Rand des Gängchens her umgewandelt in kaum polierbare sekundäre Produkte mit lebhaften gelben und rotgelben Innenreflexen.

- b) In mehreren Fällen haben wir in unmittelbarer Nachbarschaft von Uran-Vererzungen Rauchquarzgänge angetroffen. Das ist umso auffälliger, als wir bei unseren vielen Begehungen im Altkristallin des südlichen Aarmassivs kaum je Rauchquarzgänge beobachten konnten, im Gegensatz zu den sehr häufigen weißen Quarzgängen. Die Rauchquarzgänge verlaufen ungefähr schieferungsparallel; sie unterscheiden sich dadurch auch räumlich von den hellen, alpinen Quarzgängen, die in der Umgebung von Naters meist Querklüfte ausfüllen (siehe Fig. 20 und 48 in LABHART, 1965). Wir nehmen an, daß die braune Farbe eine direkte Folge der Strahlung der Uranerze ist.

In einem Falle (Schwendibielen) führten solche 3–5 cm mächtigen braunen Quarzlagen Muskowit und Pistazit; bei längerer Exposition (15 Tage) verursachten die Pistazite auf Röntgenfilm deutliche Schwärzungen. An einem magnetisch angereicherten Konzentrat des Pistazits (es enthielt noch ca. 3% Quarz und Muskowit) wurde mit Röntgenfluoreszenz ein Gehalt von 830 ppm Uran und 55 ppm Thorium ermittelt.

Serizit-Schiefer

Dieses Gestein ist der Erzträger im Aufschluß unmittelbar östlich Naters; stark vererzte Blöcke wurden beim Straßenbau unterhalb Schwendibielen gefunden. Die vorliegenden Handstücke sind durchwegs stark angewitterte gelbe Schiefer mit Rostflecken, zuweilen mit sekundären Uranmineralien. Es sind fast immer zwei Schieferungen zu erkennen, unseres Erachtens die erste und die zweite alpine. Die horizontale Schnittgerade ist markiert durch eine feine Wellung, die horizontal Nordost-Südwest streicht.

Im Dünnschliff erkennt man Quarz, Serizit und Chlorit als weitaus dominierende Gemengteile. Akzessorisch tritt Zirkon auf. Die Opakmineralien nehmen ca. 2–3 Vol. % ein. Mengenmäßig dominiert der Ilmenit in Blättchen von 10–20 μ Dicke und 60–100 μ Durchmesser, die parallel zur ersten wie zur zweiten Schieferung angeordnet sind. Pechblende tritt als feinste xenomorphe Körnchen von 1–10 μ Größe auf; entsprechend dem Verwitterungsgrad des Gesteins ist sie fast vollständig in sekundäre Produkte umgewandelt. Mit Autoradiographien erkennt man, daß das Uranerz in der ersten als auch der zweiten Schieferung liegt (Fig. 4d). Pyrit bildet winzige idiomorphe Körnchen.

Serizit-Biotit-Epidot-Schiefer

Dieses Gestein ist der Haupterzträger westlich des Dorfes Naters. Es ist ein brüchiger, schwarzgrauer Schiefer mit einer wechselnd ausgeprägten Kleinfältelung. Im Querbruch erkennt man einzelne Feldspäte und reichlich gelbgrünen Epidot.

Im Dünnschliff dominieren Serizit, Biotit und Pistazit, die mit je 20 bis 40 Vol. % weitaus die wichtigsten Gemengteile sind. Der Pistazit tritt in zwei Generationen auf: eine ältere, grobkörnige (100–700 μ \varnothing) mit xenomorphen Umrissen weist meist eine orthitisch-metamikte Kernzone auf, die jüngere ist meist idiomorph, kleiner (150–300 μ), zeigt einen mäßigen Pleochroismus von farblos nach gelblich und ein Δ von 0,04; der schmutzigrüne Biotit ist z. T. in Chlorit umgewandelt. In wechselnden Mengen kommt albitischer, serizitisierter Plagioklas vor (5–10%) und auch der Quarzanteil wechselt stark (0–15%). Akzessorien sind Apatit, Zirkon, Titanit und Erze. Feinkörnige Pechblende ist in der Schieferung verschmiert, was schön aus den Autoradiographien hervorgeht. Im Biotit bilden sich um das Uranerz schöne, große, pleochroitische Höfe. Etwas Pyrit fehlt nie.

Besondere Erscheinungen:

- a) In einem Falle wurde in einem Schiefer dieses Typs ein wenige Millimeter mächtiges diskordantes Gängchen gefunden, das, wie aus der Autoradiographie hervorgeht, recht stark vererzt ist. Makrosko-

pisch hebt sich das Gängchen durch seine Rostfarbe vom Nebengestein ab. Im Dünnschliff erscheint es vom Nebengestein nicht scharf abgegrenzt; es ist eine Anreicherung orthitisch-metamiktener Epidots und feinen staubförmigen Uranerzes festzustellen. Eine Probe dieses Gängchens enthielt 2600 ppm Uran und < 15 ppm Thorium.

- b) An zwei Stellen treten in diesem Schiefer schieferungsparallele Lagen von $\frac{1}{2}$ bis 2 cm Dicke auf, die durch ihre sehr hohe Radioaktivität und ihr erhöhtes spezifisches Gewicht auffallen. Da es sich um Vorkommen an der Oberfläche handelt, sind die Proben stark angewittert und rostig. Oft stellt man feinstblättrige Anflüge sekundärer Uranminerale fest. Makroskopisch fallen ferner Calcitlagen auf.

Im Dünnschliff erkennt man gegenüber dem Nebengestein lagig angereichert Calcit, Erz, Pistazit und Chlorit. Der Pistazit zeigt einen merkwürdigen, isotropen, braunen Kern ohne Pleochroismus; gelegentlich treten um Pistazit schwache, pleochroitische Höfe in Biotit und Chlorit auf. Im Anschliff findet man zahlreiche Pyritkörner, die zum Teil sehr stark limonitisiert sind. Oft ist in einer Pseudomorphose von Limonit nach Pyrit nur noch im Zentrum ein kleiner Pyritkern vorhanden (Fig. 9). Pechblende bildet nierige, längliche Aggregate von 10 bis 100 μ Größe, die fast immer am Rand von Pyriten auftreten, ohne daß gesetzmäßige Verwachsungen oder Verdrängungen festzustellen wären (Fig. 9). Hier konnte Pechblende erzmikroskopisch eindeutig bestimmt werden. Eine Analyse einer Probe ergab 4800 ppm Uran und < 15 ppm Thorium.

- c) Es sei hier der Fund eines faustgroßen, hochradioaktiven Handstücks aus dem Schutt unterhalb der Lötschberglinie östlich Brigerbad erwähnt. Das rostige, angewitterte Gestein besteht im wesentlichen aus Quarz und Epidot; das Anstehende wird in den steilen, sehr schwer zugänglichen Flühen oberhalb der Bahnlinie zu suchen sein.

Unregelmäßige Nester von Bleiglanz wechseln in diesem Handstück mit 1–3 mm mächtigen, scharf abgegrenzten, mattschwarzen Lagen aus Pechblende und gummitischen Umwandlungsprodukten. In Erzanschliffen konnten wir kugelige Absonderungen der Pechblende beobachten (Fig. 10 und 11). Diese Erscheinung ist allen anderen Uranvererzungen von Naters nach den bisherigen Feststellungen fremd.

Epidot-Biotit-Apatit-Schiefer

Dieses merkwürdige, uranvererzte Gestein wurde an einer einzigen Stelle (nördlich Mörel) gefunden. Es ist ein makroskopisch unscheinbarer schiefriger Gneis, schwarz anwitternd, dessen unebene, knotige Schieferungsflächen von Biotit und Serizit belegt sind.

