BEITRÄGE ZUR GEOLOGIE DER SCHWEIZ
GEOTECHNISCHE SERIE
herausgegeben von der
Schweizerischen Geotechnischen Kommission
(Organ der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft)

MATÉRIAUX POUR LA GÉOLOGIE DE LA SUISSE
SÉRIE GÉOTECHNIQUE
publiés par la
Commission Géotechnique Suisse
(Organe de la Société Helvétique des Sciences Naturelles)

Lieferung 77

Ergänzung zur Studie Nr. 41 der Schriftenreihe des Bundesamtes für Energiewirtschaft, Mai 1986

Zur Geologie der Uranmineralisation in den Schweizer Alpen

F. Gilliéron

Karte 1:500 000 der Radioaktivitätsmessungen, radiometrischen Anomalien und Uranvorkommen in den Schweizer Alpen

F. Gilliéron und T. P. Labhart

1988

In Kommission bei Kümmerly und Frey AG, Geographischer Verlag, Bern

Publiziert mit Unterstützung des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung

Satz, Druck und Ausrüstung: Börsig AG, Erlenbach

ISBN 3-907997 04 2

VORWORT DER SCHWEIZERISCHEN GEOTECHNISCHEN KOMMISSION

Die vorliegende Arbeit stellt eine Zusammenfassung der geologisch-lagerstättenkundlichen Resultate der zwischen 1956 und 1984 gefundenen und bearbeiteten Uranmineralisationen dar. Sie ist als wissenschaftliche Ergänzung zum mehr wirtschaftlich-technischen Bericht der «Fachkommission für schweizerische Uranvorkommen» (GILLIERON 1986) gedacht.

Durch die Uranprospektionsarbeiten in den Schweizer Alpen wurden zahlreiche interessante Uranmineralisationen gefunden. Sie liegen vorwiegend in einer relativ schmalen Zone, die sich aus dem Unterwallis (Gegend von Martigny) längs des Rhonetals und des Vorderrheintals bis gegen Ilanz und von dort nordwärts bis ins obere Weisstannental und Murgtal erstreckt. Ein Teil dieser Uranmineralisationen wurde durch Schürfarbeiten auf ihren wirtschaftlichen Wert hin untersucht. Dadurch konnten jeweils für die wichtigsten Vorkommen mögliche geologische Ressourcen in der Grössenordnung von 5–250 t U bei mittleren Urangehalten von 50–250 ppm U geschätzt werden. Solche Ressourcen haben bei den heutigen Verhältnissen keine wirtschaftliche Bedeutung.

Die Untersuchung der verschiedenen Uranmineralisationen brachte aber auch viele wissenschaftlich interessante Erkenntnisse, die in zahlreichen Einzelpublikationen und unveröffentlichten Berichten im Detail beschrieben wurde. Das vorliegende Werk fasst nun diese Arbeiten zusammen und beschreibt die Geologie, Uranmineralisation, Mineralisationskontrolle sowie Ressourcen der verschiedenen Vorkommen. Zum besseren Verständnis sind dem Text zahlreiche Figuren sowie eine «Karte 1:500 000 der Radioaktivitätsmessungen, radiometrische Anomalien und Uranvorkommen in den Schweizer Alpen» (GILLIERON & LABHART 1988) beigefügt.

Auch wenn die ausgedehnteren Explorationsarbeiten 1984 ihren Abschluss fanden, werden unter Leitung der Schweizerischen Geotechnischen Kommission auch künftighin alle neuen grösseren, künstlich geschaffenen Aufschlüsse radiometrisch aufgenommen.

Als Mitbegründerin des «Arbeitsausschusses Atombrennstoffe» freut sich die Schweizerische Geotechnische Kommission ganz besonders, diese interessante Arbeit in ihre Reihe «Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie» aufnehmen zu können und dankt allen Autoren und ihren Mitarbeitern für ihre wertvolle Arbeit.

Die Drucklegung wurde dank einer namhaften Unterstützung durch das Bundesamt für Energiewirtschaft möglich, wofür sich die Kommission bestens bedanken möchte.

Für den Inhalt von Text und Figuren sind die Autoren alleine verantwortlich.

Zürich, September 1988

Der Präsident der Schweizerischen
Geotechnischen Kommission
C. Schindler

INHALTSVERZEICHNIS

I.	**Zusammenfassung**	1
II.	**Résumé**	2
III.	**Riassunto**	3
IV.	**Abstract**	4
1.	**Einleitung**	5
2.	**Bemerkungen zum Text**	7
3.	**Erläuterungen zu den wichtigeren Untersuchungsgebieten**	8
3.1	Das Untersuchungsgebiet Finhaut–Salvan	8
3.1.1	Geologischer Rahmen	8
3.1.2	Die Uranmineralisationen	8
3.1.3	Das Vorkommen von La Creusa	8
3.1.3.1	Geologie	8
3.1.3.2	Die Uranmineralisation	11
3.1.4	Die Mineralisation von Balayé	12
3.1.5	Diskussion der Metallotekte	12
3.1.6	Urangehalte und Abschätzung der Ressourcen	13
3.2	Das Untersuchungsgebiet Val de Bagnes–Val de Nendaz	14
3.2.1	Geologischer Rahmen	14
3.2.2	Die Mineralisationszone Col des Mines–Le Fou–Grand Alou	15
3.2.2.1	Lage	15
3.2.2.2	Geologie	15
3.2.3	Die Bleiglanz- und Kupferkonzentrationen in der Anomalienzone	20
3.2.4	Die Uranmineralisationen	20
3.2.4.1	Mineralisation in der Série de Siviez	20
3.2.4.2	Die Uranmineralisationen im Permokarbon (Série de Nendaz)	24
3.2.5	Diskussion der Metallotekte	27
3.2.6	Urangehalte und Abschätzung der Ressourcen	29
3.2.6.1	Mineralisation in der Série de Siviez	29
3.2.6.2	Mineralisation im Permokarbon	30
3.3	Das Prospektionsgebiet St. Niklaus–Embd–Zeneggen	31
3.3.1	Geologischer Rahmen	31
3.3.2	Die Uranmineralisation	31
3.3.3	Diskussion der Metallotekte	33
3.3.4	Urangehalte und Abschätzung der Ressourcen	34
3.4	Das Untersuchungsgebiet Naters–Massaschlucht	34
3.4.1	Geologischer Rahmen	35
3.4.2	Die Uranmineralisation	35
3.4.3	Diskussion der Metallotekte	36
3.4.4	Urangehalte und Abschätzung der Ressourcen	36
3.5	Das Untersuchungsgebiet Trun–Tiraun	36
3.5.1	Geologischer Rahmen	36
3.5.2	Die Uranmineralisation	37
3.5.3	Diskussion der Metallotekte	39
3.5.4	Urangehalte und Abschätzung der Ressourcen	40
3.6	Prospektionsgebiete Affeier–Waltensburg und Val Plaunca (Schlans)	41
3.6.1	Geologischer Rahmen	41
3.6.1.1	Gebiet Affeier–Waltensburg	41
3.6.1.2	Val Plaunca	41
3.6.2	Die Cu-Pb-Zn-Vorkommen in der Umgebung der Anomalienzone Affeier–Waltensburg	41
3.6.3	Die Uranmineralisation	42
3.6.4	Diskussion der Metallotekte	42
3.6.5	Urangehalte und Abschätzung der Ressourcen	42
3.7	Die Anomalienzone im oberen Weisstannental	42
3.7.1	Geologischer Rahmen	42
3.7.2	Die Uranmineralisation	43
3.7.3	Diskussion der Metallotekte	43
3.7.4	Urangehalte und Abschätzung der Ressourcen	43
3.8	Untersuchungsgebiet Mürtschenalp	43
3.8.1	Geologischer Rahmen	43
3.8.2	Die Kupfervorkommen im Gebiet der Mürtschenalp	45
3.8.3	Die Uranmineralisation	45
3.8.4	Diskussion der Metallotekte	45
3.8.5	Abschätzung der Ressourcen	45
4	**Angaben über weitere Anomaliengruppen und Uranmineralisationen**	46
4.1	Radiometrische Anomalien in Sedimenten permischen oder oberkarbonischen Alters	46

4.1.1 Mulde von Salvan–Dorénaz (Aiguilles-Rouges-Massiv) 46
4.1.2 Bernhard-Decke (oder Mischabel-Siviez-Decke) 46
4.1.3 Urseren-Mulde 46
4.1.4 Ilanzer Verrucano–Umgebung von Siat 46
4.1.5 Helvetische «Verrucano-Decken» in den Kantonen Glarus und St.Gallen 46
4.1.6 Münstertaler Verrucano (und Ötztaler Kristallin) 47
4.1.7 Permische Vulkanite der Südalpen (Tessin) 47
4.2 Altkristallin des Aiguilles-Rouges-Massiv 47
4.3 Mont-Blanc-Massiv 47
4.4 Aarmassiv 47
4.5 Bergeller Granit 47
4.6 Leventina-Decke 48
4.7 Surettadecke 48
4.8 Schamserdecken 48
4.9 Unterostalpin 48

5 Zusammenfassender Überblick 49

V. Literaturverzeichnis 51

VERZEICHNIS DER FIGUREN

1 Prospektionsgebiet Finhaut-Salvan: Horizontalprojektion des Vallorcine-Granits 9
2 Explorationszone La Creusa: Verlauf des NW-Kontaktes des Vallorcine-Granits 10
3 Explorationsgebiet La Creusa 1:2000 10 A
4 Uranerzhandstück von La Creusa 11
5 Sondierstollen La Creusa 10 B
6 Explorationszone La Creusa: Sektor Juillard 12
7 Längsprofil: Explorationsgebiet Col des Mines–Le Fou–Grand Alou 16
8 Querprofile durch die Explorationsgebiete: Grand Alou, Le Fou, Col des Mines 17
9 Col des Mines–Grand Alou: Horizontalprojektion Niveau 2400 m 18
10 Explorationsgebiet Col des Mines 19
11 Detailprofil durch die Mineralisationszone Col des Mines 21
12 Sondierstollen Col des Mines 22
13 Uranerzhandstück von Col des Mines 23
14 Uranerzhandstück von Col des Mines 23
15 Uranerzhandstück von Grand Alou (Permokarbon) 25
16 Uranerzhandstück von Grand Alou (Permokarbon) 26
17 Explorationsgebiet Nordhang Le Fou 28
18 Explorationsgebiet Grand Alou 26 A
19 Prospektionsgebiet St. Niklaus–Embd: Geologisches Profil 32
20 Prospektionsgebiet St. Niklaus–Embd: Querprofil durch Anomalienzone Scheibenstand Embd 33
21 Explorationsgebiet Naters–Massa-Schlucht 34 A
22 Prospektionsgebiet Trun–Waltensburg 34 B
23 Uranerzhandstück von Dalisch (Trun) 37
24 Schürfstollen Dalisch (Trun) 38
25 Sondierstollen Grosses Chalttal (Mürtschenalp) 44

I. ZUSAMMENFASSUNG

Die Uranprospektionsarbeiten, welche in den Jahren 1956–84 in den Schweizer Alpen durchgeführt wurden, haben gezeigt, dass dort zahlreiche radiometrische Anomalien sowie mehrere Uranmineralisationen vorhanden sind.
Sie liegen zum grössten Teil in einer verhältnismässig schmalen Zone, die sich aus der Umgebung von Martigny (Wallis) längs des Rhonetales und des Vorderrheintales (nebst einigen Seitentälern) bis gegen Ilanz (Graubünden) und von dort gegen Norden ins obere Weisstannental und in das Murgtal erstreckt.

Die Uranmineralisation besteht vorwiegend aus Pechblende und tritt meistens in den folgenden geologischen Umgebungen auf:

- unterschiedlich stark metamorphe permokarbonische kontinentale Gesteinsserien, die entweder dem «Verrucano» (helvetische Glarnerdecken, Münstertal) oder der penninischen Bernhard-Decke zugehören;
- Muskovit-Chlorit-Albit-Gneise im vorwestphälischen Sockel der Bernhard-Decke;
- Muskovit-Chlorit-Gneise und Phyllite im (herzynischen) Tavetscher Massiv;
- Muskovit-Biotit-Gneise in der südlichen Randzone des (herzynischen) Aarmassivs;
- Vallorcine-Granit des Aiguilles-Rouges-Massivs und polymetamorphe Biotitgneise in der nordwestlichen Kontaktzone des Granits.

Die Metallotekte (oder «Kontrollen») der Uranmineralisation ergeben sich im regionalen Massstab durch ihre Assoziation mit Fragmenten des herzynischen Sockels oder mit permokarbonischen kontinentalen Serien, d. h. durch Assoziationen, die für einen grossen Teil der Vorkommen der europäischen Uranprovinz typisch sind.
In den einzelnen Mineralisationen bestehen die Metallotekte vorwiegend aus Strukturelementen, insbesondere aus Schieferungsflächen, Bruchspalten, brekziierten Gesteinspartien oder tektonischen Störungszonen verschiedener Art.
Innerhalb der permokarbonischen, kontinentalen Gesteinsformationen treten auch einige für die Mineralisierung besonders geeignete Konglomerat- oder Sandsteinhorizonte als lithologische Metallotekte auf.
Die Mineralisationszonen wurden sehr wahrscheinlich schon im Perm oder Oberkarbon angelegt. Das heutige Erscheinungsbild der Vorkommen – insbesondere auch die komplizierten und stark absätzigen Lagerungsverhältnisse – ist aber weitgehend während der alpinen Gebirgsbildung durch tektonische Vorgänge, Prozesse der Metamorphose und Stoffumlagerungen gestaltet worden.
Da die Schätzwerte für die möglichen geologischen Ressourcen in den untersuchten Vorkommen jeweils nur in der Grössenordnung von 5–250 t U für den Uraninhalt und (mit Ausnahme von La Creusa) von 50–250 ppm U für die entsprechenden mittleren Urangehalte liegen, haben die Vorkommen heute keine wirtschaftliche Bedeutung.

II. RÉSUMÉ

Les travaux de prospection exécutés dans les années 1956–84 ont révélé dans les Alpes suisses l'existence de nombreuses anomalies radiometriques ainsi que de plusieurs minéralisations d'uranium. La plupart d'entre elles se situent dans une zone relativement étroite, s'étendant des environs de Martigny (Valais) jusque vers Ilanz (Grisons) en passant par les Vallées du Rhône et du Rhin antérieur (y comprises certaines vallées latérales) et de là vers le Nord dans le Weisstannental et le Murgtal (St.-Gall et Glaris).

La minéralisation uranifère se présente principalement sous forme de pechblende et se trouve localisée notamment dans les environnements géologiques suivants:

- séries continentales, d'âge permocarbonifère et d'une métamorphose d'intensité variée, faisant partie soit de la formation du «Verrucano» (nappes hélvetiques glaronaises, Münstertal) soit de la nappe penninique du Grand St-Bernard;
- gneiss à muscovite, chlorite et albite appartenant au socle d'âge préwestphalien de la nappe du Grand St-Bernard;
- gneiss à muscovite et chlorite et des schistes phylliteuses du massif hercynien du Tavetsch;
- gneiss à muscovite et biotite de la zone de bordure méridionale du massif hercynien de l'Aar;
- granite de Vallorcine du massif des Aiguilles-Rouges et gneiss à biotite polymétamorphiques, situés dans la zone de contact nord-occidentale du granite;

Les métallotectes (ou contrôles) de la minéralisation sont données à l'échelle régionale par son association avec des fragments du socle hercynien ou avec des séries continentales d'âge permocarbonifère (-triassique), associations typiques pour une grande partie des gisement de la province uranifère européenne.

Dans les zones de minéralisation, elles-mêmes, les métallotectes sont surtout de nature structurelle, formés notamment par des plans de schistosité, des fractures, des roches brechifiées ou d'accidents tectoniques divers.

Dans le cadre des séries continentales permocarbonifères, certains niveaux conglomératiques ou gréseux privilégiés pour le dépôt de minéralisations uranifères se présentent en outre par endroits comme des métallotectes.

Une première concentration ou préconcentration de l'uranium avait vraisemblablement déjà lieu pendant le Permien ou le Carbonifère supérieur. Cependant les caractéristiques actuels des minéralisations, notamment en ce qui concerne leur allure très compliquée et fortement discontinue, sont en large mesure dus à des phénomènes de tectonisation, de métamorphisme et de rémobilisation liés à l'orogenèse alpine.

Les ressources géologiques possibles à probables sont estimées à 5–250 t d'uranium métal contenues réspectivement dans les différentes zones de minéralisation examines, avec des teneurs moyennes en uranium correspondantes de 50–250 ppm U (à l'exception de La Creusa).

Les ressources spéculatives supplémentaires sont estimées d'être de l'ordre de grandeur de quelques centaines de tonnes dans chacune des zones examinées. Les minéralisations ne sont donc actuellement pas de valeur économique.

III. RIASSUNTO

La prospezione sistematica di aree selezionate nelle Alpi svizzere, eseguita negli anni 1957–84, ha permesso di scoprire numerose anomalie radiometriche nonché diverse mineralizzazioni uranifere.
Le manifestazioni di uranio sono per la maggior parte ubicate in una zona che segue grosso modo le valli del Rodano e del Reno anteriore dai dintorni di Martigny (Vallese) fino verso Ilanz (Grigioni) e che continua da lí in direzione nord verso il lago di Walenstadt.
La mineralizzazione di uranio consiste prevalentemente di pechblenda ed è distribuita in modo molto irregolare e discontinuo lungo piani di scistosità, entro o intorno a fratture e faglie, in zone brecciate o anche disseminata entro sedimenti clastici.
I diversi ambienti geologici nei quali ricorrono le manifestazioni uranifere sono costituiti da:

- formazioni continentali di età permocarbonifera, piú o meno intensamente metamorfosate, che fanno parte o del «Verrucano alpino» o della falda del Gran S. Bernardo;
- gneiss a muscovite, clorite e albite del basamento prewestfaliano (?) della falda del Gran S. Bernardo;
- gneiss a muscovite e clorite nonché filladi del massiccio ercinico del Tavetsch;
- gneiss a muscovite e biotite nella parte meridionale del massiccio dell'Aar;
- «granito di Vallorcine» nel massiccio delle Aiguilles-Rouges e gneiss a biotite polimetamorfico nella zona di contatto nordoccidentale del granito.

La ricorrenza della mineralizzazione è dunque strettamente legata sul piano regionale o a frammenti dello zoccolo ercinico o a formazioni continentali permocarbonifere; un legame simile esiste peraltro anche per numerosi altri depositi di uranio appartenenti alla provincia uranifera Europea.
Le singole concentrazioni, invece, sono prevalentemente connessi con i diversi elementi strutturali già menzionati e occasionalmente anche con certi livelli conglomeratici o arenacei del Permocarbonifero.
Una certa concentrazione o preconcentrazione dell'uranio ebbe presumibilmente già luogo durante il Permiano o il Carbonifero superiore; le attuali caratteristiche degli adunamenti si sono peró creati in maggior parte durante l'orogenesi alpina, soprattutto per processi di deformazione, metamorfismo e di rimobilizzazione.
Le risorse geologiche possibili delle singole zone mineralizzate di qualche importanza sono stimate a circa 5–250 t uranio con un tenore medio intorno a 50–200 ppm U.
Le manifestazioni uranifere sono quindi attualmente prive di interesse economico.

IV. ABSTRACT

Numerous radiometric anomalies and several uranium occurrences were found in the Swiss Alps by systematic prospecting of selected areas carried out between 1957 and 1984.

Most of the uranium indications lie in a rather narrow belt that follows roughly the valleys of the Rhone and of the Rhine Anterior, from Martigny (Valais) onto Ilanz (Grisons) and extending northwards towards the Lake of Walenstadt.

The uranium mineralization consists mainly of pitchblende and occurs very irregular and discontinous along schistosity planes, in or along fractures or in brecciated rocks, and sometimes finely disseminated in clastic sediments or granitic rocks.