Im Dünnschliff fallen große ($\pm 0,5$ mm \varnothing) Apatitkristalle auf (35 Vol. %!). Übrige Hauptgemengteile sind Biotit (25%), Pistazit (15%), Quarz (15–20%) und albitischer Plagioklas (7%). Untergeordnet treten auf: Calcit (1–2%), Alkalifeldspat und Erz (um 1%).

Die Autoradiographie (Fig. 4e) weist mit ihren kugeligen Schwärzungen auf einzelne größere Uranerzkörner hin, die zudem nicht an die Schieferung gebunden sind. Wirklich treten Uraninitkörner⁸ von 250 μ Durchmesser mit rundlichen, fast idiomorphen Querschnitten auf, die pleochroitische Höfe im braunen Biotit hervorrufen. Molybdän glanz zeigt charakteristische, ausfasernde und teilweise hufeisenförmig gebogene Individuen mit enormer Bireflexion. Etwas Pyrit fehlt nie. Fig. 12 ist die Aufnahme eines Dünnschliffes dieses Gesteins im gewöhnlichen Licht. Um die meist idiomorphen, 30–150 μ großen Pistazitkörner ($\Delta 0,23$, schwacher Pleochroismus farblos-gelblich) ist ein schwacher pleochroitischer Hof in Biotiten ausgebildet. Eine Probe dieses Gesteins enthielt 790 ppm Uran, 35 ppm Thorium und 75 ppm Molybdän.

Aplitgranit

Westlich des Dorfes Naters tritt dieses Gestein an mehreren Stellen als Uranerz-Träger auf. Makroskopisch ist es ein hololeukokrates, granitisches Gestein, das beim Anschlagen in unregelmäßige, kantige Stücke zerfällt. Auf den Begrenzungsflächen beobachtet man einen Hellglimmerbelag und karminrote «Rostflecken» (auch an Stollenmaterial).

Im Dünnschliff dominieren in dem außerordentlich frischen Gestein Quarz (rund 50%), perthitischer Mikroklin (20–25%) und albitischer Plagioklas.

⁸ Hier scheint uns der Name «Uraninit» in Anlehnung an RAMDOHR (1960, p. 969) gerechtfertigt.

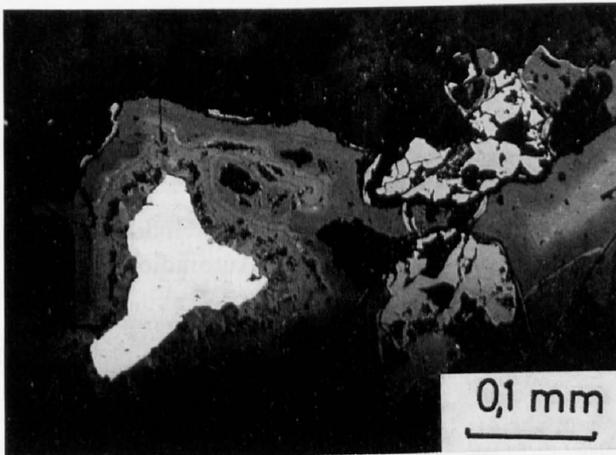


Fig. 9. Pechblende (mittelgrau), assoziiert mit Pyrit, der bis auf einen relictischen Kern (weiß) in Limonit (dunkelgrau) umgewandelt ist.

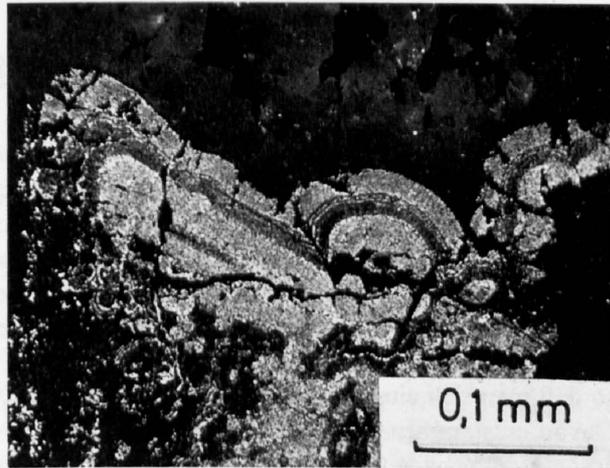
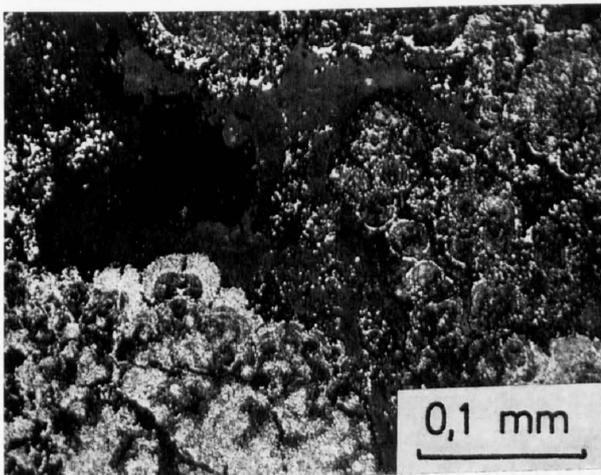


Fig. 10 und 11. Kugelige, konzentrisch-schalige Pechblende.

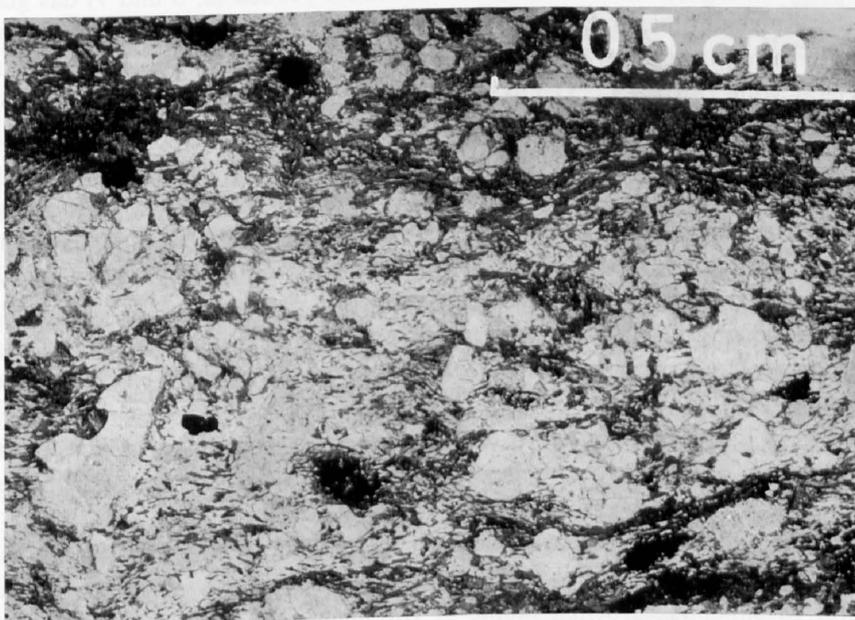


Fig. 12. Epidot-Biotit-Apatit-Schiefer. Dünnschliffaufnahme in gewöhnlichem Licht. Man erkennt schwarze, zum Teil idiomorphe Uraninitkörner. Die großen, grauweißen Körner sind Apatite.

Auf Bewegungsflächen ist schöner, paketiger Muskowit angereichert, zusammen mit Pistazit, Erz und dessen blutroten Umwandlungsprodukten. Auch die Autoradiographie zeigt deutlich, daß das Uranerz ausschließlich an die Bewegungsflächen gebunden ist.

Serizit-Augengneise

Unweit der Talstation der Seilbahn Gamsen-Mund fanden wir eine ganze Reihe von Indikationen in Blöcken dieses Gesteins. Anstehende Vorkommen sind uns nicht bekannt. Nach den Autoradiographien zu schließen ist das feinkörnige Uranerz parallel zur Schieferung angeordnet.

5. Die Schürfung Schwendibielen

Nachdem wir bereits über zahlreiche Uragehaltsbestimmungen an Handstücken verfügten, wollten wir an einer Stelle einen Versuch zur Bestimmung von Durchschnittsgehalten größerer Proben ansetzen. Die Wahl fiel auf die vererzte Zone unterhalb Schwendibielen an der Straße Naters-Blatten, einerseits wegen der guten Zufahrtsmöglichkeit, andererseits wegen der relativ großen Ausdehnung der Vererzung.

Zuerst erfolgte eine Absprache mit den Grundeigentümern.

Dann markierten wir in dem steilen, mit Felsköpfen und -bändern durchsetzten Grashang mehrere Stellen mit erhöhter Radioaktivität. Vegetation, Humus und Schutt wurden weggeräumt und das Gestein freigelegt, so daß man sich ein Bild von der Vererzung machen konnte. Nun wurden an 7 Stellen Proben entnommen. Davon entstammen 5 (Proben 3–7) einem rund 33 Meter langen, schmalen, schieferungsparallelen Schürfgraben; der genaue Ort der Probenahme im Schürfgraben ist in Fig. 1 b angegeben. Die Probe 1 wurde in der streichenden Fortsetzung des Schürfgrabens, 15 Meter südwestlich davon entnommen, Probe 2 fünf Meter nordwestlich m 02 des Schürfgrabens.

Um die Kubatur zu beschränken, versackten wir nur von 3 Proben (2, 6 und 7) das gesamte anfallende Material. Bei den vier übrigen Proben nahmen wir an Ort und Stelle eine einfache Handscheidung vor: von den auf Faustgröße verkleinerten Brocken wählten wir nur diejenigen mit einem Ausschlag von über 250 Skalenteilen auf einem Gerät vom Typ FS 11. Der Anteil dieses ausgewählten Materials am Gesamtgewicht der Probe ist in Tabelle 3 angegeben.

Die Proben wurden auf Nußgröße gebrochen und auf ungefähr fünf Kilo heruntergeviertelt. Die großen Proben 6 und 7 wurden aus Platzgründen vorher in drei (6/1, 6/2, 6/3) bzw. zwei (7/1, 7/2) gleichgroße Teile aufgetrennt. Die fünf Kilo jeder Probe wurden anschließend mit einer Scheibenmühle gemahlen. Die Firma Analix S.A. in Genf untersuchte je eine repräsentative Probe mit Röntgenfluoreszenz auf Uran und weitere Elemente. Die Analysendaten finden sich in Tabelle 2.

In Tabelle 3 sind die wichtigsten Angaben über die 7 Schürfstellen zusammengestellt. Man ersieht daraus, daß die durchschnittlichen Uragehalte zwischen 170 und 340 ppm betragen, in einem Fall wesentlich weniger (Probe 5, 30 ppm), in einem Fall wesentlich mehr (Probe 3, 609 ppm). Die umgerechneten Uragehalte der Handscheidproben 1, 3, 4 und 5 bezeichnen wir deshalb als «minimal», weil die Umrechnung auf der sicher unrichtigen Annahme fußt, der durch Handscheidung abgetrennte Rest der Probe enthalte überhaupt kein Uran.

Es sei jedoch erwähnt, daß der Kredit für diese erste Schürfung und damit der Umfang der Arbeiten beschränkt war.

Das Ziel weiterer Erschließungsarbeiten müßte es vor allem sein, tiefere, von der hier sehr intensiven Oberflächenverwitterung verschonte Felspartien durch Stollen oder Bohrungen zu erfassen. Erst zu diesem Zeitpunkt werden ökonomische Gesichtspunkte diskussionsreif sein.

Tabelle 2

Spurenelementgehalte in Proben der Schürfung Schwendibielen in ppm

Probe Nr.	1	2	3	4	5	6/1	6/2	6/3	7/1
U	1125	310	2030	1130	390	225	190	225	210
Th	< 10	16	< 10	< 10	< 10	16	16	< 10	12
*As (~)	10	35	10	10	10-20	15-25	15-25	10-20	15-25
Ba	1080	850	970	860	920	860	850	900	770
Co (~)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	20	15	< 10	< 10
Cr	170	115	80	90	90	90	90	80	90
Cu	70	32	50	40	20	22	16	20	31
Ga	35	25	35	35	35	25	25	35	25
Ge (~)	< 10	15	< 10	< 10	< 10	15	10	< 10	15
Mn	450	500	490	590	700	610	590	600	510
Mo	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
*Nb	< 10	35	< 10	< 10	< 10	15	25	< 10	35
Ni	60	70	35	35	30	60	55	30	60
Pb	30	66	30	40	35	40	31	35	27
Rb	150	120	225	170	170	210	145	160	125
Sn	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Sr	160	165	365	440	410	355	365	440	335
*V	100	< 30	60	30	30	30	30	30	30
Y	40	60	65	60	70	40	53	65	40
Zn	105	73	85	115	115	130	115	115	110
Zr	245	210	170	170	165	255	240	165	200

* Die Werte für As, Nb und V sind als Größenordnung aufzufassen.

Tabelle 3

Daten zur Schürfung Schwendibielen

Probe Nr.	Angefallenes Gestein kg	Davon weiter untersucht			Gesamtprobe ppm U	Radiometrie der Stelle vor der Probenahme Bgr (= Vielfache der Gesteinsaktivität)
		kg	%	ppm U		
1 Isolierter Felskopf	1000	206	20	1125	minimal 225	Mehrere Punkte von 16 auf einer Schieferungsfläche, an einer Stelle höher 40
2 Isolierter Felskopf	820	820	100	310	310	Mehrere Werte um 10, unregelmäßig verteilt
3 Schürfgraben (siehe Fig. 1 b)	2500	734	30	2030	minimal 609	Vererzte Zone von 5 m Länge (im Streichen) und wenigen Zentimeter Breite (7-25)
4 Schürfgraben (siehe Fig. 1 b)	2500	369	15	1130	minimal 170	Schieferungsparallele vererzte Zonen, vielfach aussetzend (7-15)
5 Schürfgraben (siehe Fig. 1 b)	1000	67	7	390	minimal 30	3 m lange vererzte Zone (4-10)
6 Nische im Schürfgraben (siehe Fig. 1 b)	1980	1980	100	6/1: 225 6/2: 190 6/3: 225	205	Durchschnittlich 3-8, an einzelnen Stellen bis 12
7 Nische im Schürfgraben (siehe Fig. 1 b)	1540	1540	100	7/1: 210 7/2: 220	215	Durchschnittlich 3-6

6. Alter und Genese der Uranvorkommen

6.1 Überlegungen zum Alter der Vererzung

Es sei einleitend festgestellt, daß uns eindeutige Kriterien fehlen, diesen recht eigenartigen Uranvererzungen ein bestimmtes Alter zuzuordnen. Es fehlt insbesondere die Möglichkeit einer stratigraphischen Einstufung; radiometrische Altersbestimmungen wurden bisher am Untersuchungsmaterial von Naters nicht ausgeführt. Sie könnten uns unter Umständen etwas weiterhelfen. Die Überlegungen zum Alter der Vererzungen können uns daher lediglich zu einem Indizienschluß führen.

Die Lage der vererzten Zone parallel zum Südrand des Aarmassivs (siehe Tafel I) und parallel zum Verlauf der alpinen Schieferung könnte zum raschen Schluß verleiten, die Vererzung sei doch wohl alpin. Nun haben wir bereits darauf hingewiesen, daß gerade in diesem südlichsten Teil des Aarmassivs voralpine Strukturelemente (wie Bänderung, Lage der Aplitgänge, evtl. bereits Schieferung) und alpine (Schieferung, Mylonit-zonen) räumlich sehr ähnlich orientiert sind (vgl. Tafel III). Die Richtung darf also hier auf keinen Fall – sei es nun für Altersfragen oder für tektonische Probleme – als entscheidendes Kriterium herangezogen werden.