The uranium occurrences were found in the following geological environments:

- permocarboniferous continental, variably metamorphosed series, belonging either to the formation of the «Verrucano» (Helvetic nappes) or to the Penninic St.-Bernhard nappe;
- muscovite-chlorite-albite gneisses belonging to the pre-Westphalian (?) basement of the St.-Bernhard nappe;
- muscovite-chlorite gneisses and phyllites of the Hercynian Tavetsch massiv;
- muscovite-biotite gneisses within the southern border of the Aar massif;
- Vallorcine granite of the Aiguilles-Rouges massiv and polymetamorphic biotite gneisses along its northwestern contact zone;

The controls or metallotects of the uranium mineralizations result on the regional scale from its association either with fragments of the Hercynian basement or with Permocarboniferous continental series. Such associations are also characteristic for numerous other occurrences within the European uranium province.

On the scale of the single occurrence, the metallotects are mainly structural features, such as schistosity planes, fractures, brecciated rocks or faults. Within the Permocarboniferous formations some lithologic metallotects, in the form of conglomeratic or arenitic beds may also exist.

Probably some concentration or preconcentration of the uranium already took place during the Permian or the Upper Carboniferous; however the actual characteristic features of the occurrences were for the most part created during the successive phases of the Alpine orogenesis, mainly by processes of deformation, metamorphism and remobilization.

The possible geological (or «in situ») resources are estimated to be 50–250 tonnes uranium in each one of the investigated mineralization zones of some importance; the respective estimated average grades are 50–250 ppm U. Therefore the occurrences are actually of no economic value.

1. EINLEITUNG

Die beigefügte Übersichtskarte 1:500 000 (Tafel I) zeigt in schematischer Weise die Gebiete und die Untertagebauten in den Schweizer Alpen, in welchen 1956–1984 Radioaktivitätsmessungen und Prospektionsarbeiten für Uran durchgeführt wurden, sowie die dabei festgestellten wichtigeren radiometrischen Anomalien und Uranmineralisationszonen.
An den Untersuchungen beteiligten sich die folgenden Organisationen und Privatgesellschaften:

- Arbeitsausschuss für die Untersuchung schweizerischer Mineralien und Gesteine auf Atombrennstoffe und seltene Elemente («Arbeitsausschuss Atombrennstoffe»): ab 1956 Radioaktivitätsmessungen in den Untertagebauten, Prospektionsarbeiten in den Kantonen Wallis, Glarus und St. Gallen.
- Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung schweizerischer Lagerstätten mineralischer Rohstoffe: ab 1957 im Kanton Graubünden, dann im Oberwallis.
- Eisenbergwerke Gonzen AG, Sargans: ab 1957 in den Kantonen Glarus und St. Gallen.
- Grande Dixence SA, Sion: im mittleren Wallis.
- Bergbau und Mineral AG (BEMINAG), Zürich (Tochtergesellschaft der Uranerzbergbau GmbH, Bonn): Vorderrheintal und Urserental.
- Konsortium BEMINAG/Elektrowatt, Zürich: Gebiet Schlans–Waltensburg.
- Alusuisse Bergbau AG, Zürich: ab 1975 im Unterwallis (hauptsächlich Gebiet Finhaut–Salvan).
- Baudepartement des Kantons Tessin: ausgewählte Gebiete des Kantons.
- Bureau de Géologie Bruno Campana, Lausanne: Gebiet Val de Réchy – Val d'Anniviers – Turtmanntal.
- Bureau d'Etudes Géologiques SA, Vétroz (BEG), im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft: 1982–1984 Gebiete Isérables, Finhaut–Salvan, Naters, Embd (alle im Wallis).
- Entwicklungsfonds für seltene Metalle.

Ab 1966 beteiligte sich auch der Bund an Untersuchungen über die wirtschaftliche Bedeutung der Vorkommen. Der entsprechende Kredit wurde zuerst vom Delegierten für Fragen der Atomenergie, dann vom Amt für Wissenschaft und Forschung und ab 1978 vom Bundesamt für Energiewirtschaft verwaltet. Beratendes Organ der Amtsstellen war die vom Eidgenössischen Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement eingesetzte «Fachkommission für schweizerische Uranvorkommen».
Es gibt zahlreiche Publikationen über die Radioaktivitätsmessungen in schweizerischen Gesteinen, einzelne Uranvorkommen und die Prospektionsarbeiten und ihre Ergebnisse im allgemeinen. Eine Auswahl davon wird im Literaturverzeichnis aufgeführt.
Des weiteren haben die Mitarbeiter der oben genannten Organisationen insgesamt mehrere hundert Berichte verfasst, von denen die wichtigsten im Literaturverzeichnis angegeben sind. Ein grosser Teil der Berichte kann bei der Sammelstelle geologischer Dokumente, Bern, eingesehen werden.
Im Mai 1986 ist der Bericht der Fachkommission für schweizerische Uranvorkommen über die 1966–1984 ausgeführten und mit Bundesmitteln geförderten Uranprospektionsarbeiten erschienen (Gilliéron, 1986). Darin werden im wesentlichen die Ausgangslage, der Auftrag, die verschiedenen Rahmenbedingungen für die Untersuchungen sowie die durchgeführten Arbeiten, ihr zeitlicher Ablauf und die Ergebnisse kurz dargestellt.

In dieser ergänzenden Arbeit werden nun die geologisch-lagerstättenkundlichen Gegebenheiten eingehender behandelt und durch geologische Karten- und Profilskizzen sowie durch die Übersichtskarte 1:500 000 «Radioaktivitätsmessungen, radiometrische Anomalien und Uranvorkommen in den Schweizer Alpen» von Gilliéron und Labhart (Tafel I) erläutert.
Eine erste Fassung dieser Karte im Massstab 1:300 000 wurde bereits 1976 von T. Labhart (Hauptbearbeiter) und dem Verfasser erstellt. Sie diente als Beilage zu dem nicht veröffentlichten Bericht des Amtes für Wissenschaft und Forschung über die 1966–1976 durchgeführten, aus Bundesmitteln finanzierten Uranprospektionsarbeiten (April 1977). Sie wurde für den Druck nochmals überarbeitet und auf den Massstab 1:500 000 reduziert.
Im Laufe der Jahre beteiligten sich zahlreiche Fachleute an den Untersuchungsarbeiten. Die Hauptbeteiligten sind praktisch identisch mit den Verfassern der Berichte, welche im Literaturverzeichnis und zum Teil auch im Text angegeben sind. Es wird daher, bei voller Anerkennung ihrer Beiträge, davon abgesehen, alle die vielen Mitarbeiter hier noch namentlich aufzuführen.
Bei der Abfassung dieser Arbeit waren verschiedene Kollegen behilflich, so namentlich Frau Dr. K. Riklin mit der Gestaltung der Grafiken und der Reinschrift des Manuskriptes, dann die Mitglieder der Fachkommission für schweizerische Uranvorkommen, Prof. C. Bauchau, Dr. F. Bianconi, Prof. Dr. E. Niggli, Prof. Dr. L. Rybach und ihr Sekretär, Dr. A. Fehr, mit ihrer konstruktiven Kritik und vielen Anregungen, sowie R. Moix mit seiner tatkräftigen Assistenz bei ergänzenden Arbeiten. Allen Beteiligten möchte ich hier für ihre Unterstützung danken.

2. BEMERKUNGEN

Die vorliegende Arbeit bezieht sich hauptsächlich auf die 1966–84 in den wichtigsten Mineralisationszonen ausgeführten, vom Bund mitfinanzierten Untersuchungen und ihre Ergebnisse.

Diese Arbeiten dienten vor allem zur Beschaffung von Anhaltspunkten für eine erste Beurteilung der wirtschaftlichen Bedeutung der Uranvorkommen. Entsprechend stehen im Text diejenigen geologisch-lagerstättenkundlichen Fakten und Probleme im Vordergrund, welche mit der praktischen Zielsetzung der Untersuchungen zusammenhängen.

Als Grundlagen dienten in erster Linie die im Literaturverzeichnis und zum Teil auch im Text angeführten Berichte und Publikationen. Daneben sind auch eigene Beobachtungen und Ideen eingeflossen, die sich während der 19 Jahre ergeben haben, in denen sich der Verfasser mit den Untersuchungen befasste, sei es als Mitglied der Fachkommission, sei es als Beamter der eidgenössischen Amtsstelle, welche mit der Koordination und der Oberaufsicht der vom Bunde mitfinanzierten Arbeiten beauftragt war.

Dazu wurden mehrere neue geologische Karten- und Profilskizzen beigefügt, welche vor allem für die Bearbeitung der Abschnitte über die Metallotekte und die Ressourcen erstellt wurden.

Andererseits enthalten die Berichte und Publikationen verschiedene Informationen, die im Begleittext nicht berücksichtigt sind; sie betreffen namentlich chemische Analysen, Altersbestimmungen, spezielle Laboruntersuchungen, gefügekundliche Analysen und eingehende Diskussionen der Genese.

Zwei für die praktischen Belange wichtige Begriffe sind die Metallotekte und die Ressourcen der Mineralisationszonen, zu welchen noch einige Erläuterungen folgen:

«Metallotekte» werden nach LAFFITE et al. (1965) und ROUTHIER (1969) geologische Faktoren genannt, von denen man annimmt, dass sie bei der Bildung von Mineralvorkommen und bei den Vorgängen, die zu ihrer heutigen Erscheinungsform geführt haben, eine massgebliche Rolle gespielt haben. Im folgenden wird der Begriff «Metallotekt» etwas restriktiv nur auf beobachtbare und im allgemeinen auch im geeigneten Massstab kartierbare geologische Elemente angewandt. Es werden also nicht die lagerstättenbildenden Prozesse selbst betrachtet, sondern bestimmte geologische Objekte (stratigraphischer Horizont, Verwerfung, Diskordanzfläche usw.), welche das Medium für diese Vorgänge bildeten oder die deren Ablauf begünstigt haben (oder von denen man wenigstens als Arbeitshypothese annimmt, dass dies der Fall sei). Es sind demnach konkrete geologische Elemente, mit denen man schliesslich auch in der angewandten Lagerstättengeologie operieren kann und muss. In diesem Sinne entspricht der Begriff etwa demjenigen der «ore guides» oder «ore controls» der amerikanischen Montangeologen. Da es sich, wie oben definiert, um ganz konkrete geologische Gebilde handelt, wird hier den Ausdrükken «Mineralisationskontrollen» oder «kontrollierende Faktoren», mit welchen ja eine Tätigkeit verbunden ist, das Gegenstandswort «Metallotekt» vorgezogen.

Die Ressourcen der einzelnen Mineralisationszonen werden im Text, soweit möglich, durch Schätzwerte für den Uraninhalt und den mittleren Urangehalt der im Bereich der detaillierten Untersuchungsarbeiten liegenden Partien sowie durch einen groben Schätzwert für die ausserhalb dieses Bereichs möglicherweise noch vorhandenen zusätzlichen Ressourcen definiert. Beim gegenwärtigen Erkundungsstand können die entsprechenden Werte nur der Grössenordnung nach geschätzt werden, wobei mit sehr vereinfachten Modellen für die komplizierte Geometrie der Mineralisationszonen und die absätzige Verteilung der stark schwankenden Urangehalte gearbeitet werden muss.

Indessen basieren die Schätzungen nicht nur auf den relativ wenigen gesicherten Zahlenwerten für die Urangehalte und die Dimensionen der Mineralisationszonen, sondern namentlich auch auf Hunderten von Radioaktivitätsmesswerten, vielen minutiösen Beobachtungen des Auftretens der in den Schürfarbeiten aufgeschlossenen Mineralisationen sowie auf Detailkartierungen der näheren und weiteren Umgebung der Vorkommen.

Wenn sich auch diese vielen zusätzlichen Informationen nicht quantitativ exakt erfassen lassen, so tragen sie meines Erachtens doch wesentlich dazu bei, dass man den Schätzwerten einen dem Erkundungsstadium entsprechenden, genügend hohen Zuverlässigkeitsgrad beimessen darf, damit sie als wichtige Entscheidungskriterien für die Beurteilung der wirtschaftlichen Bedeutung der Vorkommen und der Zweckmässigkeit von weiteren Untersuchungsarbeiten dienen können.

Um die in den folgenden Kapiteln angegebenen Werte für die mittleren Urangehalte und die Uraninhalte zu relativieren, sei beigefügt, dass eine Uranlagerstätte – abgesehen von Spezialfällen – einen mittleren Urangehalt von mindestens etwa 2000 ppm und einen (gewinnbaren) Uraninhalt von einigen tausend Tonnen Uran aufweisen muss, um bei den heutigen Marktverhältnissen einen wirtschaftlichen Abbau zu ermöglichen.

In der vorliegenden Arbeit werden die Urangehalte in ppm U bzw. in % U angegeben. In der Uranindustrie werden Gehaltsangaben – vor allem im angelsächsischen Sprachraum – auch in ppm U_3O_8 oder % U_3O_8 gemacht. Die entsprechenden Umrechnungsfaktoren sind:

1 ppm U = 1,1792 ppm U_3O_8
1 % U = 1,1792 % U_3O_8

Die in der vorliegenden Arbeit angegebenen Urangehalte wurden teils chemisch, teils radiometrisch bestimmt. Bei der letzten Methode bestimmt man eigentlich Uran-Äquivalente (in der Fachliteratur mit «eU» bzw. «eU_3O_8» angegeben, wobei das Präfix «e» für «equivalent» steht), die nur dann dem tatsächlichen Urangehalt entsprechen, wenn zwischen dem Uran und seinen Tochterprodukten radioaktives Gleichgewicht herrscht. Dies ist vor allem an der Oberfläche nicht immer der Fall.

3. ERLÄUTERUNGEN ZU DEN WICHTIGEREN UNTERSUCHUNGSGEBIETEN

Die Untersuchungsgebiete, in welchen mehr oder weniger umfangreiche Schürfarbeiten durchgeführt wurden, sind in der Übersichtskarte 1:500 000 (Tafel I) als «wichtigere Uranvererzungszonen» ausgeschieden. Sie liegen alle in einer relativ schmalen Zone, die sich aus dem Unterwallis längs der Täler der Rhone und des Vorderrheins bis gegen Ilanz und von dort nach Norden in das obere Weisstannental und das Murgtal erstreckt.
Sie werden im vorliegenden Kapitel in ihrer geographischen Reihenfolge, von Westen nach Osten, dargestellt.

3.1 Das Untersuchungsgebiet Finhaut–Salvan

3.1.1 Geologischer Rahmen

Das Untersuchungsgebiet liegt im Unterwallis und gehört geologisch zum Aiguilles-Rouges-Massiv; es besteht hauptsächlich aus dem herzynischen Vallorcine-Granit und den angrenzenden altkristallinen Gneisen.
Der rund 25 km lange, im Mittel NNE streichende Granitkörper ist im Untersuchungsgebiet etwa 300-1000 m breit. Seine südöstliche Randpartie gehört zu einer breiten Störungszone, in welcher der Granit und die angrenzenden Gneise zum grossen Teil in Mylonite und Ultramylonite umgewandelt sind. Gegen SE folgen zunächst kataklastische (Ortho-)Gneise mit einigen Schuppen von Karbonsedimenten, dann verfaltete dunkle karbonische Konglomerate, Sandsteine und Tonschiefer sowie, lokal, violette und grüne permische (?), schiefrige Sandsteine.
Im NW grenzt der Granit an ein mächtiges Paket altkristalliner Gesteine, hauptsächlich Biotitgneise, migmatitische Gneise und Hornfelse. Sie werden von zahlreichen Aplit- und Pegmatitadern durchsetzt und enthalten auch einige Schollen und Gänge von porphyrischem Granit.
Der Verlauf des Kontaktes wird im einzelnen durch mehrere Störungen ziemlich kompliziert (s. Fig. 1).

3.1.2 Die Uranmineralisationen

Im Prospektionsgebiet zwischen der französischen Grenze und dem Vallon de Van wurden in den Zuleitungsstollen der Kraftwerke Emosson und an der Oberfläche insgesamt weit über 100 radiometrische Anomalien festgestellt. Die interessantesten Gruppierungen in bezug auf Intensität und Anzahl finden sich zwischen Le Châtelard und Finhaut im Vallorcine-Granit und dem angrenzenden Altkristallin sowie unterhalb der Seilbahnstation La Creusa, am NW-Kontakt des Granits. Detaillierte Untersuchungen wurden bei den Indikationen von La Creusa und Balayé (an der Werkstrasse Finhaut–Staumauer Emosson) vorgenommen.

3.1.3 Das Vorkommen von La Creusa

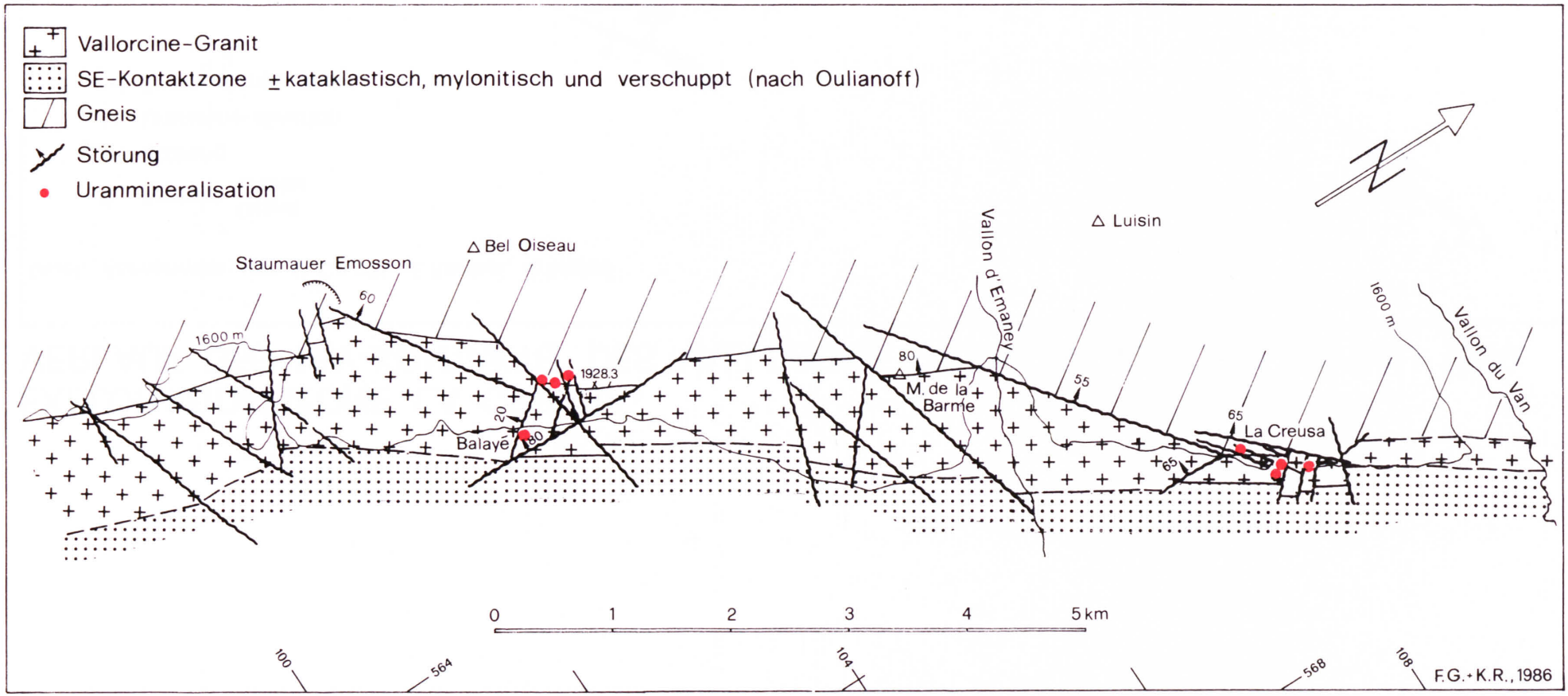
Die Uranindikationen von La Creusa liegen zwischen rund 1600 m und 1700 m Höhe in einem etwa 600 m langen und 200 m breiten Geländestreifen, der sich in nordöstlicher Richtung entlang des Fahrsträsschens Les Marécottes–La Creusa und über dessen äusserste, östliche Kurve (Pkt. 1676) bis in das «Couloir des Lettons» erstreckt.
Die Detailuntersuchungen konzentrierten sich auf die nach ihren Entdeckern benannten Indikationen «Juillard» und «Gisiger» als die beiden interessantesten und am besten zugänglichen Uranindikationen.
Die Erkundungsarbeiten bestanden im wesentlichen aus Schürfgräben, 44 Vollbohrungen (490 m Gesamtlänge), 70 m Schürfstollen auf dem Niveau 1640 und 942 Schürfstollen auf dem Niveau 1590.
Die Lage der einzelnen Indikationen und der Schürfarbeiten ist aus den Figuren 2 und 3 ersichtlich.