Gegen die Annahme einer alpinen Vererzung spricht das (nach dem heutigen Stand unserer Radioaktivitätsmessungen) völlige Fehlen von Uranvererzungen in der südlich anschließenden, alpin monometamorphen Urseren-Zone. Mit ihrem Schuppenbau und dem steilen mechanischen Kontakt gegen das Aarmassiv hätte diese Zone doch gute Zirkulationswege für erzbringende Lösungen geboten. Nun liegen die Uranvererzungen meist etwa 200 Meter im Innern des Massivs (vgl. Tafel III) in einer Zone, die alpinktonisch nicht anders beansprucht ist als ihre Umgebung. Eine Konzentration alpiner Vererzungen in dieser Zone hat wenig Wahrscheinliches an sich. Die einzigen Zeugen für eine alpine «Mineralisation» sind Hämatitbeläge auf alpinen Querklüften im konglomeratischen Perm der Urseren-Zone (wie auch auf analogen Klüften im Altkristallin). Ebenfalls im Perm fanden wir mehrere schichtungsparelle zentimetermächtige Hämatit-Imprägnationen mit Malachitanflügen, die sich aber gut als synsedimentäre Bildungen deuten lassen.

Ferner stellten wir fest, daß in einigen Fällen bereits die erste alpine Schieferung (oder eine ältere, voralpine!) kleine, diskordante Erzgängchen zerschert hat. Die Vererzung kann demnach spätestens «frühalpin» erfolgt sein; wahrscheinlicher scheint uns ein voralpines Alter der Mineralisation (permo-triadisch?). Dieser Indizienschluß wird noch wahrscheinlicher, wenn wir Alters-Vergleiche mit anderen Uranvorkommen im alpinen Raum ziehen. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß es sich zum großen Teil um Vorkommen mit ganz anderem Charakter handelt. Vererzungen in autochthonem, prätriadischem Altkristallin der alpinen Zentralmassive sind bis heute nur ganz wenige bekannt geworden. A. LENOBLE (in HÜGI et al., 1962, p. 15 und 17) erwähnt aus den französischen Alpen lediglich drei Vorkommen: Beaufort, Vaujany und Mine de Vallauria.

Tertiäre Uranvorkommen sind in der Schweiz außer im Bergeller-Granit und in gewissen Molassekohlen bis jetzt nicht bekannt.

Eine große Anzahl von alpinen Uranvererzungen finden sich in permischen und triadischen Sedimenten (und Vulkaniten). CEVALES (1960) hat eine Reihe derartiger, eindeutig sedimentärer Vorkommen aus den italienischen Alpen beschrieben. Die Übereinstimmung der radiometrischen Altersbestimmungen mit den stratigraphischen Befunden ist an diesen Vorkommen recht gut. Neben Höchstwerten von 220 Millionen Jahren, die einem permischen Alter entsprechen, haben FERRERA et al. (1958, 1959) vor allem niedrigere Werte gemessen, welche sie auf Einflüsse der alpinen Metamorphose zurückführen.

Die zahlreichen Uranvorkommen der Stirnzone des Penninikums können ebenfalls zum größeren Teil als permotriadische Bildungen aufgefaßt werden. So werden die «Quarzite» der Stirnzone der Bernharddecke in die Permtrias gestellt; sie sind z. B. in Sarreyer, Illgraben, Törbel und Zeneggen Träger von Uranvererzungen. Auch die «schistes de Casanna supérieurs» werden als permotriadische Sedimente interpretiert; die bedeutende Uranvererzung Isérables liegt in dieser Serie. Lediglich die «schistes de Casanna inférieurs» faßt man als polymetamorphe, permokarbonische Bildungen auf; sie enthalten ebenfalls Uranvererzungen (Mont Noble u. a.).

Die stratigraphische Einstufung der oben genannten drei Gesteinsserien ist aber durchaus nicht gesichert. Radiometrische Altersbestimmungen an Uranerzen (STAUFFER in FERRARA et al., 1958) brachten wenig Klarheit in die Altersfrage.

6.2 Überlegungen zur Genese der Vererzung

6.2.1 Der Charakter der alpinen Überprägung

Die Uranvorkommen von Naters sind deutlich alpinktonisch überprägt. Bevor man sich die Frage nach dem voralpinen Aussehen der Vererzung stellt, müssen also die alpinen Veränderungen so gut wie möglich erfaßt werden.

Alpine Umlagerungen der Uranerze von Naters sind dort am augenfälligsten, wo das Erz, meist in allerfeinster Form, in der ersten als auch in der zweiten, alpinen Schieferung ausgeschmiert ist. Besonders schön ist dies oft in Autoradiographien zu sehen (z. B. Fig. 4d). Ebenfalls für eine wahrscheinlich alpine Umlagerung spricht das Vorkommen von Pechblende auf Scherflächen innerhalb von Aplitgraniten. Ob die Erze vielleicht gar voralpin schon einmal umgelagert worden sind, entzieht sich unserer Kenntnis. Unmöglich erscheint es angesichts des polymetamorphen Zustandes der umgebenden Gneise nicht.

Für die Lage der Vererzungen parallel zum Massivrand dürfen wir jedoch nicht die alpinen Verschieferungen verantwortlich machen. Nach allem, was wir über die alpine Deformation dieses Gebietes wissen, müßte ein Auswalzen voralpiner Erzlager annähernd in der Fallrichtung der Gneise erfolgt sein, wie das schön etwa an Glimmern zu beobachten ist (a-Richtung).

Die Vererzung reiht sich in die große Zahl der alpinmetamorphen Uranvererzungen der Westalpen ein. Dazu gehört insbesondere die Großzahl der schweizerischen Uranvorkommen in der Frontzone des Penninikums. So nehmen die Bearbeiter der Lagerstätte von Iséables ganz bedeutende alpine Umlagerungen der Erze an (HÜGI et al., 1967).

Nach den publizierten Angaben, die uns über das Vorkommen Tiraun zur Verfügung stehen (HÜGI et al., 1962, p. 5), ist auch dort der alpinmetamorphe Charakter ausgeprägt.

Ein schönes Beispiel einer alpin umgelagerten Uranlagerstätte hat CEVALES (1961) von Preit beschrieben. Die Art der mechanischen und metamorphen Überprägung der Gesteine von Preit und Naters ist sehr ähnlich; so könnte das Handstück, das CEVALES in Abb. 1 zeigt, ebensogut von Naters stammen. Hingegen haben wir Mobilisierungserscheinungen an älterem, grobkörnigem Uranerz mit beginnender Zerreibung nicht so schön beobachten können, wie das etwa in Abb. 1, Tafel 10, von CEVALES gezeigt wird. Wir finden in den meisten Fällen in Naters nur das feinstkörnige Erz (Fig. 5 und 6), in anderen Proben relativ grobkörniges (Fig. 9), nicht aber die Übergänge.

6.2.2 Der voralpine Zustand und die Entstehung der Vererzungen

Falls wir nicht bei der alpinen Durchbewegung eine weitgehende Trennung der Erzminerale annehmen, muß der primäre Mineralbestand der Vererzung ein sehr einfacher gewesen sein. An den meisten Stellen tritt Pechblende als praktisch einziges Erzmineral akzessorisch in Schiefen und Gneisen auf. In diesen Fällen ist das Korn durchwegs sehr fein (1–10 μ).

Was das Vorkommen begleitender Erzminerale anbelangt, verfügen wir bis jetzt über zu wenig (und vor allem über zu wenig frisches) Material für genaue Intensitäts- und Extensitätsangaben. Immerhin kann folgendes ausgesagt werden: In Begleitung der Uranerze treten auf Pyrit, Kupferkies, Ilmenit, Molybdänglanz und Bleiglanz. Bei solchen diffusen Vererzungen erhebt sich immer die Frage, inwiefern die Erzminerale wirklich zusammengehören, d. h. zusammen entstanden sind. Im vorliegenden Fall dürften Kupferkies und Ilmenit zufälligerweise mit der Pechblende assoziiert sein. Beide sind im Nebengestein verbreitet und sind in der Nähe der Uranvererzungen keineswegs angereichert. Obgleich auch im Nebengestein überall zu finden, ist der Pyrit zusammen mit der Pechblende deutlich angereichert und dürfte deshalb «lagerstätten»-typisch sein, Ebenfalls typisch sind Molybdänglanz und Bleiglanz, die dem Nebengestein völlig fremd sind; es ist auffallend, daß diese zwei Erzminerale – wie auch der Pyrit – meist mit relativ grobkörniger Pechblende auftreten. Sollten wir hier vielleicht primäre, oder doch wenig umgelagerte Vererzungen vor uns haben? Wir könnten dann die feinkörnigen Vorkommen als umgelagerte deuten, in denen sich die Pechblende infolge ihrer bekannten leichten Mobilisierbarkeit angereichert hätte.

Interessant ist das Auftreten von Molybdänglanz. Dieses Mineral ist im Zentralen Aaregranit nicht selten (oft als Kluftbelag) zu finden. Dieser Granit enthält als Ganzes nach HÜGI (1956) relativ viel Molybdän (um 1 ppm). Im Altkristallin des Aarmassivs ist der Molybdänglanz viel seltener, wenn man vom lagerstättenartigen Auftreten im Baltschiedertal absieht (LEDERMANN, 1955). Die Vergesellschaftung Molybdänglanz-Pechblende ist nicht selten; HÜGI (1966, p. 441 und 443) beschreibt ihn aus dem schweizerischen Penninikum. Weitere Vorkommen sind z. B. erwähnt in KOHL (1954, p. 154, 161 und 168) und MAUCHER (1962, p. 125, 129 und 130). Hingegen gibt uns die Paragenese keine weiteren Hinweise auf eine bestimmte Genese; Molybdänglanz kommt sowohl in pegmatitisch-pneumatolytischen und hydrothermalen als auch in sedimentären Bildungen vor (RECHENBERG, 1960). Im übrigen unterscheidet sich das lokale Vorkommen von Uraninit und Molybdänglanz in dem apatitreichen Schiefer von Mörel doch sehr von den anderen Uranvorkommen der Umgebung von Naters; möglicherweise hat es genetisch nichts mit ihnen zu tun.

Bei allen von uns beobachteten Vererzungen war eine diffuse Verteilung der Erzminerale im Nebengestein festzustellen. Scharf abgegrenzte, vererzte Lagen mit Gangart, welche auf eine hydrothermale Entstehung deuteten, fehlen völlig. Der Einwand, solche Lagen könnten durch die alpine Überprägung bis zur Unkenntlichkeit verschiefert worden sein, ist nicht stichhaltig, wenn wir an die alpin intensiv zerscherten, aber doch gut erkennbaren, diskordanten, uranvererzten Rißchen denken.

Eine klassische, hydrothermale Genese scheint man demnach ausschließen zu können. Eine theoretisch mögliche sedimentäre Anreicherung des Urans (Lage der Vererzungen in einer Ebene) ist im Hinblick auf die Vielfalt und die Zusammensetzung der vererzten Gesteine ebenfalls abzulehnen. Am ehesten vertretbar scheint uns eine niedrigthermale Imprägnierung einer (hercynischen?) tektonischen Schwächezone durch sulfidische, uranhaltige Lösungen. Derartige (hercynische) Imprägnationen hat BAGGIO (1958) aus dem italienischen Teil des Mont Blanc-Granits beschrieben: Schwächezonen sind durch Pechblende, Quarz, Calcit, Siderit und Pyrit zementiert worden. Nach BÄCHTIGER (1963) sind die triadischen Uranvererzungen der Mürtschenalp ebenfalls diffus vererzte, diskordant zu den Sedimenten verlaufende Ruschelzonen.

Die Uranvorkommen von Naters sind nach dem heutigen Stand der Kenntnisse zu interpretieren als epigenetische, alpinktonisch und – metamorph überprägte voralpine (permische?, hercynische? oder ältere) Vererzungen.

Die Art der Vorkommen entspricht sehr weitgehend den von MAUCHER (1962, p. 121) beschriebenen «Uranvorkommen in Umwandlungsgesteinen und Migmatiten»: «Zu dieser Gruppe rechnen wir alle Vorkommen, deren Uranführung innerhalb bestimmter Gesteine auftritt, und zwar derart, daß sie hauptsächlich an tektonische Strukturen oder an das metamorphe Gefüge gebunden sind. Sie sind meist nur in kleinen Rissen oder Spältchen, teilweise auch diffus oder in kleinen Gängen in bestimmte – entweder primär sedimentär oder erst metamorph verursachte – Zonen eingeschaltet. In sehr vielen Fällen weisen Altersbestimmungen darauf hin, daß sicher ein Teil des Urans den Gesteinen schon sehr früh, also vor der Metamorphose angehörte. Die heutige Verteilung ist das Ergebnis von Stoffverschiebungen... Die Lagerstätten sind zum Teil nur durch einen einzigen Vertreter bekannt, so daß unter ihnen ausgesprochene Sonderfälle von meist mehr wissenschaftlicher als wirtschaftlicher Bedeutung auftreten.»

An Beispielen werden von MAUCHER u. a. kanadische Vorkommen in Saskatchewan und Ontario genannt, ferner auch die walliser Uran-Vererzungen im Penninikum.

6.3 Hinweise auf benachbarte aarmassivische Vererzungen

Wir kennen im Aarmassiv (wie überhaupt in der ganzen Schweiz) bis heute keine Uranvererzungen, die man mit denen von Naters in eine Kategorie stellen könnte. Hingegen gibt es im Aarmassiv unweit von Naters eine Reihe von (uranfreien) Vererzungen, die möglicherweise mit den beschriebenen Uranvererzungen genetisch in Zusammenhang stehen könnten. Wir wollen sie ganz kurz erwähnen:

- Zwei Kilometer nördlich der Massamündung wurden im 19. Jahrhundert in der Massaschlucht diskordante Quarzgänge mit Bleiglanz, Kupferkies und Chlorit abgebaut (beschrieben durch VON FELLEBERG, 1893, p. 235–238). Die Lokalität ist heute nicht mehr zugänglich; hingegen besitzt das naturhistorische Museum Bern eine Reihe von Handstücken, die wir dank dem Entgegenkommen von Dr. H. A. Stalder besichtigen konnten.

- An der Straße Naters-Blatten kurz unterhalb Blatten findet man in zentimetermächtigen Lagen Bleiglantz, Zinkblende, Kupferkies, Pyrit und Baryt. Die Erzlagen sind parallel zu einer bedeutenden Störungszone angeordnet, die nach LABHART (1965, p. 35) wahrscheinlich bereits hercynisch angelegt war (parallele Quarzporphyrgänge).
- Im Baltschiedertal (8 km nordwestlich Naters) existiert eine Molybdänglanz-Lagerstätte, die von LEDERMANN (1955) bearbeitet worden ist. Der Molybdänglanz tritt dort als praktisch einziges Erzmineral in Quarzgängen auf. LEDERMANN verbindet die Entstehung dieser alpin metamorphen Lagerstätte mit der Intrusion des Zentralen Aaregranits.
- In der Nähe von Goppenstein (18 km west-nordwestlich Naters) wurden jahrhundertlang Blei-Zink-Erze abgebaut. HUTTENLOCHER (1931) betonte die starke alpine tektonische Überprägung der Lagerstätte. Zur Frage des Alters äußerte er sich (p. 30) vorsichtig: «Die Betrachtung der gesamten westalpinen Mineralisation macht es also wahrscheinlich, daß Goppenstein nicht unbedingt als paläozoische hydrothermale Lagerstätte angesehen zu werden braucht.»

Diese vier sulfidischen Vererzungen haben eines gemeinsam, nämlich, daß sich ihr Alter mit feldgeologischen Methoden nicht festlegen läßt. Kürzlich hat STECK (1966) eine kleine Vererzung am Grisighorn (8 km nord-nordwestlich Naters) relativ datieren können: sie liegt zwischen der Intrusion des Zentralen Aaregranits und seiner Aplitgänge, ist also sicher hercynischen Alters.