3.1.3.1 Geologischer Rahmen

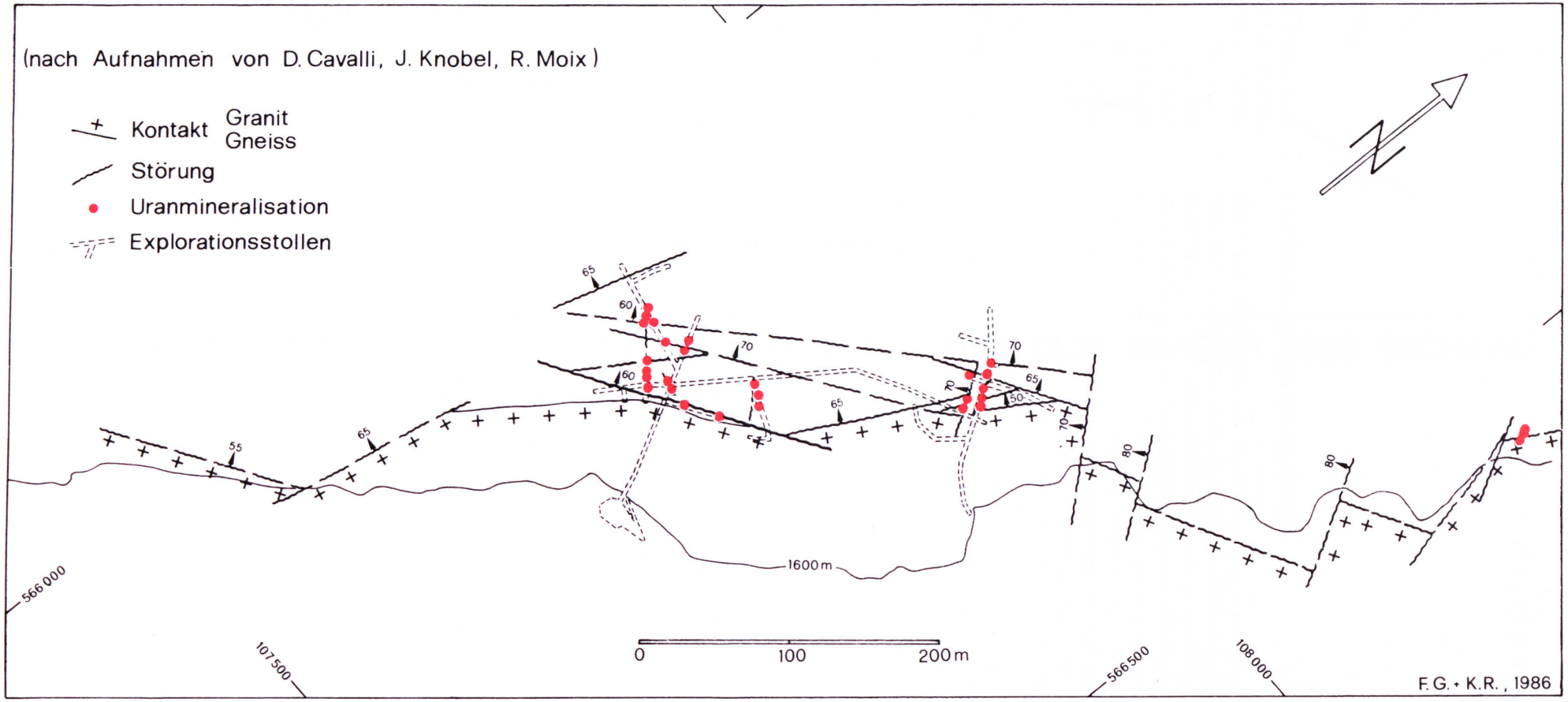
Die Urankonzentrationen treten am NW-Rande des Vallorcine-Granits in altkristallinen Gneisen auf; es sind dies hauptsächlich grau-violette Biotitgneise (Biotit, Quarz, Chlorit, Plagioklas, Muskovit u.a.), leukokrate schwach gebänderte Gneise (Quarz, Plagioklas, Kalifeldspat, Serizit u.a.) sowie migmatitische Biotitgneise (Quarz, Plagioklas, Mikroklin, Biotit u.a.).
Die Gneise werden von Granitgängen und von mehreren Aplit- und Pegmatitadern durchsetzt; örtlich sind einige scheelitführende amphibolitische Schollen eingelagert.
Die Gesteine sind im allgemeinen stark zerklüftet und verschiefert. Die Hauptschieferungsflächen, die meist mit einer schwach ausgeprägten Stoffbänderung zusammenfallen, streichen etwa N 40°–65°, fallen mit 50°–70° NW ein und sind örtlich etwas verfaltet. Unter den Klüften überwiegt ein N 130°–140° gerichtetes und steil nach SW einfallendes Kluft- und Spaltensystem. Die Lagerungsverhältnisse werden sehr stark durch tektonische Störungen beeinflusst, so namentlich durch:

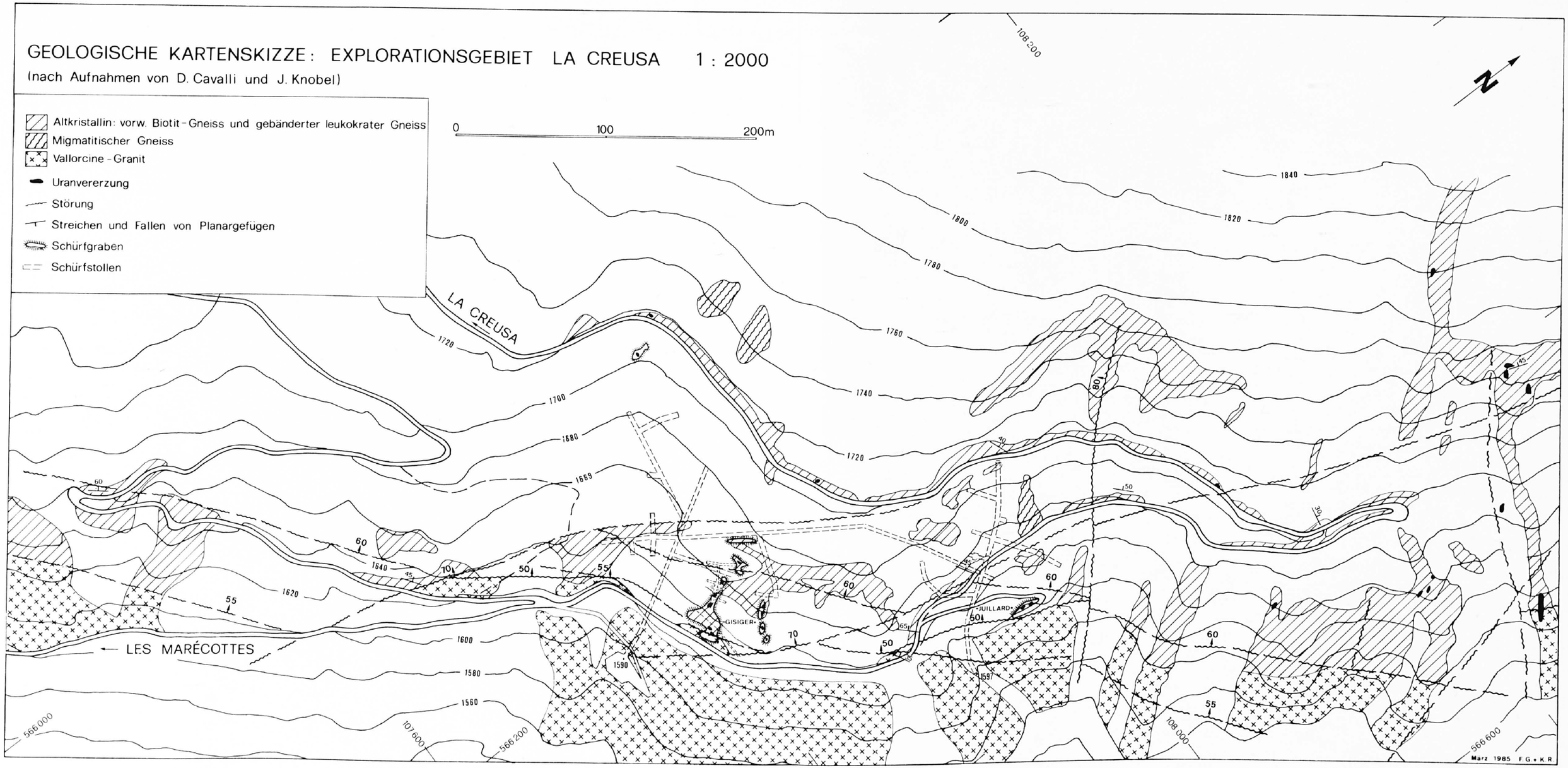
- N 50°–60° streichende und 60°–70° NW einfallende Scherzonen (?), begleitet von Mylonitbildung (vorwiegend Lettenmylonite) als dominierendes Störungssystem.
- N 30°–40° streichende und 40°–50° NW einfallende Dislokationsflächen, ebenfalls teilweise mit Mylonitisierung verbunden.
- (Jüngere) N 110°–130° orientierte und meist steil nach SW einfallende Verwerfungen, die oft stark verquarzt sind.

PROSPEKTIONSGEBIET FINHAUT-SALVAN: HORIZONTALPROJEKTION DES VALLORCINE-GRANITS AUF DEM NIVEAU 1600 (SCHEM.)

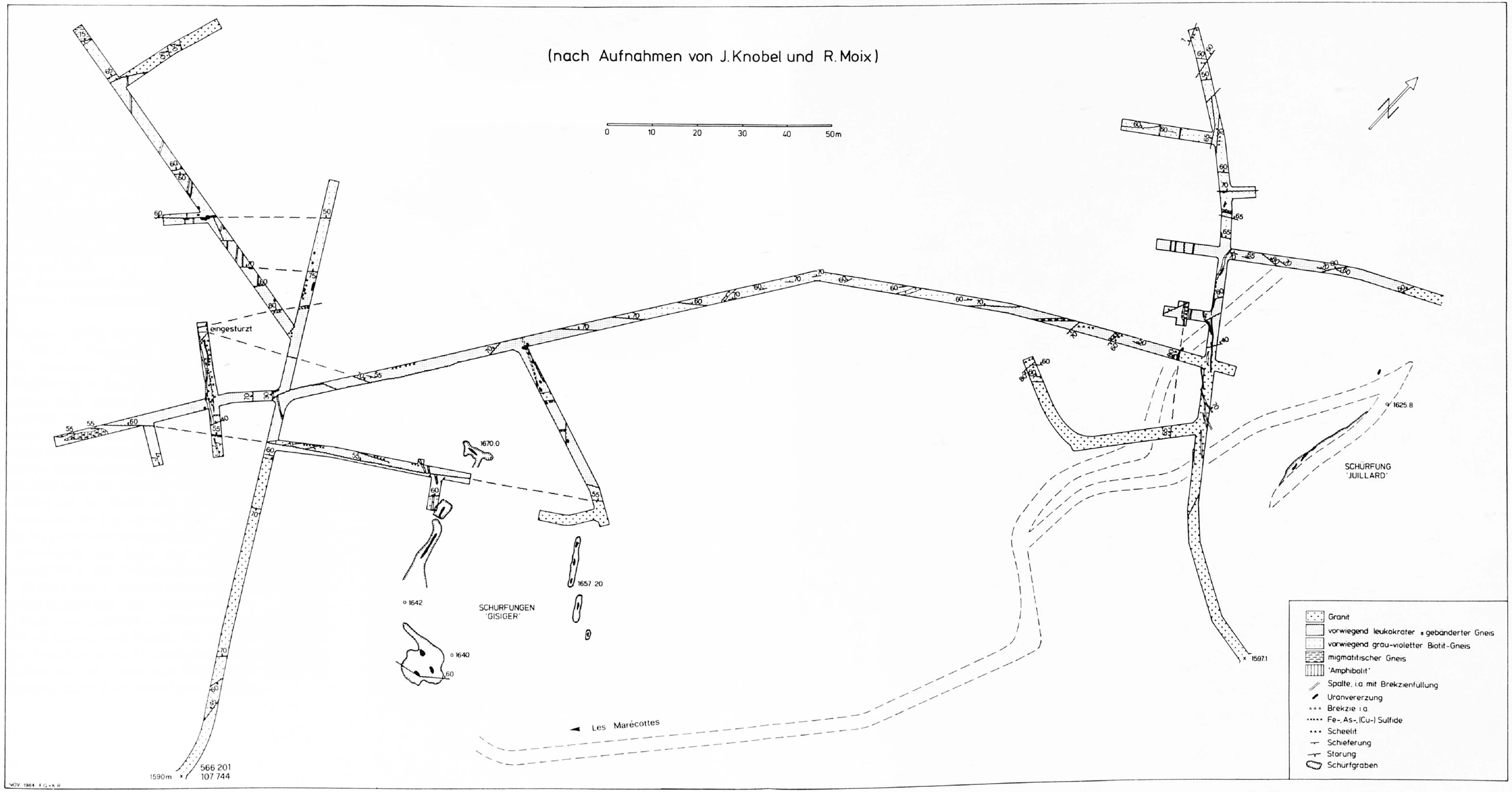


EXPLORATIONSZONE LA CREUSA: VERLAUF DES NW-KONTAKTS DES VALLORCINE-GRANITS AUF DEM NIVEAU 1600




GEOLOGISCHE KARTENSKIZZE: EXPLORATIONSGEBIET LA CREUSA 1 : 2000
(nach Aufnahmen von D. Cavalli und J. Knobel)
Altkristallin: vorw. Biotit-Gneiss und gebänderter leukokrater Gneiss
Migmatitischer Gneiss
Vallorcine-Granit
Uranvererzung
Störung
Streichen und Fallen von Planargefügen
Schürfgraben
Schürfstollen
0
100
200m
N
LA CREUSA
LES MARÉCOTTES
GISIGER
JUILLARD
1840
1820
1800
1780
1760
1740
1720
1700
1680
1660
1640
1620
1600
1580
1560
1590
1597
108 200
566 000
107 600
566 200
108 000
566 600
März 1985 F.G. + K.R.

SONDIERSTOLLEN LA CREUSA Q.1590



- (Ältere) ungefähr N–S (N 165°–N 15°) gerichtete und 65°–80° W einfallende Störungen, meist von Eisensulfiden und Arsenkies begleitet.

Wo der Granitkontakt nicht von einer dieser Störungen gebildet wird, verläuft er in Richtung N 30°–40° und fällt mit 40°–50° NW ein. Es handelt sich möglicherweise um den primären Kontakt zwischen Granit und Gneis.

3.1.3.2 Die Uranmineralisation

Die Uranmineralisation besteht hauptsächlich aus Pechblende; sie wird öfter, vor allem in den oberen Partien des Vorkommens von hellgelben bis orangegelben und grünlichen sekundären Uranmineralien begleitet. Praktisch immer sind makroskopisch mit den Uranmineralien zusammen auch mehr oder weniger in Limonit umgewandelte Eisensulfide erkennbar.
Aus den wenigen bisher durchgeführten Untersuchungen (KOESTLER, 1978; MOIX, 1981) ergab sich folgender Mineralbestand:
Pechblende (meist kolloform), sekundäre Uranmineralien, Pyrit, Markasit, Arsenkies, Goethit, Hämatit, Kupferkies, Bleiglanz, Zinkblende, Wismutglanz, gediegener Wismut und Rutil.
Mittels Roentgendiffraktometrie wurden die folgenden sekundären Uranmineralien bestimmt (KOESTLER, 1978):
Uranophan ($[UO_2 \mid SiO_4]_2 \cdot 5H_2O$), Zippeit ($2UO_3 \cdot SO_4 \cdot 3\text{-}6H_2O$), Becquerelit ($6[UO_2 \mid (OH)_2] \cdot Ca(OH)_2 \cdot 4H_2O$), Murakovit, Simplotit ($CaV_4O_9 \cdot 5H_2O$). [illegible]
Die Pechblende ist im allgemeinen konzentrisch-schalig aufgebaut, nicht selten hat sie einen fast kreisförmigen Querschnitt. Sie ist meistens von feinkörnigem Quarz umgeben, der auch häufig die zahlreichen feinen Sprünge innerhalb der Pechblendekörner füllt. Die übrigen oben genannten Begleitmineralien, welche mit Ausnahme der Eisensulfide und des Arsenkieses nur vereinzelt auftreten, finden sich am Rande oder in Rissen und Hohlräumen innerhalb der Pechblendekörner.
Träger der Urankonzentrationen sind vorwiegend N 130°–140° streichende und meist steil nach SW einfallende Brekzienspalten. Die Füllung der einige Zentimeter bis etwa 50 cm breiten Spalten besteht hauptsächlich aus Gneisfragmenten und einer Quarzmatrix.
Die Urankonzentrationen sind darin sehr unregelmässig verteilt als Knauer und Nester von variabler Form und Grösse. Lokal finden sich (vorwiegend sekundäre) Uranmineralien auch in Rissen und Hohlräumen in den angrenzenden, meist stark zerrütteten Gneisen.

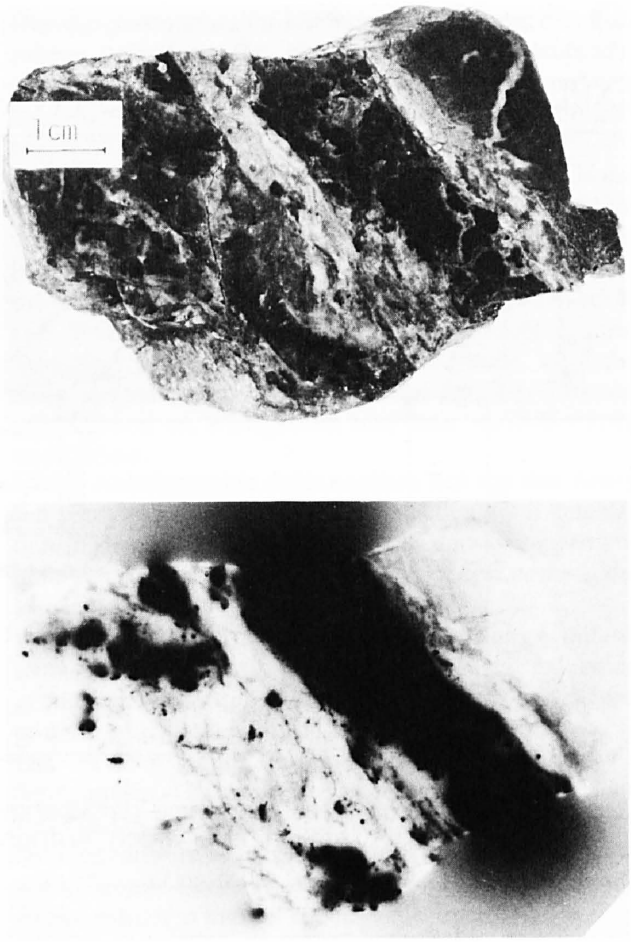
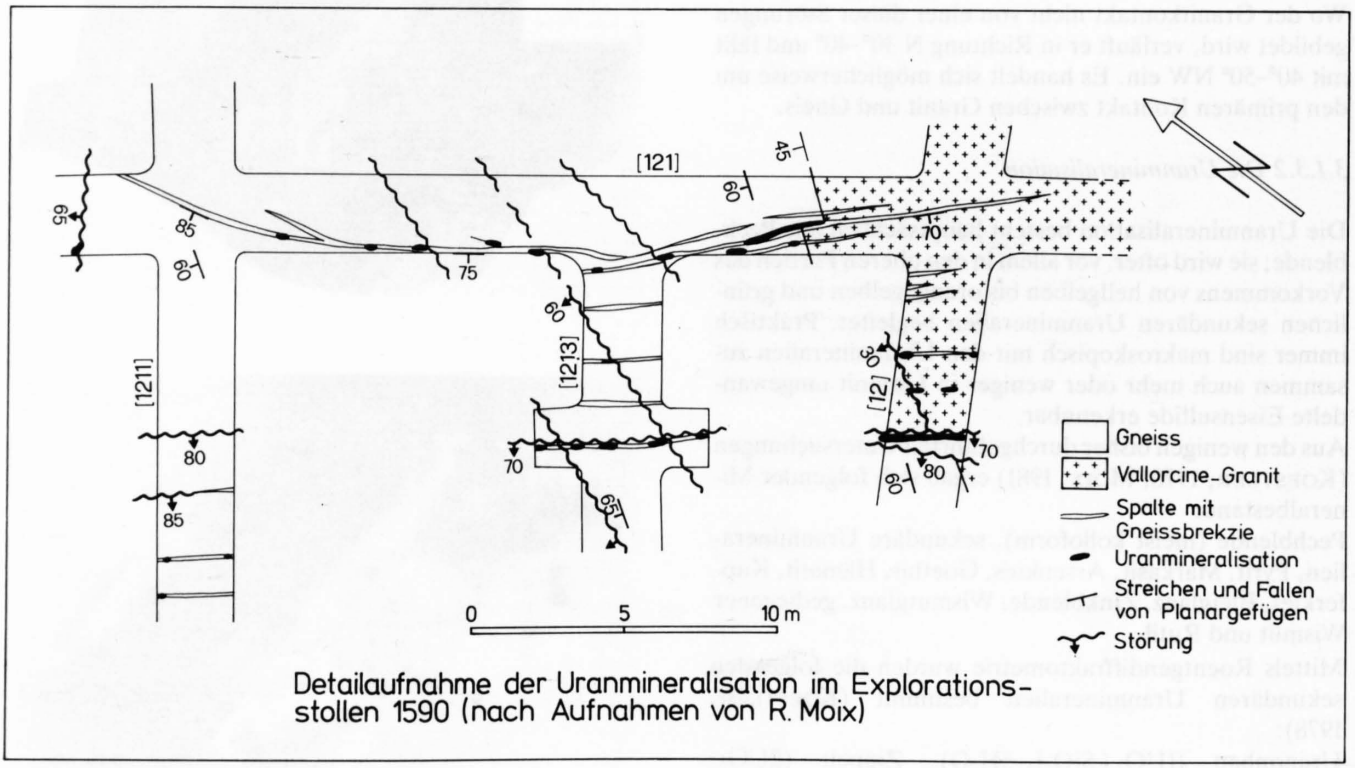


Fig. 4: G111 La Creusa
Oben poliertes Handstück, unten Autoradiographie, Uranmineralisation in Quarz-Gneis-Brekzie.

Des weiteren finden sich Urankonzentrationen in den N 50°–60° gerichteten Scherzonen, z.T. als uranführende Brekzienknauer, die wahrscheinlich aus den primären Brekzienspalten verschleppt wurden, z.T. als fein verteiltes Uran in Lettenmyloniten (Fig. 4).
Die Uranmineralisationen treten nur innerhalb der altkristallinen Gneise auf. Obschon im angrenzenden Vallorcine-Granit die potentiellen Trägerstrukturen auch vorhanden sind, wurden dort nur einige schwache Anomalien festgestellt. Weitere Einzelheiten über die komplexen Lagerungs- und Mineralisationsverhältnisse sind aus den Fig. 2, 3, 5 und 6 ersichtlich.

Fig. 6

EXPLORATIONSZONE LA CREUSA (VS): SEKTOR JUILLARD



Detailaufnahme der Uranmineralisation im Explorationsstollen 1590 (nach Aufnahmen von R. Moix)

3.1.4 Die Mineralisation von Balayé

Die Vererzungsstelle liegt an der Strasse Finhaut–Staumauer Emosson, etwa 1515 m ü.M. (Koordinaten102 690 / 562 825).

Die am Strassenrand aufgeschlossene Mineralisationszone wurde mittels fünf Kernbohrungen und sieben Vollbohrungen (insgesamt 257 Bohrmeter) näher erkundet.

In allen Bohrungen wurde die radioaktive Strahlung mit einer am geophysikalischen Institut der ETH Zürich entwickelten Sonde vermessen.

Die Urankonzentrationen liegen im Vallorcine-Granit und sind etwa 200 m von seinem südöstlichen, mylonitisierten Kontakt entfernt. Der Granit ist hier grobkörnig und porös; er besteht hauptsächlich aus perthitischem Feldspat, Plagioklas sowie Fe-Mg-Chloriten, Biotit, Hellglimmer und wenig Quarz. Die Feldspäte werden zum grossen Teil vom Rande her durch Serizit und Chlorit verdrängt.

Das Gestein hat somit eine ähnliche Beschaffenheit wie die als «Episyenite» bezeichneten granitischen Wirtsgesteine einiger Uranlagerstätten (z.B. im französischen Massif Central).

Die Uranmineralisation besteht fast ausschliesslich aus gelbem Uranophan; Pechblende kommt nur akzessorisch vor. Die Uranmineralien sind fein verteilt im Granit, vor allem in den porösen Partien, innerhalb einer sehr unregelmässig begrenzten Zone, die einer etwa N 140° streichenden und steil nach SW einfallenden Kluft mit Bewegungsspuren folgt.

Mit den Bohrungen konnte die uranführende Zone über ungefähr 8 m Länge und 15 m Tiefe nachgewiesen werden; die Mächtigkeit schwankt sehr stark, scheint aber höchstens etwa 4 m zu erreichen.

Aus den Gamma-Logs wurden in den obersten 5 m der Mineralisationszone Urangehalte bis zu 0,83% eU (bezogen auf 2 m Bohrlochlänge) ermittelt; darunter nehmen die Gehalte ziemlich rasch auf weniger als 0,1% eU ab.

In der weiteren Umgebung von Balayé sind noch zahlreiche andere radiometrische Anomalien im Vallorcine-Granit festgestellt worden; sie sind aber meist nur punktuell und in Klüften oder auf Bewegungsflächen lokalisiert.

Etwa 650–700 m in Richtung NNE von der Bohrung, unterhalb des Pkts 1928.3 befindet sich eine Gruppe etwas stärkerer Anomalien, jedoch bereits am Rande des Granits in altkristallinen Gneisen.

Indikationen des «episyenitischen» Mineralisationstyps wurden nur noch in einigen stark verwitterten Blöcken südwestlich von Giétroz gefunden.

3.1.5 Diskussion der Metallotekte

Aus dem regionalen wie dem lokalen Erscheinungsbild der Urankonzentrationen (und der radiometrischen Anomalien) geht hervor, dass ihr Auftreten und ihre Geometrie praktisch ausschliesslich durch tektonische Elemente bestimmt sind.

Ein deutlich in Erscheinung tretendes Metallotekt sind etwa N 130°–150° streichende, meist steil nach SW einfal-

lende Klüfte und Spalten, insbesondere die darin und lokal auch in den angrenzenden Gesteinen vorkommenden tektonischen Gneis-Quarzbrekzien, welche vorwiegend das Milieu für den Absatz der Urankonzentrationen bildeten.
Ein weiteres tektonisches Element, das die heutige Form und Ausdehnung der Mineralisationszonen von La Creusa beeinflusst hat, sind N 50°–60° gerichtete Scherzonen, die im Intersektionsbereich mit vererzten Brekzienspalten ebenfalls Urankonzentrationen enthalten können; dabei ist vermutlich das Uran, wenigstens zum grossen Teil, aus den Brekzien durch Verschleppung oder Lösungsvorgänge in dieses System gelangt. Da es sich aber sehr wahrscheinlich um ältere (herzynische?) Dislokationszonen handelt, die alpin reaktiviert wurden, ist es nicht ausgeschlossen, dass sie bereits primär an der Bildung der Brekzien selbst und ihrer Vererzungen beteiligt waren.
Möglicherweise sind auch steile, annähernd N–S verlaufende und meist von Eisensulfiden und Arsenkies begleitete Verwerfungen ein wichtiges Metallotekt. Diese Vermutung liegt nahe, weil solche Verschiebungsflächen sowohl in den Mineralisationszonen von La Creusa wie auch bei den Anomalien unterhalb Pkt. 1928.3 und in der näheren Umgebung der intragranitischen Mineralisation von Balayé vorkommen. Zudem liegen auch die anderen Anomalien in diesem Gebiet in einem Geländestreifen, welcher den Vallorcine-Granit annähernd in N-S-Richtung durchquert und vermutlich einer gleichlaufenden Dislokationszone folgt.
Das N-S-System ist durch jüngere Störungen stark zerschnitten worden; wegen des dadurch ziemlich komplizierten Verlaufs der einzelnen Dislokationsflächen ist ihre Rolle als Metallotekt nicht ohne weiteres erkennbar.
Da sowohl die Urankonzentrationen von La Creusa wie diejenigen unterhalb des Pkts 1928.3 in der nordwestlichen Kontaktzone des Vallorcine-Granits liegen, könnte dieser Kontakt ebenfalls als Metallotekt in Betracht kommen. Beide Zonen liegen indessen in Bereichen, in welchen der Verlauf des Kontaktes durch mehrere Störungen beeinflusst wird; ausserhalb dieser stark tektonisierten Stellen sind längs des Kontaktes keine weiteren Anomalien gefunden worden. Es scheint also, dass nicht der primäre Kontakt selbst, sondern in erster Linie einzelne, im Kontaktbereich erfolgte Dislokationen Einfluss auf die Mineralisationsvorgänge hatten.
Die Frage, ob das Uran aus dem Vallorcine-Granit stammen könnte, wurde von LABHART und RYBACH (1972, 1974) behandelt. Nach ihren Untersuchungen dürfte der durchschnittliche Urangehalt des Granits etwa 4–6 ppm betragen. In den randnahen, 60–80 m mächtigen Partien ist das Uran um den Faktor 3 bis 4 angereichert und hat dort zudem eine hohe geochemische Mobilität. Der Vallorcine-Granit könnte also grundsätzlich als Uranlieferant und damit als lithologisches Metallotekt in Frage kommen.

3.1.6 Urangehalte und Abschätzung der Ressourcen

In den Anomalienzonen im Vallorcine-Granit sind zu wenig Anhaltspunkte für die Schätzung der Ressourcen vorhanden; allerdings fehlen dort auch Anzeichen für die Existenz grösserer Vorkommen.
Die Mineralisationszone bei Balayé, welche mit den Bohrungen erfasst wurde, hat nur einen unbedeutenden Uraninhalt (maximal 1–2 t U). Die weiteren Betrachtungen betreffen daher ausschliesslich die Mineralisationszonen von La Creusa.
Der Uraninhalt der durch die Schürfungen «Juillard» und «Gisiger» sowie durch die beiden Schürfstollen (1642 m und 1590 m) aufgeschlossenen Partien des Vorkommens lässt sich wegen der komplexen Lagerungs- und Mineralisationsverhältnisse nur der Grössenordnung nach schätzen. Besonders problematisch ist die Ermittlung eines Schätzwertes für den mittleren Urangehalt, in Anbetracht der sehr unregelmässigen Verteilung der Urankonzentrationen im Wirtsgestein und ihrer variablen Form und Grösse.
Einige Anhaltspunkte dafür ergeben sich aus den Analysen von zwölf Schlitzproben, die aus den vererzten Partien in den Schürfgräben «Juillard» und «Gisiger» entnommen wurden, sowie aus einigen Pickproben aus den Versuchsstollen.
Die Werte von sechs Proben aus der Schürfung «Juillard» schwanken zwischen 0,4% U und 11,2% U, mit einem geometrischen Mittelwert von 2,75% U, bezogen auf eine mittlere Mächtigkeit von 15 cm.
Die Werte von fünf Proben aus vererzten Partien der Schürfungen «Gisiger» schwanken zwischen 0,19% U und 1,7% U, mit einem mittleren Wert von 0,36% U, bezogen auf eine mittlere Mächtigkeit von 1,1 m (es wurden auch uranführende Partien des zerrütteten Nebengesteins der Brekzienspalten in die Proben einbezogen).
Als Unterlagen für die Schätzung des Anteiles, welchen das Volumen der Urankonzentrationen am Gesamtvolumen des Erzträgers ausmacht, dienten die detaillierten radiometrischen Aufnahmen und Kartierungen der in den Schürfungen und in den beiden Explorationsstollen aufgeschlossenen Mineralisationen. Aufgrund dieser Daten erhält man nach den Untersuchungen von MOIX (1984) durch gleichmässige Verteilung des Volumens und des Gehaltes der einzelnen Urankonzentrationen auf den gesamten Erzträger eine «Erzplatte» (oder einen «Erzgang») von 0,3 m Mächtigkeit und einen mittleren Gehalt von 0,8% U. Mit diesem stark vereinfachten geometrischen Modell der Mineralisationszone kommt man zu einem Schätzwert von 24 t für den Uraninhalt zwischen der Oberfläche und dem Niveau 1590; dabei werden 30 m für die obere Gesamtlänge der Platte eingesetzt, 120 m für die Gesamtlänge auf dem Niveau 1590,50 m für die mittlere Höhe und 2,5 t/m^3 für das Raumgewicht. Dieser Schätzwert dürfte grössenordnungsmässig stimmen; wahrscheinlich liegt der effektive geologische Uraninhalt innerhalb der angegebenen Begrenzung des Vorkommens etwa zwischen 10 und 50 t U. Die ermittelten Tonnagen können als mögliche bis wahrscheinliche, geologische (oder «in situ») Ressourcen klassiert werden. Zusätzliche prognostische (oder spekulative) Ressourcen könnten in den Sektoren «Gisiger» und «Juillard» unterhalb des Niveaus 1590 und im Sektor «Gisiger» nordwestlich des bisher erschlossenen Bereichs vorhanden sein. Ferner sind nordöstlich der Schürfung «Juillard» längs des Granitkontaktes und in den angrenzenden Gneisen verschiedene Uranindikationen festgestellt worden, namentlich im «Couloir des Lettons», welche die Anwesenheit von weiteren Mineralisationszonen vermuten lassen. Ein er-

ster grober Schätzwert für den Uraninhalt der zusätzlichen, spekulativen Ressourcen beträgt 50–300 t U.
Die mit den bisherigen Erkundungsarbeiten einigermassen quantitativ erfassbaren Ressourcen liegen also erheblich unterhalb der Grössenordnung, welche bei der heutigen Marktsituation für eine wirtschaftliche Nutzung erforderlich wäre; zudem sind auch die Aussichten, entsprechende, zusätzliche Uranreserven zu finden, als ziemlich ungünstig zu beurteilen.

3.2 Das Untersuchungsgebiet Val de Bagnes – Val de Nendaz

3.2.1 Geologischer Rahmen

Die Prospektionsarbeiten wurden hauptsächlich in einem etwa 15 km langen und 1–2 km breiten Geländestreifen durchgeführt, der sich aus der Gegend von Lourtier im Val de Bagnes über den Col des Mines, die Nord- und Nordwesthänge des Fou (Pkt. 2606.4) und den Talkessel des Grand Alou bis ins Val de Nendaz erstreckt.
Geologisch liegt das Gebiet in der stark verschuppten Stirnpartie der penninischen Bernhard-Decke (oder Mischabel-Siviez-Decke in der neueren Terminologie), die hier aus einem vorpermischen Sockel und seiner Überdeckung mit vorwiegend detritischen, niedrig metamorphen Gesteinen, wahrscheinlich permokarbonischen Alters, sowie (wenig) triadischem Quarzit und Rauhwacke besteht.
Die Gesteinsformationen des Sockels, auch «untere Casannaschiefer» genannt, hat SCHAER (1959) im Untersuchungsgebiet in die «Série de Siviez» zusammengefasst. Diese Serie lässt sich nach der Meinung des Verfassers zweckmässig noch in eine untere und eine obere Teilserie unterteilen. Die untere Serie besteht vorwiegend aus Muskovit-Serizit-Chlorit-Albit-Gneisen und -Schiefern. Kennzeichnend ist eine etwa 50-100 m mächtige Zone von Albitporphyroblastengneisen, in welchen stets eine bis vier boudinierte subparallele Lagen von Amphiboliten (teils in Prasinit umgewandelt) vorhanden sind, deren Mächtigkeit etwa zwischen 20 cm und 2 m schwankt.
Die obere Serie besteht ebenfalls zum grossen Teil aus (grünlichen) Muskovit-Chlorit-Albit-Gneisen sowie aus hellen Muskovit-Albit-Gneisen und Bänken von karbonatführenden Prasiniten, die mehrere Meter Mächtigkeit erreichen können. Die Gneise weisen meist, im Gegensatz zu denjenigen der unteren Serie, eine gut ausgeprägte Bänderung auf. Im Gelände tritt die Grenze zwischen der oberen Serie mit kräftigem Relief und der weniger verwitterungsresistenten weicheren unteren Serie morphologisch deutlich in Erscheinung und ist deshalb im allgemeinen gut kartierbar.
Die untere Serie entspricht einer im Wallis weitverbreiteten Fazies der unteren Casannaschiefer; hingegen ist die stratigraphische Stellung der oberen Serie fraglich. Sie scheint monometamorph zu sein und zeigt auch gewisse strukturelle Ähnlichkeiten mit den angrenzenden permokarbonischen Gesteinen. Lithologisch sind Analogien mit der im Süden an das Untersuchungsgebiet angrenzenden «Série du Métailler» vorhanden, welche nach neueren Untersuchungen (BAEHNI, 1985; WUST, 1985) ebenfalls als monometamorph (und als permisch?) betrachtet wird.
Es ist deshalb möglich, dass die obere Grenze des Sockels zwischen der unteren und der oberen Série de Siviez zu ziehen ist. Eine weitere Abklärung dieser für die Geologie des Gebietes wichtigen Frage liegt aber ausserhalb des Rahmens dieses Untersuchungsprogrammes.
Die dem Sockel aufliegenden permokarbonischen, niedrig metamorphen Gesteine werden auch als «obere Casannaschiefer» bezeichnet. Im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes wurden sie von SCHAER (1959) in die «Série du Mont-Gond» und in die «Série du Greppon Blanc» unterteilt; im westlichen Teil unterscheiden VALLET (1950) und CALAME (1954) eine «Série de Nendaz» («Série de la Dent de Nendaz») und den «Verrucano».
Im folgenden wird für diese Gesteinsformationen hauptsächlich die Bezeichnung «Permokarbon» gebraucht, gelegentlich auch – in Anlehnung an die Terminologie in den Publikationen und den Untersuchungsberichten – die Bezeichnung «Série de Nendaz» für die permokarbonischen Gesteine im westlichen Teil des Untersuchungsgebietes.
Nach der Gesteinsbeschaffenheit lässt sich das Permokarbon im Prospektionsgebiet in die vier Teilkomplexe (oder Teilserien) unterteilen, die jeweils vorwiegend aus den folgenden Gesteinen bestehen:

- Konglomeratbänke alternierend mit dunklen Tonschiefern und Phylliten (nur im westlichen Teil);
- helle Metasandsteine mit Konglomeratlagen (z.T. mit Rosaquarzgeröllen);
- graue, sandige Schiefer und Phyllite mit Einlagerungen von dünnen Karbonatbänken und Feldspatquarziten;
- grünliche Chlorit-Serizit-Albit-Gneise und -Schiefer mit einigen Bänken von karbonatführenden Prasiniten (eventuell eingeschuppte obere Série de Siviez).