Man kann es höchstens als Vermutung aussprechen, daß diese Vererzungen in ein- und dieselbe Mineralisations-Phase gehören könnten, der dann hercynisches Alter zuzuschreiben wäre. Der Beweis hierfür wird aber kaum je zu führen sein.

HUTTENLOCHER (1934) hatte in seiner «Übersicht der westalpinen Erzlagerstätten» eher die Tendenz, die zentralmassivischen Vererzungen als alpin anzusehen. Die besagte Karte zeigt ja sehr schön die zonale Anordnung der alpinen Erzlagerstätten im alpinen Gebäude. Es geht nur aus dem Kommentar zur «hydrothermalen, sulfidisch-karbonatischen Externzone» hervor, daß «vereinzelte» dieser Lagerstätten auch hercynisch angelegt sein könnten.

7. Literatur

- BÄCHTIGER, K. (1963): Die Kupfer- und Uranmineralisationen der Mürttschenalp (Kt. Glarus, Schweiz). Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser. 38.
- BAGGIO, P. (1958): Il granito del Monte Bianco e le sue mineralizzazioni uranifere. Studi e ricerche della divisione Geomineraria 1.
- BAGHDADI, A. I. (1951): Untersuchungen an Mineralquellen des Berner Oberlandes und des Wallis. Dissertation, Bern.
- CEVALES, GIACOMO (1960): Erzmikroskopische Untersuchungen von zehn Uranvorkommen des italienischen Perms der West- und Ostalpen. N. Jahrb. Miner. Abh. 94, 733–758.
- CEVALES, GIACOMO (1961): Metamorphe Mobilisationsvorgänge in der Uranlagerstätte des Preittals (Kottische Alpen). N. Jahrb. Miner. Abh. 96, 112–123.
- ELBEL, A. W., HÜGI, TH., und LABHART, T. (1962): Ermittlung radiometrischer Anomalien mit einem speziellen Zählrohr-Suchgerät. SMPM 42/2, 647–653. Beitr. Geol. Schweiz, Kl. Mitt. 29.
- FELLENBERG, E. VON, und MOESCH, C. (1893): Geologische Beschreibung des Westlichen Theils des Aarmassivs, enthalten auf dem nördlich der Rhone gelegenen Theile des Blattes XVIII der Dufour-Karte. Beitr. geol. Karte Schweiz 21.
- FERRARA, G., LEDENT, D., und STAUFFER, H. (1958): L'età delle mineralizzazioni uranifere nelle Alpi Occidentali. Studi e ricerche della divisione Geomineraria 1.
- FERRARA, G., LEDENT, D., und STAUFFER, H. (1959): Blei-Isotopenverhältnisse sedimentärer Uranvorkommen in der Schweiz und in Italien. Helv. phys. Acta 32/4, 279–282.
- FERRARA, G., STAUFFER, H., und TONGIORGI, E. (1959): Analisi isotopica del piombo in sedimenti uraniferi delle Alpi Orientali. Studi e ricerche della divisione Geomineraria 2.
- HALM, ED., HERBST, W., und MASTROCOLA, A. (1962): Messung des natürlichen Strahlenpegels in der Schweiz. Bull. Eidg. Gesundheitsamt, Beilage B, Nr. 6.
- HÜGI, TH. (1956): Vergleichende petrologische und geochemische Untersuchungen an Graniten des Aarmassivs. Beitr. geol. Karte Schweiz, neue Folge 94.
- HÜGI, TH. (1958): Uranvererzungen in Gesteinen des Wallis. SMPM 38/2, 393–402.
- HÜGI, TH. (1963): Uranvorkommen in der Schweiz. Die Atomwirtschaft 8/10, 524–529.
- HÜGI, TH. (1966): Zur Geochemie der Uranvererzungen in den Schweizer Alpen. Geol. Rundschau 55, p. 437–445.
- HÜGI, TH., und DE QUERVAIN, F. (1958): Der gegenwärtige Stand der Erforschung der Uranvorkommen in den Schweizer Alpen. Mitteilungsblatt des Delegierten für Fragen der Atomenergie.
- HÜGI, TH., et JEDWAB, J. (1966): Distribution de la radioactivité et phénomènes optiques dans le charbon de Dorénav (Canton du Valais, Suisse). SMPM 46/2, p. 377–387. Beitr. Geol. Schweiz, Kl. Mitt. 40.
- HÜGI, TH., und DE QUERVAIN, F. (1962): Übersichtskarte der Uran- und Thorium-Mineralisationen der Westalpen 1:500000 mit Erläuterungen. Kümmerly & Frey, Bern.
- HÜGI, TH., DE QUERVAIN, F., und RICKENBACH, E. (1959): Der gegenwärtige Stand der Erforschung der Uranvorkommen in der Schweiz. Mitteilungsblatt des Delegierten für Fragen der Atomenergie.
- HÜGI, TH., KÖPPEL, V., DE QUERVAIN, F., und RICKENBACH, E. (1967): Die Uranvererzungen bei Isérables (Wallis). Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser. 42.
- HUTTENLOCHER, H. F. (1931): Die Blei-Zinklagerstätten von Goppenstein (Wallis). Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser. 16/2.
- HUTTENLOCHER, H. F. (1934): Die Erzlagerstätten der Westalpen. SMPM 14, 2–149.
- KOHL, E. (1954): Uran. Heft 10 der Reihe: «Die metallischen Rohstoffe», Enke, Stuttgart.
- LABHART, T. (1965): Petrotektonische Untersuchungen am Südrand des Aarmassivs. Beitr. Geol. Karte Schweiz, neue Folge 124.
- LEDERMANN, H. (1955): Zur Kenntnis der Molybdänglanzlagerstätte im Baltschiedertal (Wallis). Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser. 33.
- MAUCHER, ALBERT (1962): Die Lagerstätten des Urans. Vieweg, Braunschweig.
- NUSSBERGER, G., CADISCH, J. et al. (1937): Die Mineral- und Heilquellen der Schweiz.
- PASTEELS, P. (1964): Mesures d'âges sur les zircons de quelques roches des Alpes. SMPM 44/2, 519–541.
- PICCIOTTO, E. E. and Deutsch, S. (1960): Pleochroic haloes. Summer course on nuclear geology Varenna, p. 263–310.
- DE QUERVAIN, F. (1965): Uraninit führender Turmalin-Sillimannit-Pegmatit aus dem Gotthardmassiv. Vjschr. Natf. Ges. Zürich 110/3, 395–400. Beitr. Geol. Schweiz, Kl. Mitt. 36.
- RAMDOHR, PAUL (1960): Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. 3. Auflage. Akademie-Verlag, Berlin.
- RECHENBERG, HANS (1960): Molybdän. Band 12 der Reihe «Die metallischen Rohstoffe». Enke, Stuttgart.
- RICKENBACH, E. (1959): Der Stand der Uranforschung in der Schweiz. Bull. Ver. Schweizer. Petrol. Geol. u. Ing. 25/69, 14–19.
- SCHAER, J.-P. (1959): Géologie de la partie septentrionale de l'éventail de Bagnes. Arch. Sci. Genève 12/4.
- SCHWANDER, H., und WENK, ED. (1965): Monazit als Kern pleochroitischer Höfe in Biotiten der Tessiner Gneisse. SMPM 45/2, p. 797–806.
- STECK, A. (1966): Magnetkies-Kupferkies-Vererzungen am Kontakt des Zentralen Aaregranits im westlichen Aarmassiv nördlich Brig. SMPM 46/2, p. 389–412. Beitr. Geol. Schweiz, Kl. Mitt. 39.
- WÜTHRICH, H. (1965): Rb-Sr-Altersbestimmungen am alpin metamorph überprägten Aarmassiv. SMPM 45/2, 875–971.