Der komplizierte Aufbau des Untersuchungsgebietes ist in den beigefügten geologischen Karten- und Profilskizzen (Fig. 7, Fig. 8) in grossen Zügen dargestellt.
Im Querprofil erscheint als unterste der generell mit etwa 35°–60° nach E und SE einfallenden Gesteinskomplexe ein Paket permokarbonischer Phyllite, Metasandsteine und Konglomerate. Darüber liegen, vorwiegend diskordant, die untere und die obere Série de Siviez sowie wiederum permokarbonische Metasedimente. Sie werden gegen Osten von einer grösseren Störung begrenzt, die lokal von tektonischen Brekzien sowie Quarziten und Rauhwacken (Trias) begleitet wird.
Im Horizontalschnitt (Fig. 9) erkennt man, dass die Kontakte zwischen den einzelnen Gesteinskomplexen von Süden nach Norden allmählich aus der N-S-Richtung (südlich des Col des Mines) nach Nordosten bis etwa N 50°–70° (Grand Alou) umbiegen.
In ähnlicher Weise ändert sich auch das Streichen der Hauptschieferung und der Stoffbänderung innerhalb der einzelnen Gesteinskomplexe selbst. Dies trifft aber nicht zu für die östlich der von triadischen Gesteinen begleiteten Störung gelegenen Gesteinsformationen, in welchen die entsprechenden Planargefüge durchwegs etwa um N 50°–70° orientiert sind. Im Längsprofil nehmen die Gesteinsformationen zwischen dem Col des Mines und dem Grand Alou die Form einer flachen Mulde ein.
Bemerkenswert ist auch, dass die horizontale Ausdehnung der unteren Série de Siviez gegen NE rasch abnimmt

und die Teilserie zwischen dem Fou und dem Grand Alou vollständig auskeilt; umgekehrt verringert sich die horizontale Ausdehnung der oberen Série de Siviez und der zwischen ihr und der Trias liegenden permokarbonischen Sedimente (Mont-Gond-Schuppe) gegen Süden sehr stark, so dass diese im Osthang des Val de Bagnes kaum mehr vorhanden sind. Diese Mächtigkeitsänderungen sind vermutlich hauptsächlich tektonisch, möglicherweise z.T. aber auch durch eine Transgression des Permokarbons auf die Série de Siviez bedingt.
Innerhalb der einzelnen Komplexe sind die Gesteine oft stark verschiefert und verfaltet (z.T. mit ausgeprägter Crenulationsschieferung verbunden) und von weiteren Störungen durchsetzt, auf die in den folgenden Abschnitten noch näher eingegangen wird, soweit sie für die Uranmineralisation von Belang sind.

3.2.2 Die Mineralisationszone Col des Mines – Le Fou – Grand Alou

3.2.2.1 Lage

Die radiometrischen Anomalien und Uranmineralisationen konzentrieren sich, mit wenigen Ausnahmen, auf den Sektor Col des Mines – Le Fou – Grand Alou. Das Gebiet wird auf etwa 1400 m Höhe vom Zuleitungsstollen Fionnay-Rhône der Kraftwerke Grande Dixence SA in N-S-Richtung durchquert. In diesem Stollen hatten Mitarbeiter des «Arbeitsausschusses» 1957, etwa 500 m südlich des Gipfels des Fou, eine Gruppe von stärkeren Anomalien registriert. Dies gab den Anlass zu einer Prospektionskampagne im darüber liegenden Gebiet, die 1958 in Angriff genommen wurde, sowie zu Untersuchungsarbeiten im Stollen selbst.
Die wichtigsten, seit 1957 im Gebiet durchgeführten Schürfarbeiten sind:

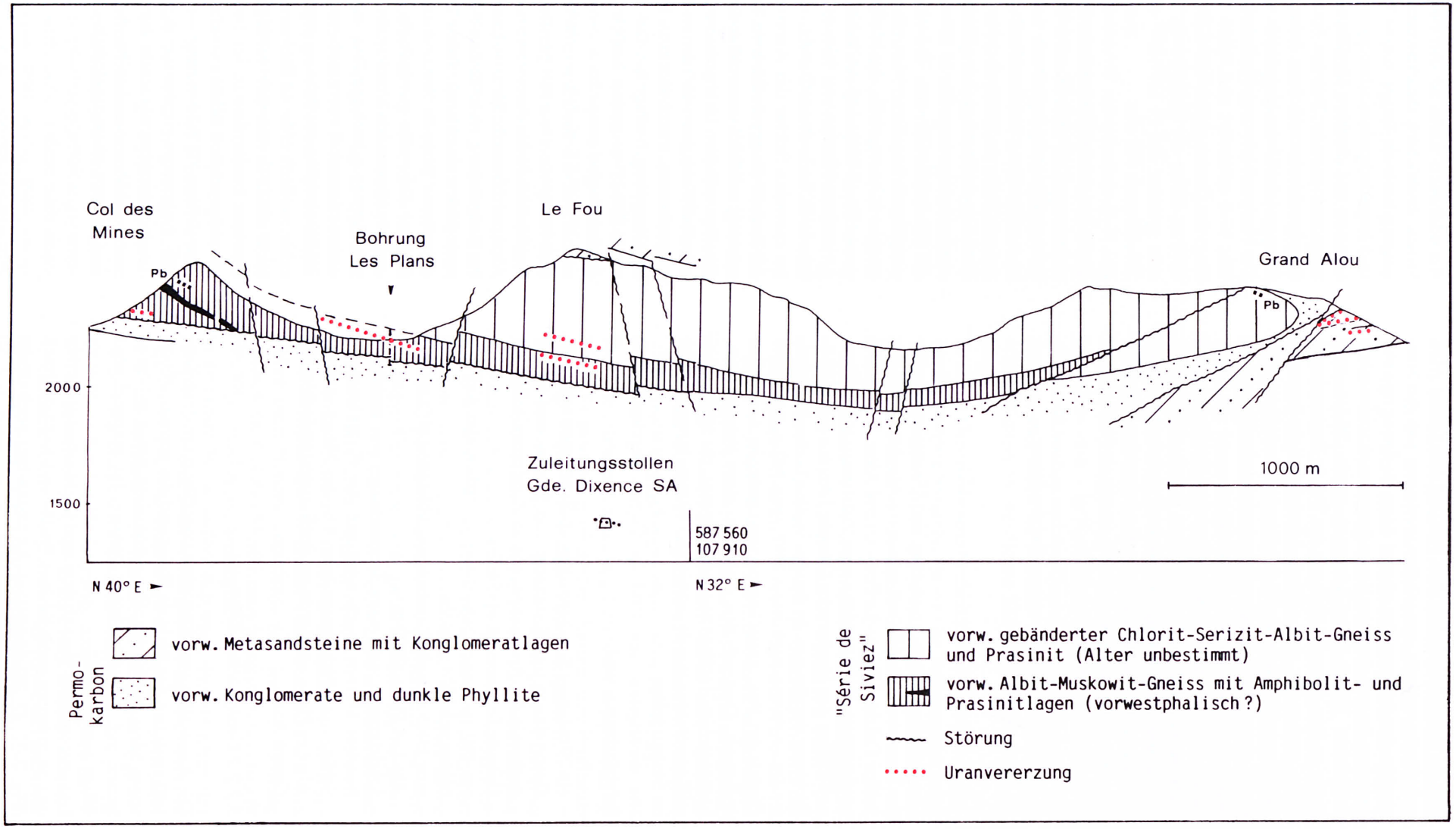
- ein 29 m langer Sondierstollen, 16 Bohrungen mit 340 m Gesamtlänge und Entnahme von Schlitz- und Grossproben in der Anomalienzone im Zuleitungsstollen der Grande Dixence SA (1958/59),
- ein 160 m langer Schürfstollen, östlich des Col des Mines auf 2374 m Höhe,
- eine 138,5 m tiefe Kernbohrung (Neigung 60°) auf der Alp Les Plans (2180 m),
- Schürfgräben mit einer Gesamtlänge von mehreren hundert Metern, verbunden mit der Entnahme von Schlitz- und Pickproben beim Col des Mines, auf der Alp Les Plans, im Nordhang des Fou und im Gebiet der Grand Alou.

3.2.2.2 Geologischer Rahmen

Die Anomalienzone folgt über ungefähr 6 km dem Kontakt zwischen der Série de Siviez und der permokarbonischen Série de Nendaz. Die Anomalien treten in beiden Serien auf, in wechselnder Distanz, bis maximal etwa 400 m zum Kontakt.
Die geologischen Verhältnisse sind leicht schematisiert in den beigefügten geologischen Profil- und Kartenskizzen (Fig. 7–12, 17, 18) dargestellt. Es folgen hier noch einige ergänzende Erläuterungen dazu.

Am südlichen Ende der Anomalienzone, beim Col des Mines, finden sich die Anomalien hauptsächlich in der unteren Série de Siviez. Sie ist hier etwa 200 m mächtig und liegt diskordant über permokarbonischen Konglomeraten und dunklen Phylliten. Ihre untere Hälfte besteht zum grossen Teil aus (turmalinführenden) Albit-Porphyroblastenschiefern, in welchen einige boudinierte Grüngesteinsbänke eingelagert sind.
Die Hauptschieferungsflächen sind im allgemeinen ungefähr N–S orientiert und fallen mit 35°–40° nach E ein; längs des Grates gegen den M. Rogneux sind aber etwa ab 2500 m Höhe die Schieferung und die Stoffbänderung zum grossen Teil N 130°–150° orientiert und fallen mit 25°–40° nach NE ein:
Die N–S verlaufenden Strukturen werden am südlichen Ende der Anomalienzone durch eine ungefähr NE gerichtete und 40°–50° SE einfallende stark verschieferte Störungszone abgeschnitten, welche nun bis mindestens in den Westhang des Fou hinein die Grenze zwischen der unteren Série de Siviez und dem Permokarbon bildet.
Daneben sind noch weitere Störungen vorhanden, insbesondere einige ungefähr N 35°–45° streichende und 35°–45° SE einfallende, zum Teil von Karbonat- und Quarzmobilisaten begleitete Verschiebungsflächen (Aufschiebungen ?), dann steile, um N 160° orientierte Verwerfungen (z.T. mit Hämatit) sowie ein System von N 130°-140° gerichteten Klüften und Verwerfungen und einige ungefähr E–W verlaufende Brüche.
Im zentralen Sektor der Anomalienzone, im Nordhang des Fou, ist die untere Série de Siviez nur noch etwa 50 m mächtig; es fehlen namentlich die Albitporphyroblastenschiefer mit den Grüngesteinseinlagerungen. Dagegen hat die Mächtigkeit der oberen Teilserie auf etwa 350 m zugenommen, wobei dies zum Teil wahrscheinlich durch Verschuppung bedingt ist. Die Hauptplanargefüge sind um N 10°–25° orientiert und fallen etwa 35°–40° SE ein. Auch hier sind einige etwa in NE-Richtung verlaufende und 35°–45° SE einfallende Störungen vorhanden sowie eine Reihe von etwa N-S gerichteten steilen Brüchen.
Am Nordende der Anomalienzone, im Gebiet des Grand Alou, ist die untere Série de Siviez vollständig ausgekeilt. Im Bergrücken, welcher den Talkessel des Grand Alou nach Süden abschliesst, fallen die Gneise und Prasinite der oberen Série de Siviez zusammen mit den nun hier darüber liegenden permokarbonischen Konglomeraten und Phylliten nach Norden ein. Sie scheinen Teil einer überkippten oder liegenden Antiklinale zu sein, deren unterer Schenkel von einer etwa N 50° orientierten und 50° SE einfallenden Störung abgeschert wird. Die Faltenachse verläuft etwa in Richtung N 60°–70° und scheint leicht nach NE einzufallen. Möglicherweise liegt die Achsenebene konkordant zu der, besonders im Permokarbon gut ausgeprägten flachen (und etwas gewellten) zweiten oder dritten (?) Schieferung.
Die Lagerungsverhältnisse werden weiter kompliziert durch Spezialfaltung sowie durch ungefähr E–W orientierte, annähernd senkrechte Brüche und eine Reihe von steilen, etwa N–S verlaufenden Brüchen.

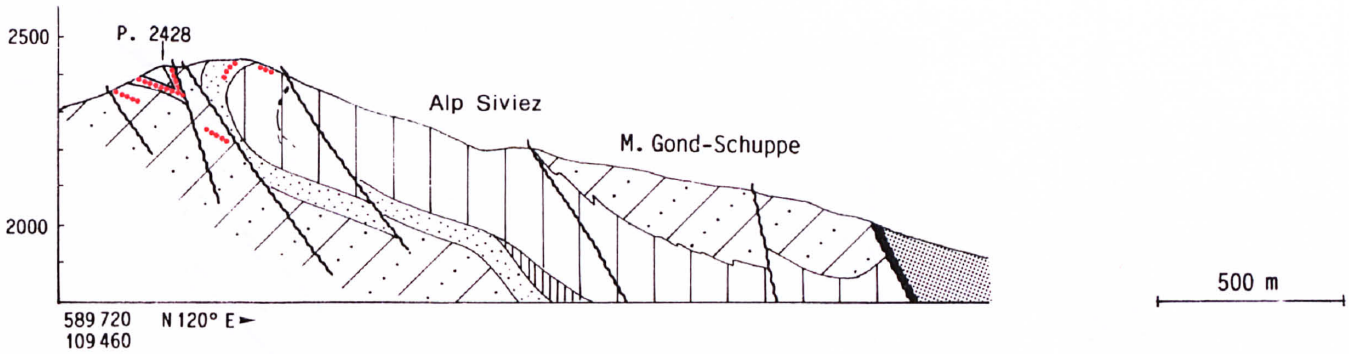
Längsprofil: Explorationsgebiet Col des Mines – Le Fou – Grand Alou



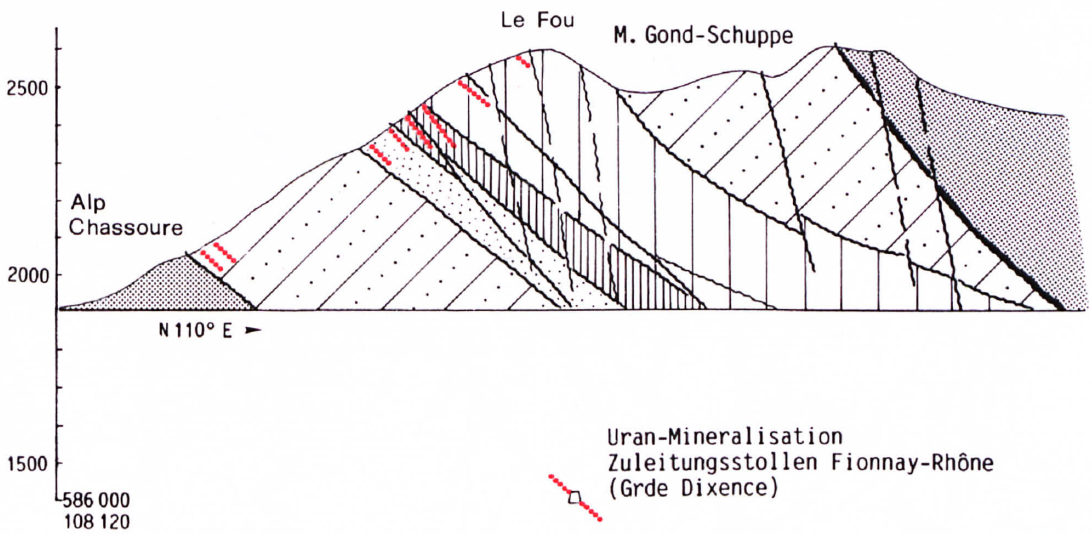
Querprofile durch die Explorationsgebiete:

Fig. 8

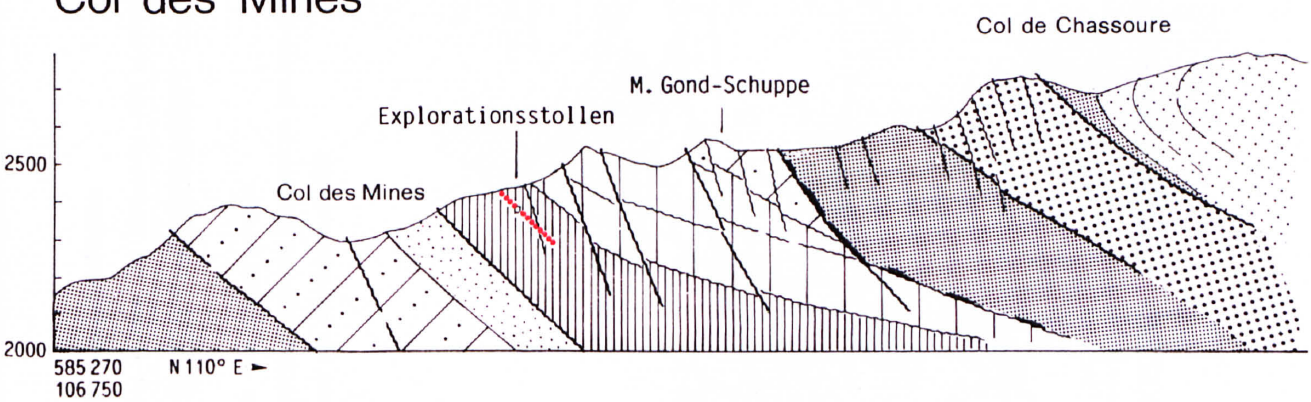
Grand Alou



Le Fou



Col des Mines



Permokarbon

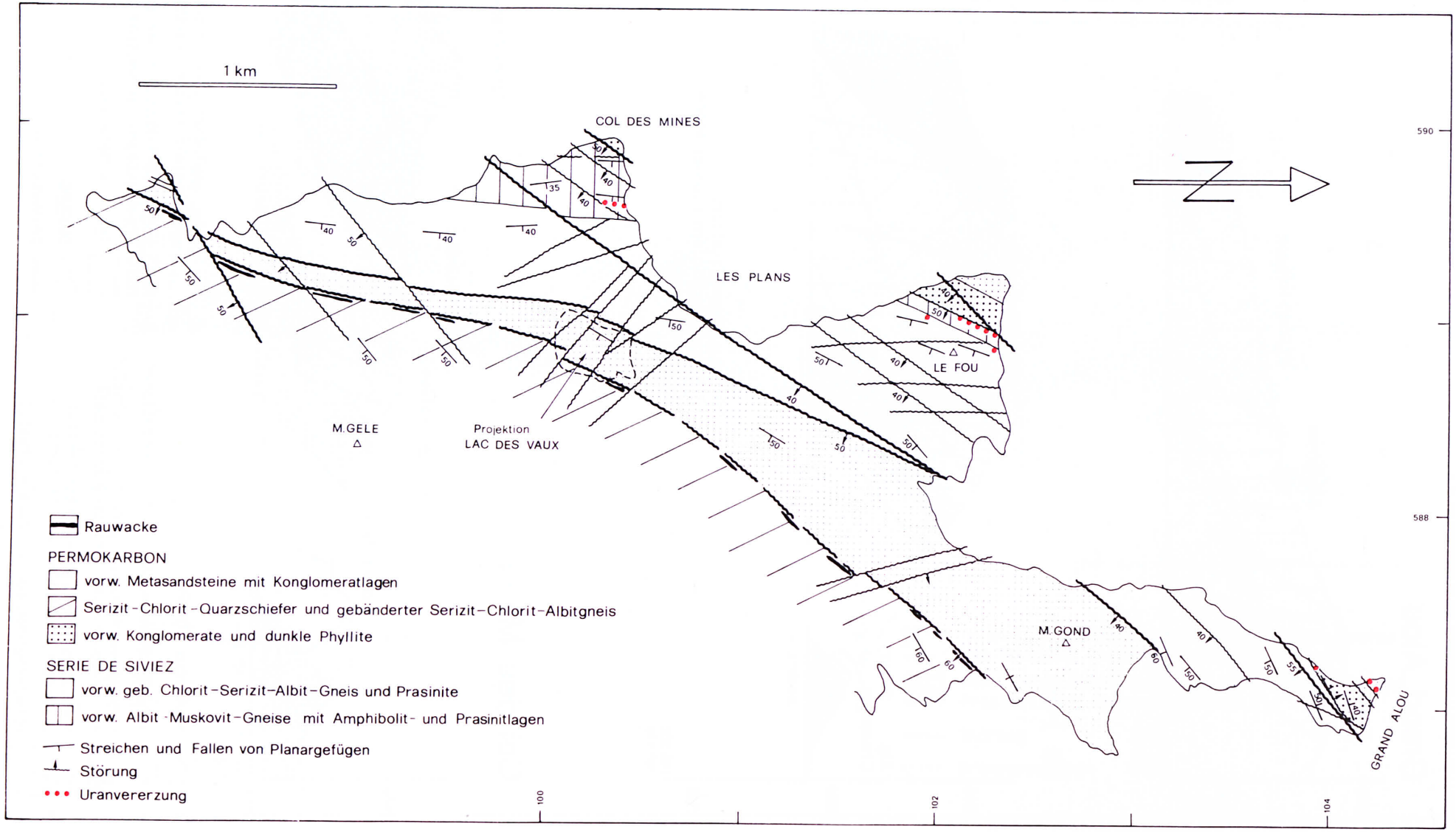
- Rauhwacke (Trias)
- vorw. Metasandsteine mit Konglomeratlagen
- vorw. graue Muskowit-Chlorit-Quarzschiefer mit Karbonat- und Serizit-Quarzitlagen
- vorw. grünlicher, gebänderter Serizit-Chlorit-Albit-Gneiss mit Prasinit
- vorw. Konglomerate und dunkle Phyllite

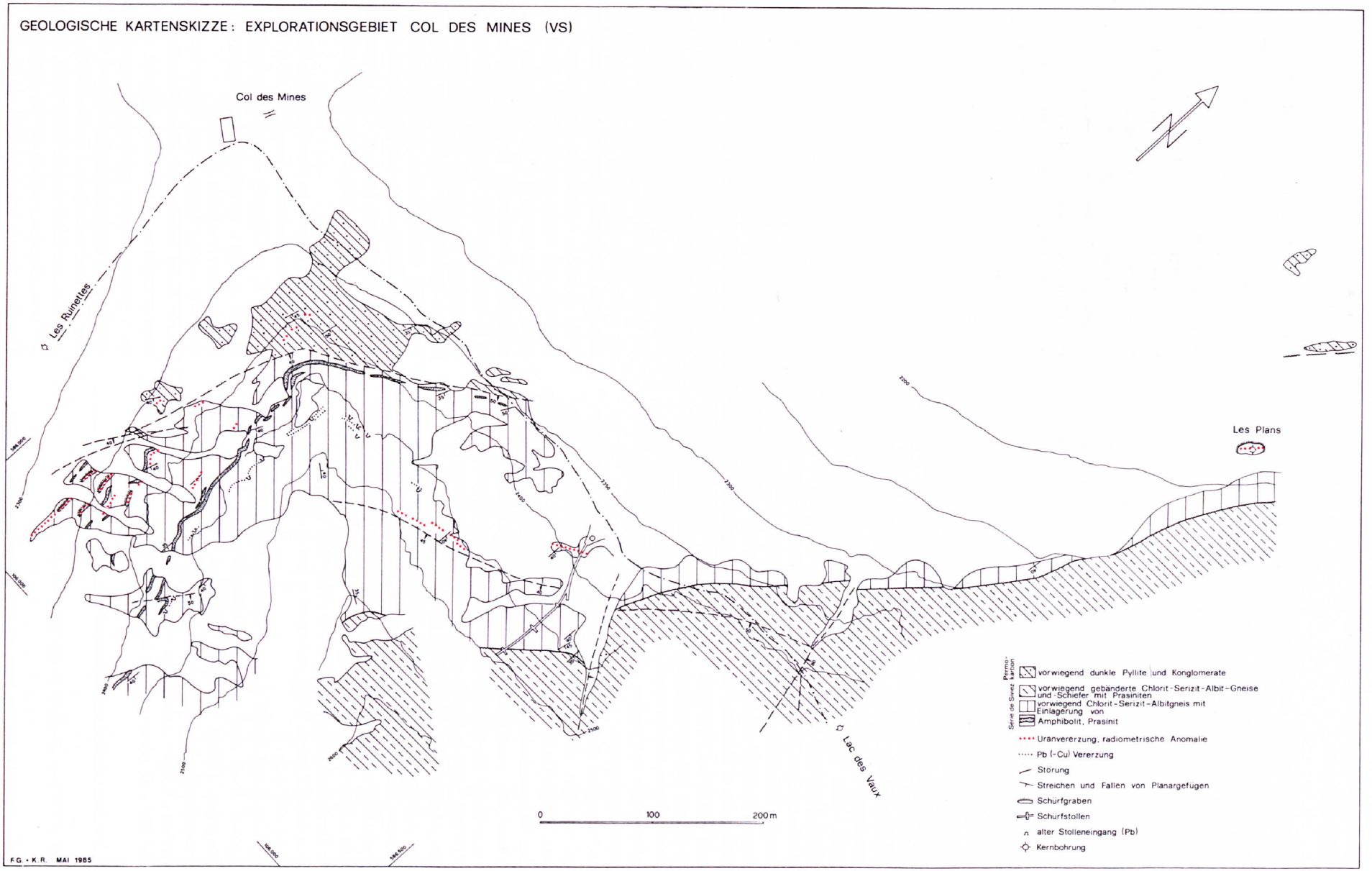
"Série de Siviez"

- vorw. gebänderter Chlorit-Serizit-Albit-Gneiss und Prasinit (Alter unbestimmt)
- vorw. Albit-Muskowit-Gneiss mit Amphibolit- und Prasinitlagen (vorwestphalisch?)
- Serie de Métailler
- Störung
- Uranvererzung

Fig. 9

GEOLOGISCHE SKIZZE: HORIZONTALPROJEKTION NIVEAU 2400 M: COL DES MINES - GRAND ALOU (VS)




GEOLOGISCHE KARTENSKIZZE: EXPLORATIONSGEBIET COL DES MINES (VS)
Col des Mines
Les Ruinettes
Les Plans
Lac des Vaux
Permo-Trias
Série de Siviez
vorwiegend dunkle Pyllite und Konglomerate
vorwiegend gebänderte Chlorit-Serizit-Albit-Gneise und -Schiefer mit Prasiniten
vorwiegend Chlorit-Serizit-Albitgneis mit Einlagerung von Amphibolit, Prasinit
Uranvererzung, radiometrische Anomalie
Pb (-Cu) Vererzung
Störung
Streichen und Fallen von Planargefügen
Schürfgraben
Schürfstollen
alter Stolleneingang (Pb)
Kernbohrung
0
100
200 m
F.G. - K.R. MAI 1985

3.2.3 Die Bleiglanz- und Kupferkonzentrationen in der Anomalienzone

Oberhalb des Col des Mines und im Gebiet des Grand Alou gibt es in unmittelbarer Nähe der Uranmineralisation kleine Bleiglanzvorkommen, die um die Mitte des letzten Jahrhunderts, hauptsächlich wegen des Silbergehaltes der Erze, während mehrerer Jahre abgebaut wurden.

Am Col des Mines besteht das Vorkommen aus einem in den Albitporphyroblastenschiefern eingelagerten, gebleichten und stark zerscherten Gesteinshorizont, der als Lagergang oder «Fahlband» gedeutet werden kann. Darin ist der silberhaltige Bleiglanz z.T. fein verteilt, z.T. in kleinen Nestern und dünnen Lagen enthalten. Makroskopisch erkennbare Begleiter des Bleiglanzes sind Karbonate, Pyrit, Kupfermineralien und Zinkblende.

Das Vorkommen ist durch eine Reihe von Brüchen stark gestört, so dass, abgesehen von der eher spärlichen Metallführung, ein wirtschaftlicher Abbau, auch unter den damaligen Bedingungen, nicht möglich war.

Im Gebiet des Grand Alou folgt die Bleimineralisation streckenweise einem wenige Dezimeter mächtigen Niveau von Muskovit-Chlorit-Feldspat-Schiefern (mit etwas Karbonat und Graphit) der oberen Série de Siviez (Cavalli und Moix, 1982c). Die Mineralisation besteht hauptsächlich aus Bleiglanz, Pyrit, Kupferkies, Zinkblende und Fahlerz. Sie ist entweder fein verteilt im Nebengestein oder in kleinen Nestern und Lagen aus Baryt, Quarz und Karbonat enthalten. Einige Nester finden sich auch in einem fast horizontalen Gang in einem Prasinitband. Auch dieses Vorkommen wird von mehreren Störungen, namentlich von steilen ungefähr N–S verlaufenden Brüchen durchquert.

In bezug auf die praktische Bedeutung der Vorkommen sei erwähnt, dass nach Gerlach (1883) aus der Grube von Siviez (Grand Alou) insgesamt etwa 76 t Handscheideerze gewonnen wurden, welche etwa 35 t Blei und 78 kg Silber, d.h. rund 46% Pb und 1026 g Ag/t, enthielten.

Interessant ist, dass die Bleimineralisation ebenfalls dem Kontakt Série de Siviez – Série de Nendaz in einem gewissen Abstand (Fig. 7, 10) folgt und wie das Uran im Süden der Anomalienzone in der unteren Série de Siviez, am Nordende der Zone in der oberen, auftritt.

Praktisch in der ganzen Anomalienzone wird das Uran von Kupfermineralien begleitet, welche z.T. an bestimmte Gesteinshorizonte gebunden scheinen, z.T. in Störungen oder Rissen, meist zusammen mit Karbonaten und Pyrit auftreten.

Im Nordhang des Fou und zwischen dem Fou und dem Grand Alou sind mehrere kupferführende Karbonatgängchen (meist Fahlerz) gefunden worden, welche wahrscheinlich im letzten Jahrhundert mit kurzen Schürfstollen erfolglos untersucht wurden. Die meisten liegen in der Série de Siviez, einige auch im Permokarbon.

3.2.4 Die Uranmineralisationen

3.2.4.1 Mineralisation in der Série de Siviez

Träger des Urans ist hauptsächlich Pechblende, welche gelegentlich von sekundären, gelben Uranmineralien begleitet wird. Als häufige weitere Begleitmineralien sind makroskopisch Pyrit und Kupferkies (lokal in Limonit, Malachit und Azurit umgewandelt) erkennbar.

Aus der Untersuchung einiger Anschliffe von Erzen aus dem Sondierstollen beim Col des Mines und den Schürfungen beim Grand Alou ergibt sich der folgende mikroskopische Mineralbestand (von Pechmann, 1985; Gautschi, 1975): Pechblende, Pyrit, Kupferkies, Magnetkies, Markasit, Enargit, Covellin, Fahlerz, Bleiglanz, Zinkblende, Hämatit, Idait (Cu_5FeS_6), Rutil, Ilmenit.

Die Uranmineralisationen sind an stark verschieferte Zonen (Scherzonen ?) gebunden, welche ungefähr parallel zu den Hauptplanargefügen verlaufen und oft Quarz-Karbonatmobilisate einschliessen.

Innerhalb dieser Zonen oder Bänder, deren Mächtigkeit mehrere Meter erreichen kann, sind die Anomalien und Urankonzentrationen hauptsächlich entlang von Schieferungsflächen (z.T. konkordant, z.T. leicht diskordant zur Hauptschieferung) sowie in Querrissen und kleinen Störungen zu finden (Fig. 13 und 14).

Zum weitaus grössten Teil sind die radiometrischen Anomalien ziemlich schwach (bis etwa 8× Untergrund), und makroskopisch sind keine Uranmineralien erkennbar. Lokal, namentlich in Querrissen und Störungen, sind auch starke Anomalien mit zum Teil sichtbaren Pechblendeknauern und -adern vorhanden. Der schwierig abschätzbare Volumenanteil dieser «Reicherze» dürfte aber gesamthaft nur in der Grössenordnung von weniger als 10% liegen. Die Lage und der Verlauf der wichtigeren Anomalienzonen ist in den beigefügten geologischen Karten- und Profilskizzen dargestellt, zu denen hier noch einige ergänzende Angaben folgen.

Im Gebiet des Col des Mines sind südöstlich des Passes, im Westhang des Mt. Rogneux, drei übereinander liegende «Anomalienbänder» in Albitporphyroblastenschiefern (mit Einlagerungen von Grüngesteinen) der unteren Série de Siviez vorhanden. Der grösste Teil der meist nur schwächeren Anomalien folgt den Hauptschieferungsflächen, die hier etwa N 5°–15° streichen und mit 35°–45° E einfallen. Vereinzelte Pechblendeknauern und -adern (z.T. zusammen mit sekundären Uranmineralien) finden sich entlang von etwa N 30°–40° gerichteten und mit 40°–60° SE einfallenden Scherflächen sowie in einer vertikalen, N–S verlaufenden Störungszone, in welcher die Pechblendeknauern einen Durchmesser von einigen Zentimetern erreichen können. Die Uranmineralien werden begleitet von Karbonat, Quarz, Kupferkies, Pyrit, Limonit und Malachit.

Östlich des Passes, im Nordhang des Mt. Rogneux, befindet sich ein weiteres, ungefähr N–S verlaufendes und 35°–40° E einfallendes «Anomalienband» von etwa 2-4 m Breite in stark verschieferten Muskovit-Plagioklasgneisen der unteren Série de Siviez.

Das von vielen Klüften und kleineren Störungen durchsetzte Band wurde mit einem Sondierstollen (Fig. 12) über etwa 90 m im Streichen verfolgt. Dabei wurden nur an wenigen Stellen stärkere Anomalien mit zum Teil sichtbaren Pechblendeknötchen und -äderchen angetroffen. Die interessantesten Stellen wurden zwischen 12 und 16 m vor dem Stollenende festgestellt, in der Nähe einer N 40° verlaufenden und mit 40° SE einfallenden Scherzone. Die Pechblende tritt zum Teil am Rande oder innerhalb von zerscherten und ausgewalzten Karbonat-Quarz-Aggregaten (meist mit etwas Kupferkies und Pyrit) auf, zum

Detailprofil durch die Mineralisationszone Col des Mines

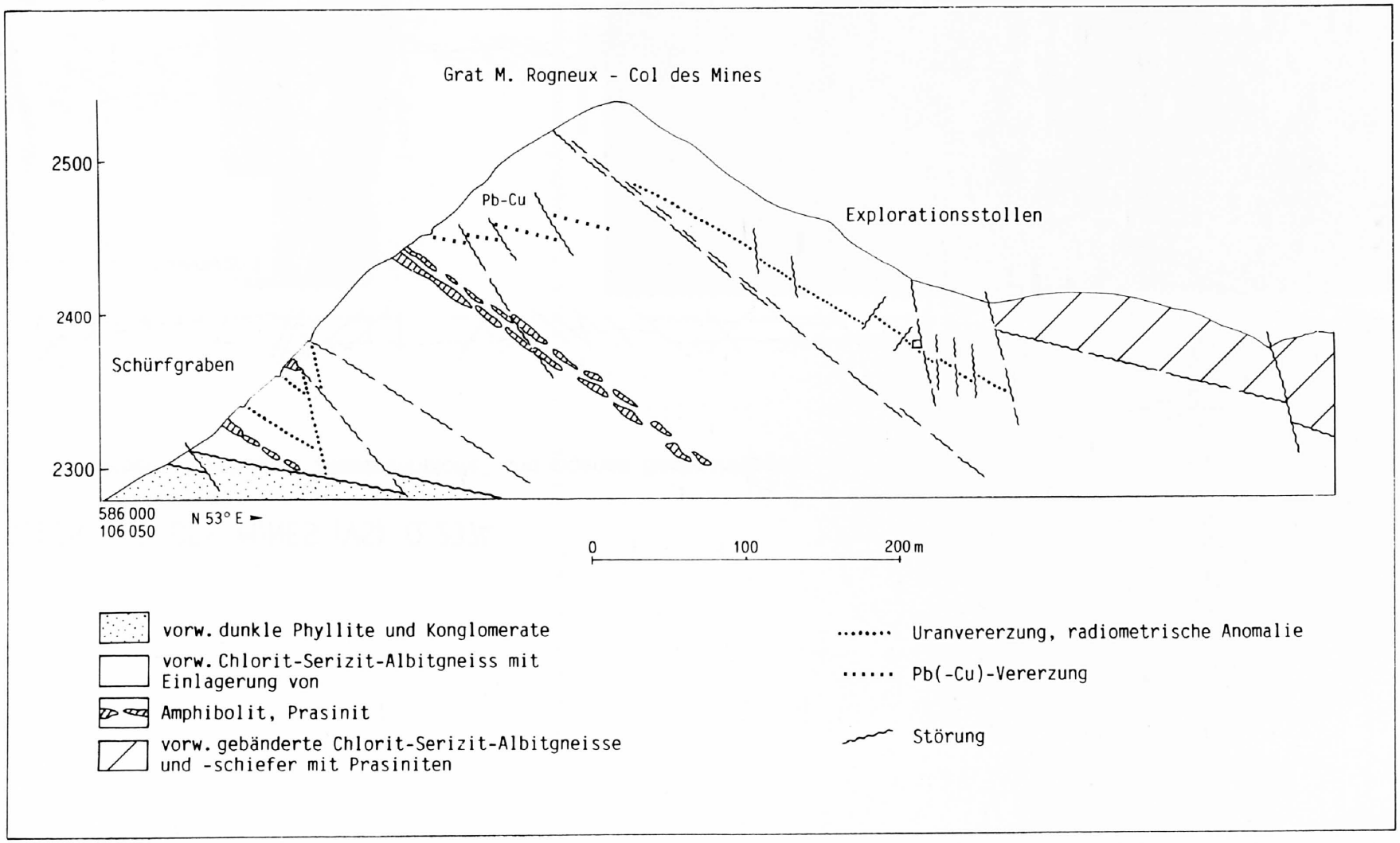
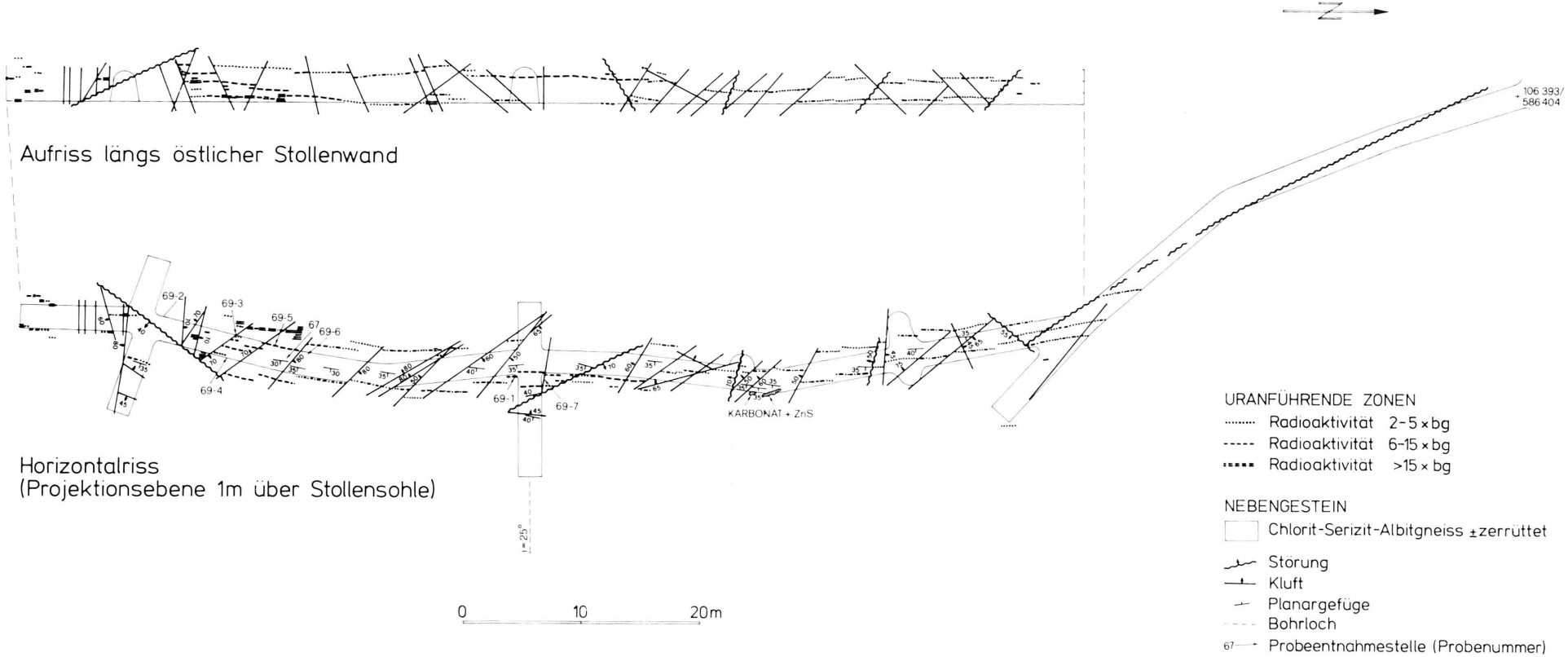


Fig. 12

SONDIERSTOLLEN COL DES MINES (VS) Q. 2374

(Nach Unterlagen des "Arbeitsausschusses Atombrennstoffe" und eigenen Beobachtungen)



NOV. 1984 F.G. + K.R.