Beiträge zur Geologie der Schweiz

Untersuchungen über radioaktive Mineralien und Gesteine in der Schweiz

a) *Geotechnische Serie*

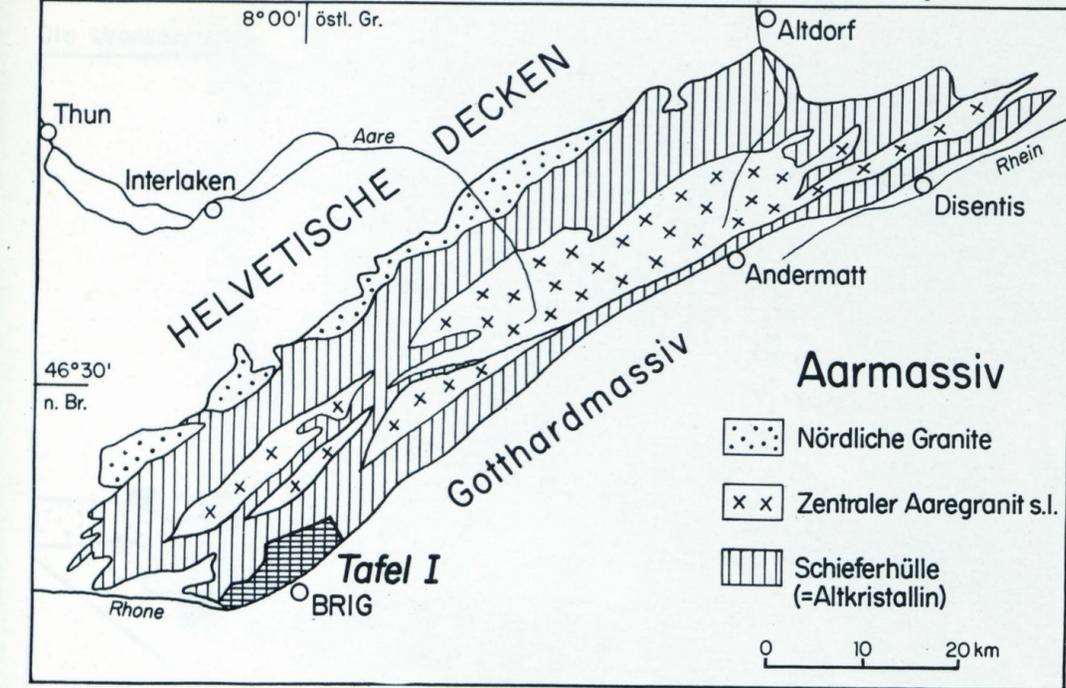
- K. BÄCHTIGER: Die Kupfer- und Uranmineralisationen der Mürtschenalp (Kt. Glarus, Schweiz), 1963, Lief. 38.
TH. HÜGI, V. KÖPPEL, F. DE QUERVAIN und E. RICKENBACH: Die Uranvererzungen bei Isérables (Wallis), 1967, Lief. 42.
T. LABHART: Die Uranvererzungen am Südrand des Aarmassivs bei Naters (Kt. Wallis, Schweiz), 1967, Lief. 43.
V. DIETRICH, N. HUONDER und L. RYBACH: Die Uranvererzungen im Druckstollen Ferrera-Val Niemet. 1967, Lief. 44.

b) *Kleinere Mitteilungen*

- L. RYBACH: Radiometrische Untersuchungen in der Misoxermulde. 1961, Nr. 22.
L. RYBACH und ST. HAFNER: Radioaktivitätsmessungen an Gesteinen des St. Gotthard-Profils. 1962, Nr. 25.
L. RYBACH, ST. HAFNER und M. WEIBEL: Die Verteilung von U-Th, Na, K und Ca im Rotondogranit. 1962, Nr. 28.
A. W. ELBEL, TH. HÜGI und T. LABHART: Ermittlung radiometrischer Anomalien mit einem speziellen Zählrohr-Suchgerät. 1962, Nr. 29.
F. DE QUERVAIN: Uraninitführender Turmalin-Sillimanitpegmatit aus dem Gotthardmassiv. 1965, Nr. 36.
L. RYBACH, J. VON RAUMER und J. A. S. ADAMS: A Gamma Spectrometric Study of Mont Blanc Granite Samples. 1966, Nr. 37.
TH. HÜGI et J. JEDWAB: Distribution de la radioactivité et phénomènes optiques dans le charbon de Dorénaz (Canton du Valais, Suisse), 1966, No 40.