Fig. 13: 3/3 Col des Mines, Versuchsstollen.
Links poliertes Handstück, rechts Autoradiographie. Uranmineralisation in Chlorit-Albit-Gneisen (Série de Siviez).

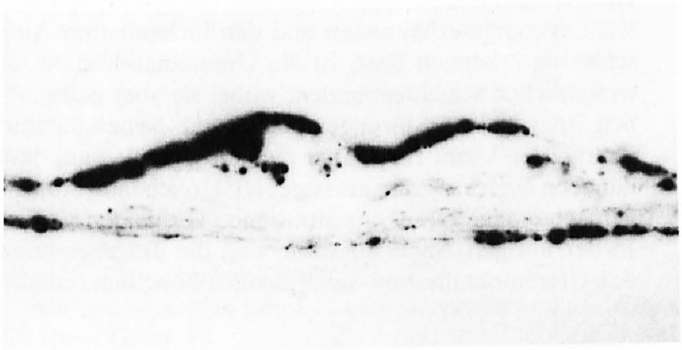
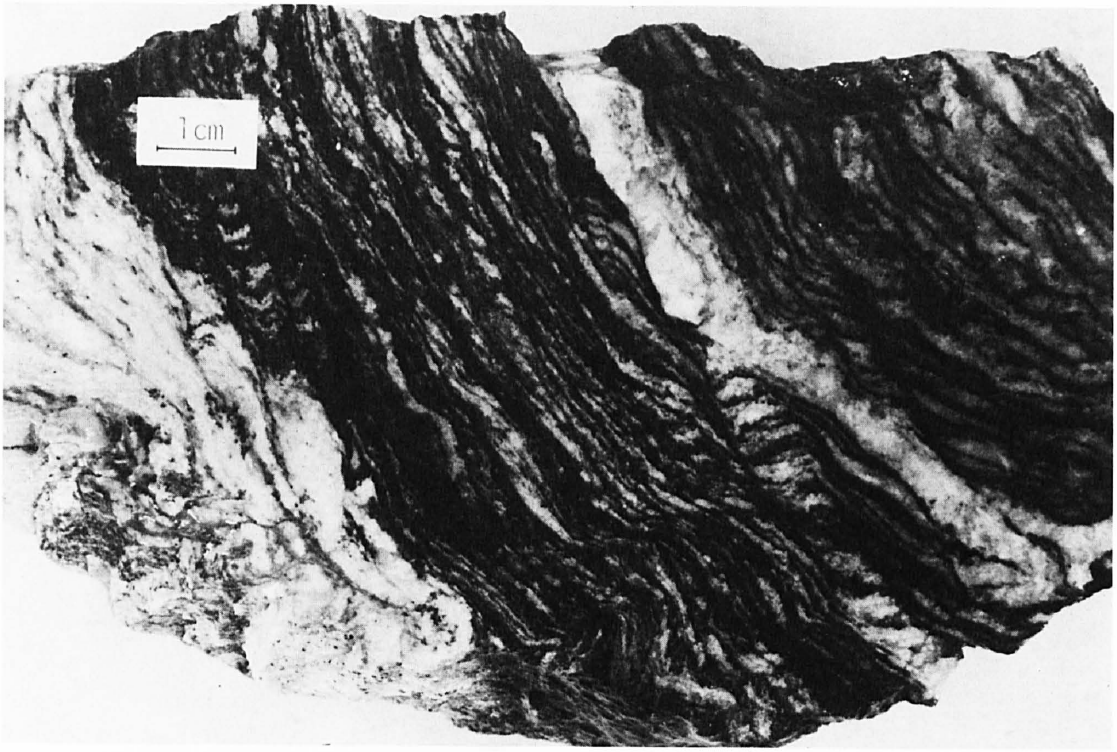


Fig. 14: M 55 Col des Mines, Versuchsstollen.
Oben poliertes Handstück, unten Autoradiographie. Uranmineralisation in Chlorit-Serizit-Albit-Gneisen (Série de Siviez).

Teil in turmalin- und rutilführenden Chlorit-Glimmerlagen in den Gneisen.
In den Dünn- und Anschliffen sieht man, dass die einzelnen Pechblendekörner zerbrochen, zerschert und die Bruchstücke in die Schieferungsflächen ausgewalzt wurden. Im Grossen sind die uranführenden Chlorit-Glimmerlagen mehr oder weniger parallel zu den Hauptschieferungsflächen angeordnet; im Kleinbereich sind aber Abweichungen davon zu beobachten. Mit der Pechblende tritt stets auch etwas Kupferkies auf, meist als Füllmaterial von Rissen und Spalten.
Im Nordhang des Fou ist die grösste Anhäufung von Anomalien, verteilt auf mehrere Bänder, vorhanden. Das unterste (schieferungsparallele) Band liegt in der hier stark reduzierten unteren Série de Siviez. Durch Schürfgräben wurde dieses Band, abgesehen von einigen Stellen mit zu grosser Schuttbedeckung, auf etwa 270 m Länge freigelegt. Die entlang der Gräben in Abständen von 20 cm gemessenen radiometrischen Werte sind im allgemeinen ziemlich niedrig. Nur lokal finden sich einige starke Anomalien mit sichtbaren, von Karbonat und Kupfermineralien begleiteten Pechblendelagen und -knauern. Solche Anreicherungen treten insbesondere dort auf, wo das «Anomalienband» Bruch- und Ruschelzonen durchquert, längs welcher sich meistens im Gelände steile Runsen gebildet haben. An diesen Stellen verbreitert sich zudem das «Anomalienband» örtlich bis zu über 10 m. Das nächsthöhere «Anomalienband» liegt in der stark gestörten Kontaktzone zwischen der unteren und der oberen Teilserie; die übrigen befinden sich in der oberen Teilserie. Auch in diesen, meist nur schwach mineralisierten Bändern treten stellenweise Anreicherungen auf, die ebenfalls vorwiegend an Störungen und Querrisse gebunden sind, insbesondere an nahezu senkrechte, etwa N–S verlaufende Brüche und Klüfte.
In dem schlecht aufgeschlossenen Gebiet zwischen dem Fou und dem Grand Alou sind in der hier auskeilenden unteren Teilserie nur noch einige isolierte, aber ziemlich starke Anomalien gefunden worden.
In der oberen Teilserie, etwa 10–20 m über dem Kontakt sind streckenweise ein oder zwei schwach mineralisierte schieferungsparallele Bänder vorhanden.
Im eigentlichen Gebiet des Grand Alou sind dagegen keine «Anomalienbänder» in der Série de Siviez mehr festgestellt worden, hingegen einige sehr starke, punktuelle Anomalien, die, wie Schürfarbeiten zeigten, durch Nester und Knauern von Pechblende verursacht werden. Sie liegen vorwiegend in der Umgebung des Punktes 2250.7 in stark zerscherten, gebänderten, karbonatführenden Prasiniten und Chlorit-Serizit-Albit-Schiefern, die hier etwa N 70°–80° streichen und 80°–90° N einfallen. Die Urankonzentrationen liegen z.T. in einer nahezu vertikalen, etwa N 50° streichenden Scherzone, z.T. in einer etwa 5° S einfallenden, ziemlich zerrütteten Gangspalte (Zerrkluft). Mit der Pechblende zusammen sind makroskopisch Karbonat, Pyrit, Kupferkies und Malachit erkennbar.
Die Urankonzentrationen befinden sich in der östlichen Fortsetzung der bleiglanzführenden Zone; sie treten übrigens auch in ähnlichen Trägerstrukturen auf, wie dies beim Bleiglanz der Fall ist.

3.2.4.2 Die Uranmineralisationen im Permokarbon (Série de Nendaz)

Der Schwerpunkt der Uranmineralisation in den permokarbonischen Gesteinen befindet sich in der Umgebung des Grand Alou. In den übrigen Sektoren der Zone sind ebenfalls Anomalien vorhanden, namentlich auch in den Westhängen des Fou. Ihre Anzahl nimmt aber gegen Süden ab bis auf einige wenige Punktanomalien im Gebiet des Col des Mines. Des weiteren sind auch die im Zuleitungsstollen der Kraftwerke Grande Dixence SA entdeckten Uranmineralisationen in permokarbonischen Gesteinen enthalten.
Hauptträger des Urans ist auch im Permokarbon die Pechblende, die gelegentlich von sekundären Uranmineralien begleitet wird. Häufig finden sich Pyrit, verschiedene Kupfermineralien und Karbonat zusammen mit den Uranmineralien. Mikroskopische Untersuchungen an Erzproben aus den Haupt- und Sondierstollen auf 1400 m Höhe, ausgeführt durch V. Köppel und F. de Quervain (in Hügi et al., 1969) ergaben den folgenden, nach abnehmenden Volumenanteilen angeordneten Mineralbestand: Pechblende, Rutil, Fahlerz, Bleiglanz, Kupferkies, Parapechblende, Molybdänglanz, Bornit, Kupferglanz, Covellin, seligmanit-ähnliches Cu-As-Sulfosalz, Gold, Safflorit ($CoAs_2$), Hämatit.
Die Mineralisation hat demnach, wie diejenige in der Série de Siviez, einen ausgesprochen polymetallischen Charakter.
Die Urankonzentrationen treten in verschiedenen Gesteinstypen des Permokarbons auf, namentlich in Konglomeraten, Metasandsteinen verschiedener Art und Phylliten. Die Erscheinungsformen der Mineralisation im einzelnen lassen sich aber kaum auf einen gemeinsamen Nenner bringen.
Im Gebiet des Grand Alou sind hauptsächlich ein ziemlich stark verschieferter, etwas Chlorit und Karbonat führender konglomeratischer Metasandstein (etwa 50–150 cm mächtig) und ein mehrere Meter mächtiger, gebänderter, Karbonat-Chlorit-Muskovit-Feldspat-Gneis oder -Schiefer uranführend. Die Pechblende ist darin meist in feinen, diskontinuierlichen, mehr oder weniger schieferungs- oder bänderungsparallelen Lagen angeordnet, insbesondere in und entlang von Chlorit-Glimmerlagen. In den Scharnieren von kleinen Falten und z.T. verfalteten Rissen können die Pechblendekonzentrationen lokal bis zu einigen Zentimetern mächtig werden (Fig. 15 und 16).
Die uranhaltigen Gesteinshorizonte am Grand Alou gehören zu einem verfalteten und von Verwerfungen durchsetzten Gesteinspaket, welches zwischen den Punkten 2428 und 2337 den gegen die Dent de Nendaz führenden Hauptkamm bildet. Soweit sich dies bei den komplizierten Lagerungsverhältnissen und den lückenhaften Aufschlüssen erkennen lässt, ist die Uranmineralisation im wesentlichen schichtgebunden, wobei sie aber gelegentlich längs kleinen Störungen auch in die Nebengesteine übergreifen kann. Es ist aber nicht ausgeschlossen, dass daneben auch einige an grössere, NE streichende Störungen gebundene Urankonzentrationen vorhanden sind.
In der übrigen Anomalienzone sind die Trägergesteine der Uranmineralisation hauptsächlich konglomeratische



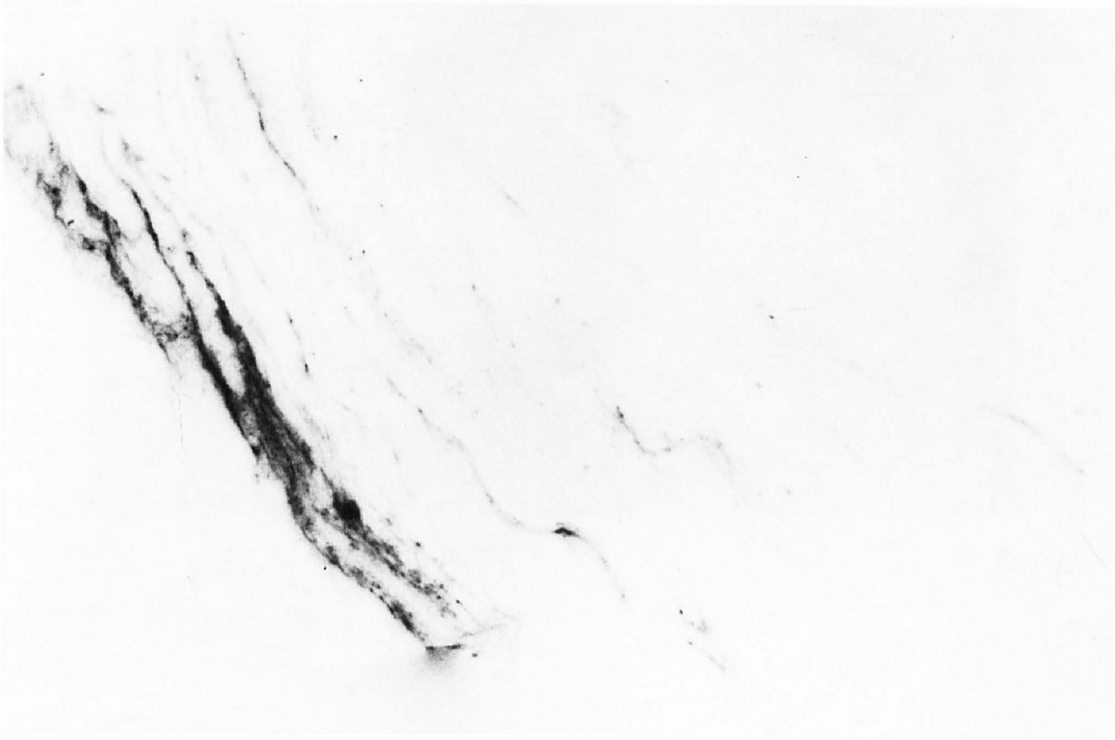


Fig. 15: Permokarbon Grand Alou.
Oben poliertes Handstück, unten Autoradiographie. Uranmineralisation in gebändertem Karbonat-Chlorit-Muskovit-Feldspat Gneis.

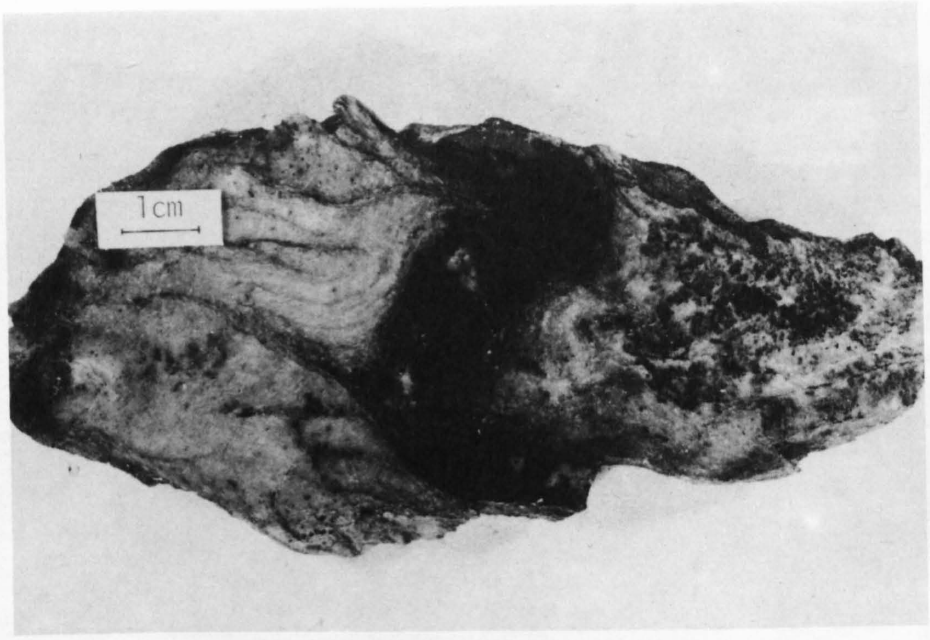
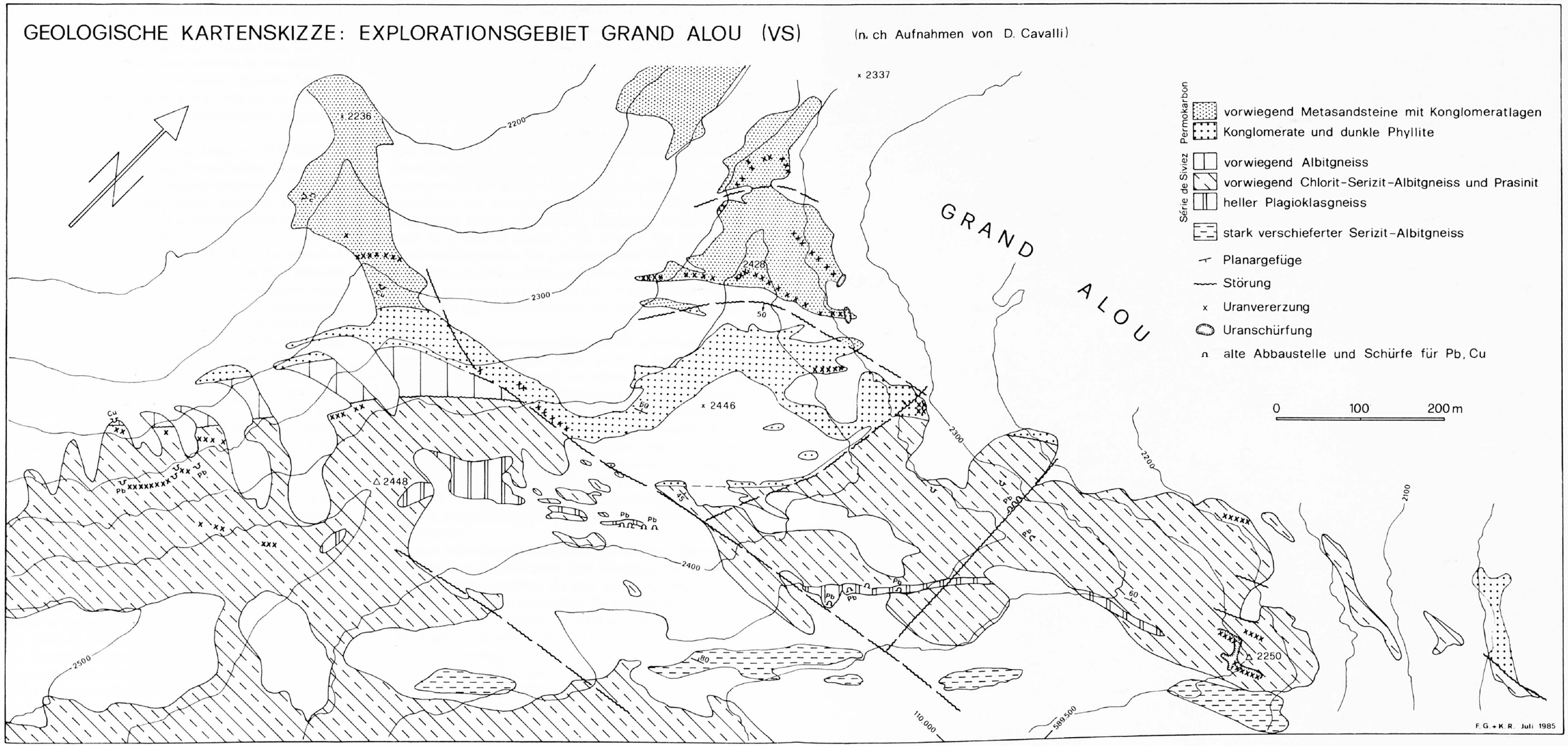


Fig. 16: E 83/89D Permokarbon Grand Alou.
Oben poliertes Handstück, unten Autoradiographie. Uranmineralisation in Metasandsteinen.