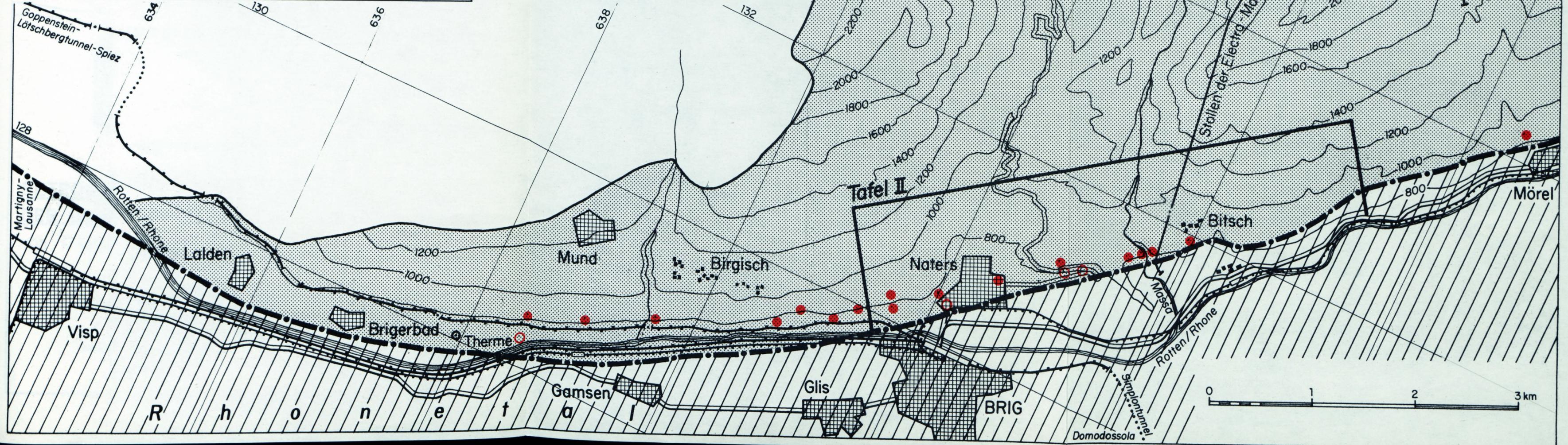
c) *Übersichtspublikation*

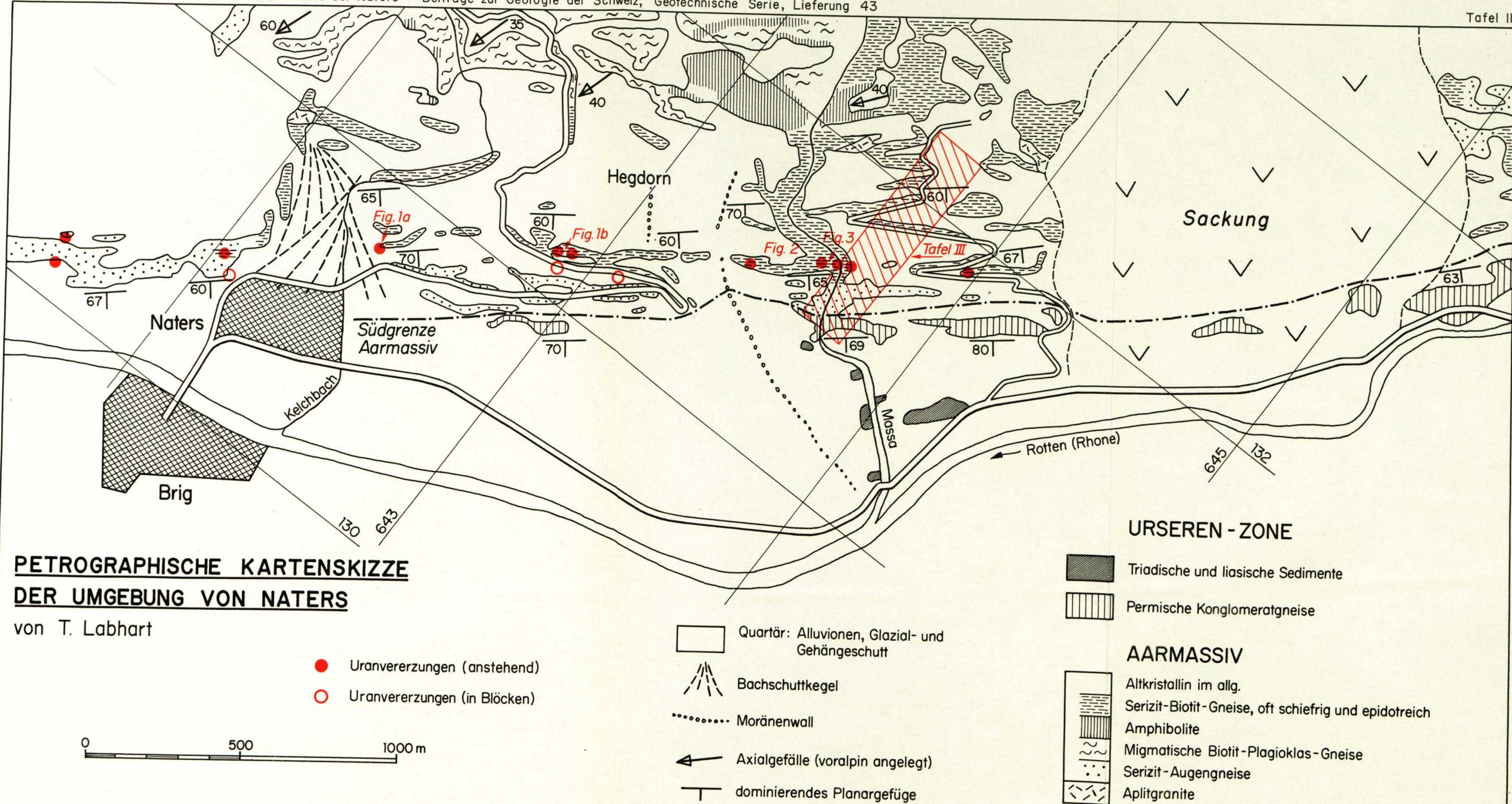
- TH. HÜGI und F. DE QUERVAIN mit F. HOFMÄNNER: Übersichtskarte der Uran- und Thorium-Mineralisationen der Westalpen 1:500000, mit Erläuterungen, 1962.



GEOLOGISCHE UND GEOGRAPHISCHE SITUATION DER URANVERERZUNGEN

- Altkristallin des Aarmassivs
- Südgrenze Aarmassiv (meist verdeckt)
- Gotthardmassivische und penninische Sedimente (Perm und Mesozoikum)
- Uran - Vererzungen, anstehend
- Uran - Vererzungen, in Blöcken
- Bahnlinien
- Strassen





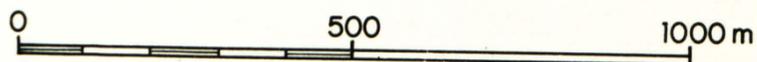
**PETROGRAPHISCHE KARTENSKIZZE
DER UMGEBUNG VON NATERS**

von T. Labhart

- Uranvererzungen (anstehend)
- Uranvererzungen (in Blöcken)

- Quartär: Alluvionen, Glazial- und Gehängeschutt
- ▲ Bachschuttkegel
- Moränenwall
- ← Axialgefälle (voralpin angelegt)
- └ dominierendes Planargefüge

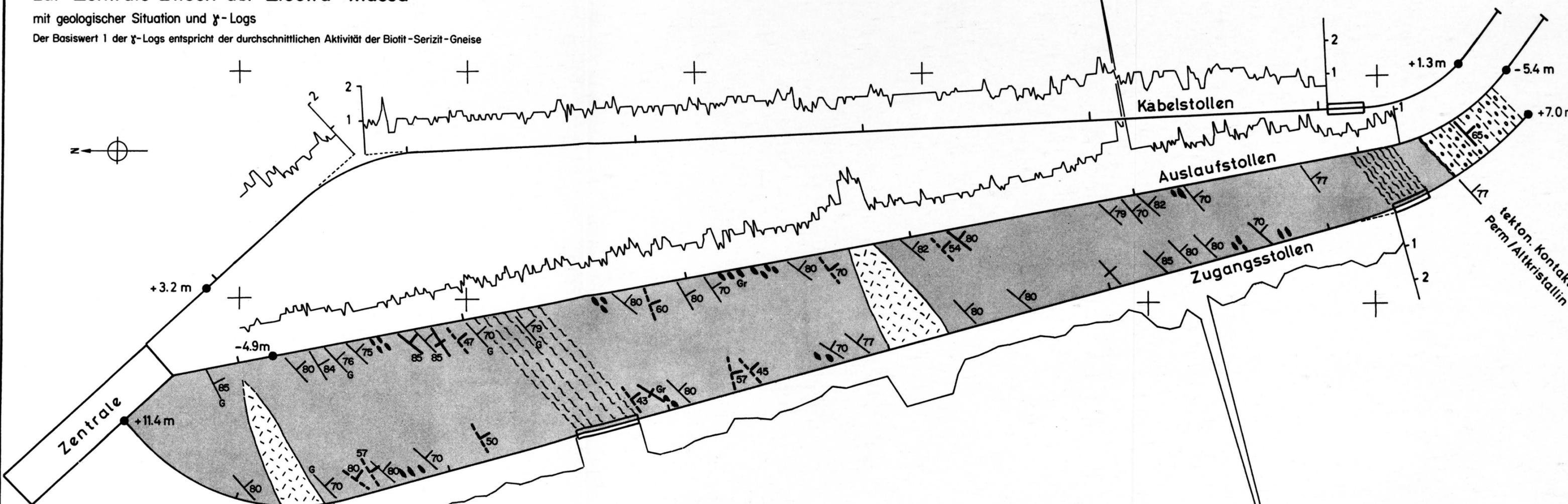
- URSEREN - ZONE**
- ▒ Triadische und liasische Sedimente
 - ▤ Permische Konglomeratgneise
- AARMASSIV**
- Alt kristallin im allg.
 - Serizit-Biotit-Gneise, oft schiefbrig und epidotreich
 - Amphibolite
 - Migmatische Biotit-Plagioklas-Gneise
 - Serizit-Augengneise
 - Aplitgranite



Horizontalschnitt auf 690m ü.M. durch die Zugangsstollen zur Zentrale Bitsch der Electra - Massa

mit geologischer Situation und γ -Logs

Der Basiswert 1 der γ -Logs entspricht der durchschnittlichen Aktivität der Biotit-Serizit-Gneise



 betoniertes Stollenstück
 +1.3 m Fixpunkte mit Vertikalabweichung vom Höhenschnitt-Niveau (690m ü.M.)

- Urseren - Zone**
-  Permische Konglomeratgneise
- Aarmassiv**
-  Biotit-Serizit-Gneise und -Schiefer
 -  Biotit-Fels- und (Gr) Granat-Quarz-Fels-Schollen
 -  Aplitgänge (0,1 - 3,0m mächtig, mit Streichen und Fallbetrag)
 -  Aplitgranitstöcke
 -  voralpines Parallelgefüge (Bänderung)
 -  alpines Parallelgefüge (Schieferung); G: Gips- und Anhydritlagen // dazu
 -  Vertikallage
 -  alpine Lettenmylonitonen