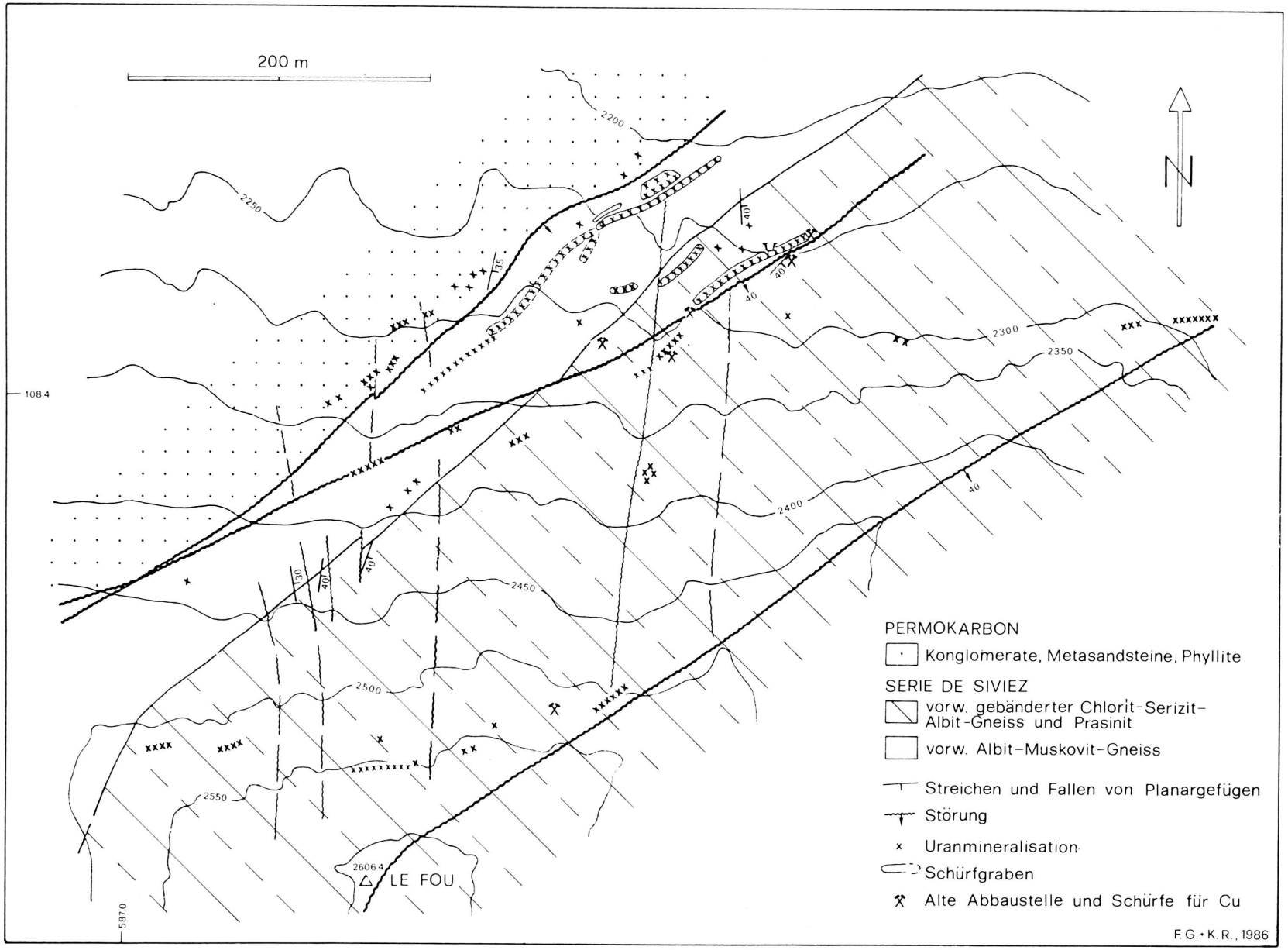

GEOLOGISCHE KARTENSKIZZE: EXPLORATIONSGEBIET GRAND ALOU (VS)
(nach Aufnahmen von D. Cavalli)
GRAND ALOU
Permokarbon
vorwiegend Metasandsteine mit Konglomeratlagen
Konglomerate und dunkle Phyllite
Série de Siviez
vorwiegend Albitgneiss
vorwiegend Chlorit-Serizit-Albitgneiss und Prasinit
heller Plagioklasgneiss
stark verschieferter Serizit-Albitgneiss
Planargefüge
Störung
Uranvererzung
Uranschürfung
alte Abbaustelle und Schürfe für Pb, Cu
0 100 200 m
x 2337
x 2236
2428
x 2446
△ 2448
△ 2250
2200
2300
2400
2500
2100
110.000
580.500
F.G. + K.R. Juli 1985

Metasandsteine und örtlich auch Konglomerate oder Phyllite.
Die Uranmineralisation in den Haupt- und Sondierstollen auf 1400 m Höhe, die eine etwas andere Erscheinungsform zeigt als diejenige an der Oberfläche, ist von HÜGI et al. (1969) schon sehr eingehend beschrieben worden, so dass es sich erübrigt, hier näher darauf einzutreten.

3.2.5 Diskussion der Metallotekte

In bezug auf das regionale Verteilungsbild der radiometrischen Anomalien ist der Kontakt zwischen der Série de Siviez und der Série de Nendaz ein in der ganzen Anomalienzone zur Geltung kommendes Metallotekt, das sich auch während der Prospektionsarbeiten als zuverlässiger Führer zur Auffindung von Anomalien bewährt hat.
Hingegen ist die Deutung der Rolle, welche der Kontakt effektiv in der Genese der Uranmineralisation gespielt hat, sehr schwierig.
Was die Natur des Kontaktes anbelangt, so wäre nach der Ansicht von SCHÄR (1959) das Permokarbon transgressiv auf bereits gefaltete und metamorphosierte Casannaschiefer abgelagert worden; später wäre der Transgressionskontakt überkippt und sein Verlauf durch zahlreiche Störungen beeinflusst worden.
In der Anomalienzone ist jedoch der Kontakt zwischen der Série de Siviez und dem Permokarbon zum grössten Teil tektonischer Natur, geprägt durch vorwiegend ungefähr NE streichende und etwa 40°–60° SE einfallende Störungen. Einzig in der Gegend des Grand Alou scheint der Verlauf des Kontaktes auf eine kurze Strecke nicht durch grössere Störungen, wohl aber durch Faltung beeinflusst zu sein.
Die Tatsache, dass das Permokarbon zwischen dem Grand Alou und dem Col des Mines von Norden nach Süden an stratigraphisch immer tiefer liegende Gesteine der Série de Siviez grenzt, könnte z.T. auf einen Transgressionsvorgang zurückzuführen sein, z.T. ist dies aber sicher tektonisch bedingt.
Jedenfalls bleibt die Frage offen, ob der Kontakt an und für sich eine wesentliche Rolle als Metallotekt (Diskordanzfläche?) gespielt hat oder ob dies nicht viel mehr für die erwähnten Störungen zutrifft.
Dazu ist noch zu bemerken, dass südlich des Col des Mines, wo die NE-Störungen nicht mehr mit dem Kontakt interferieren, nur noch einige wenige radiometrische Anomalien festgestellt wurden.
In der Série de Siviez tritt die Mineralisation in verschiedenen Gesteinstypen und -horizonten auf, so dass anzunehmen ist, dass vorwiegend strukturelle und nicht lithologische Faktoren die Bildung der Urankonzentrationen begünstigt haben.
Als strukturelle Metallotekte können die stark verschieferten «Anomalienbänder» betrachtet werden, in welchen ein grosser Teil der Uranmineralisation enthalten ist. Vermutlich handelt es sich dabei um bereits voralpin angelegte Strukturen, deren ursprüngliche Beschaffenheit aber infolge der intensiven alpinen Verschieferung kaum mehr zu erkennen ist.
Ferner waren auch steile, ungefähr N–S verlaufende Brüche und Risse an der Bildung von Urankonzentrationen beteiligt. Dies zeigt sich vor allem deutlich im Nordhang des Fou, wo sich an der Kreuzungsstelle solcher Risse mit den schieferungsparallelen «Anomalienbändern» starke Urankonzentrationen einstellen, wie dies von LABHART (1969) erwähnt wird. Dabei ist zu bemerken, dass entlang der Risse, sowohl im Nordhang des Fou wie südöstlich des Col des Mines, mehrere schieferungsparallele Mineralisationen vorhanden sind, während östlich des Col des Mines und bei Les Plans, wo solche Risse fehlen, jeweils nur ein einziges «Anomalienband» auftritt. Dies deutet darauf hin, dass die Risse eher als Zufuhrwege der mineralisierenden Lösungen und weniger als Fallen gewirkt haben.
Im Permokarbon sind, wenigstens lokal im Gebiet des Grand Alou, zwei lithologische Metallotekte in Form der oben erwähnten zwei uranführenden Gesteinshorizonte vorhanden. Es steht aber noch nicht fest, ob diese zwei Metallotekte auch in der übrigen Anomalienzone Geltung haben und ob dort allenfalls noch andere Gesteinshorizonte mit schichtgebundenen Uranmineralisationen auftreten. Es scheint aber, dass die Uranmineralisation eher bestimmte Gesteinstypen als bestimmte einzelne Gesteinshorizonte bevorzugt.
Andererseits werden auch im Permokarbon Form und Verteilung der Urankonzentrationen im Kleinbereich weitgehend durch strukturelle Elemente mitbestimmt. Auch im grösseren Bereich, wie etwa in den Nord- und Nordwesthängen des Fou, scheinen zum Teil, ähnlich wie in der Série de Siviez, Risse und Störungen von grösserem Einfluss auf Lage und Verlauf der Urankonzentrationen zu sein als die Beschaffenheit des jeweiligen Trägergesteins.
Die Frage nach den massgeblichen Metallotekten in der Anomalienzone ist aber noch nicht in befriedigender Weise gelöst. Sie lässt sich vor allem deshalb schwierig beantworten, weil die strukturellen und die lithologischen Elemente, welche an der eigentlichen Bildung der voralpinen Urankonzentrationen beteiligt waren, durch die alpine Gebirgsbildung (und Metamorphose) weitgehend überprägt wurden. Heute treten daher vorwiegend alpine Strukturen in Erscheinung, welche im wesentlichen bei der Deformation und der Umlagerung, nicht aber bei der primären Bildung der Mineralisation mitgewirkt haben.
Aus den bisherigen Untersuchungen konnten daher auch hauptsächlich Erkenntnisse über Vorgänge im Mikrobereich gewonnen werden, die sich in der Mineralisationszone, vorwiegend in den letzten Deformations- und Umlagerungsphasen, abgespielt haben, während über die Vorgänge im Grossbereich, welche zur primären voralpinen Anreicherung des Urans und seiner Begleitelemente in der Region geführt haben und das strukturelle und das paläogeographische Milieu, welche diese Vorgänge ermöglicht oder begünstigt haben, noch sehr wenig bekannt ist und deshalb höchstens Spekulationen darüber angestellt werden können.

GEOLOGISCHE KARTENSKIZZE: EXPLORATIONSGEBIET NORDHANG LE FOU (VS)



(nach Aufnahmen von T. Labhart und C. Niggli)

Tabelle 1: Resultate von chemischen Analysen
Bemerkungen: Die Analysen wurden durch die O'Neill-Mc Hugh Laboratories Limited, Longhrea (Irland) ausgeführt. [Atomabsorptions-Methode sowie HNO_3/Fluorimetrie für Uran.]

1. Proben (Handstücke) Uranmineralisation im Permokarbon – Gebiet Grand Alou

Probestelle	U ppm	Ba ppm	Au ppb	As ppm	Sb ppm	Bi ppm	Th ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Ag ppm	Co ppm	Ni ppm	V ppm
Anomalie U82/11	3570	420	70	360	780	1	<50	6200	46	325	141	63	35	174
Anomalie U10	679	120	<20	67	99	<1	<50	730	47	64	11,3	18	14	64
Anomalie U 10	6470	600	840	160	11	14	<50	6700	256	26	10,6	37	14	80
Anomalie U14	38 600	150	1350	2250	510	6	<50	17 000	970	430	12,9	154	133	142
Anomalie U4	60 000	100	378	1300	107	12	<50	10 400	1590	166	4,7	88	75	100
unterh. Anom. U4	504 000	330	1500	1200	112	55	<50	8400	13 200	42	32,1	48	14	193
unterh. Anom. U4	285 000	160	59	1770	750	10	<50	6100	13 500	34	17,2	181	44	136
Anomalie U4b	4900	320	275	3750	200	4	<50	19 000	218	398	25,3	51	34	93

2. Proben (Handstücke) Uranmineralisation in der Série de Siviez – Gebiet Grand Alou

Probestelle	U ppm	Ba ppm	Au ppb	As ppm	Sb ppm	Bi ppm	Th ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Ag ppm	Co ppm	Ni ppm	V ppm
Anomalie U82/8	2604	610	67	820	340	2	<50	10 100	2540	56	30,0	63	64	189
Anomalie U82/14	108 000	280	43	1770	1320	14	<50	4100	10 900	170	34,9	169	84	323
Zone Anom. U_{17}-U_{18}	20 000	270	76	580	410	1	<50	29 100	1770	96	17,7	51	9	133
Anomalie 482/1	143 000	980	331	1020	1070	5	<50	6300	4900	46	25,6	169	147	230
Anomalie U82/2	36 000	310	41	340	300	1	<50	570	6900	2920	16,3	23	19	256
Anomalie U82/1	64 700	250	163	4800	650	12	<50	6700	1660	25	10,7	890	770	162
Anomalie U82/1	60 900	300	<20	520	510	3	<50	1450	2650	87	2,0	100	66	270
Anomalie U82/1	14 620	1070	92	2150	490	3	<50	14 900	3180	79	18,6	1020	229	195

Die Lage der Anomalien ist angegeben in der «Carte géologique 1:2000 du Grand Alou», Beilage in Cavalli, Moix, de Rivaz (1982)

3. Proben aus Schürfschlitzen Uranmineralisation in der Série de Siviez – Schürfung Les Plans

Probenummer*	U ppm	Ba ppm	Au ppb	As ppm	Sb ppm	Bi ppm	Th ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Ag ppm	Co ppm	Ni ppm
5	690	360	<20	9	2	<1	<25	720	22	34	0,6	17	18
9	1045	400	<20	10	2	1	<25	520	47	28	0,9	15	12
16	294	440	83	15	3	<1	<25	790	22	58	1,8	15	18
25	410	490	<20	29	60	1	<25	155	206	6300	6,0	22	19
31	984	470	<20	40	8	2	<25	760	118	103	2,8	18	23
36	79	560	<20	21	1	<1	<25	161	27	59	<0,5	18	21
53	470	500	45	26	9	1	<25	1600	60	93	4,3	19	20
60	370	460	<20	18	2	<1	<25	215	28	50	<0,5	20	21
76	240	410	<20	13	10	<1	<25	1330	24	83	3,1	14	33

*Die Probeentnahmestellen sind angegeben in «Relevés détaillés topographique, géologique et de l'échantillonnage en rainure» 1:50, Beilage Nr. 3 zum Bericht Cavalli und Moix (1984).

3.2.6 Urangehalte und Abschätzung der Ressourcen

3.2.6.1 Mineralisation in der Série de Siviez

In Anbetracht der verhältnismässig grossen räumlichen Ausdehnung der Anomalienzone und ihrer im Gesamtbereich scheinbar ziemlich einfachen Geometrie wurden trotz der im allgemeinen schwierigen Zugänglichkeit und der hohen Lage (etwa 2200–2600 m ü.M.) eine Reihe von Untersuchungsarbeiten durchgeführt, um Anhaltspunkte für die Abschätzung der Ressourcen zu gewinnen.
Für die Abschätzung der mittleren Urangehalte dienten 107 einzelne Urangehaltsbestimmungen aus Proben folgender Herkunft:

- Schürfstollen Col des Mines: 4 Grossproben aus der Stollenwand, 2 Proben aus dem Aushubmaterial, 1 Pickprobe mit sichtbarer Pechblendelage;
- Schürfgraben im Nordhang des Fou: 25 gezielt entnommene Pickproben; (Tabelle 1)
- Schürfgraben Les Plans: 76 Schlitzproben. (Tabelle 1)

Die Proben aus der Stollenwand ergaben Werte zwischen 38 und 86 ppm eU (bei etwa 1 m Probenbreite), die Pickprobe ergab 2,61% eU bei etwa 8 cm Probenbreite. Im Nordhang des Fou schwankten die Gehalte der Pickproben zwischen 100 und 4000 ppm eU; 16 der 25 Werte liegen zwischen 100 und 800 ppm eU. Wenn man die zwei höchsten Werte (32000 ppm eU und 40000 ppm eU), die

bei der kleinen Probenzahl im Verhältnis zur effektiven Frequenz zu stark ins Gewicht fallen, nicht betrachtet, so ergibt sich ein Mittelwert von 1500 ppm eU bei einer mittleren Mächtigkeit der Proben von 8 cm.
In der Schürfung von Les Plans (Tabelle 1) variieren die Urangehalte von 1 ppm U bis zu 1045 ppm U; bei 58 (von 76) Proben liegen die Werte unter 100 ppm U. Der mittlere Gehalt der Proben wurde vom BEG (Cavalli und Moix, 1984) zu 127 ppm U über eine mittlere Mächtigkeit des uranführenden Bandes von 109 cm berechnet. Der mittlere Kupfergehalt, bezogen auf die gleiche Mächtigkeit, wird mit 717 ppm Cu angegeben. Wenn man den Mittelwert der Proben aus dem Nordhang des Fou auf die gleiche Mächtigkeit von 109 cm Breite umrechnet, so erhält man 113 ppm eU. Aufgrund dieser Ergebnisse wird angenommen, dass in erster Näherung die mittlere Mächtigkeit der «Anomalienbänder» etwa 1 m beträgt und der mittlere Urangehalt zwischen 50 und 200 ppm U liegt, wobei im höheren Wert auch die örtlichen Anreicherungen berücksichtigt sind.
Bei diesen sehr niedrigen Urangehalten und den ungünstigen Lagerungsverhältnissen kann die Möglichkeit eines wirtschaftlichen Abbaus der «Anomalienbänder» wohl zum vornherein ausgeschlossen werden.
Für die trotzdem vorgenommene Abschätzung der Ressourcen der «Anomalienbänder» zwischen dem Col des Mines und dem Fou wurde angenommen, dass es sich um einen plattenförmigen Erzkörper handelt mit einer mittleren Mächtigkeit von 150 cm (unter Berücksichtigung, dass lokal mehrere parallele Bänder vorhanden sind). Als mittlerer Urangehalt wurden 150 ppm U angenommen (lokale Reicherze inbegriffen). Was die Länge des Erzkörpers anbelangt, so zeigt die beigefügte Horizontalprojektion auf das Niveau 2400 m (Fig. 9) deutlich, dass auf dieser Höhe die Gesamtlänge der Gesteinsformationen, in welchen die «Anomalienbänder» auftreten können, wegen der Erosion auf etwa 800 m reduziert ist. Auf dem Niveau 2200 beträgt sie etwa 2000 m und auf dem Niveau 2000 etwa 3500–4000 m.
Mit diesen Zahlen und einem Raumgewicht von 2,5 t/m^3 ergeben sich folgende Schätzwerte für die Grössenordnung des Uraninhaltes:

- oberhalb 2200 m: 250 t Uran als mögliche geologische Ressourcen,
- unterhalb 2200 m: 450 t Uran als zusätzliche spekulative geologische Ressourcen.

Wegen der sehr niedrigen Urangehalte des plattenförmigen Erzkörpers und der durch die Erosion entstandenen beträchtlichen Lücken liegt also der Uraninhalt der Mineralisationszone in der Série de Siviez vermutlich nur in der Grössenordnung von einigen hundert Tonnen Uran, und dies trotz ihrer beträchtlichen Ausdehnung.

3.2.6.2 Mineralisation im Permokarbon

Im Permokarbon konzentrierten sich die Untersuchungsarbeiten für die Ermittlung der Ressourcen auf das Gebiet des Grand Alou. Dazu wurden an vier am Hauptkamm, in der Umgebung des Punktes 2428 gelegenen Vererzungsstellen systematische Probenentnahmen mittels Schlitzproben durchgeführt. Insgesamt wurden 148 Einzelproben entnommen und die Uran- und Kupfergehalte in den Laboratorien der Firma O'Neill–Mc Hugh in Irland chemisch bestimmt (Tabelle 1). Nach den Berechnungen des BEG, Vétroz, welches die Probenentnahme durchführte, ergibt sich aus den Proben ein mittlerer Urangehalt der vier Vererzungsstellen von 462 ppm U über eine mittlere Mächtigkeit von 172 cm sowie ein mittlerer Kupfergehalt von 0,34% Cu (Cavalli und Moix, 1984).
Wegen der durch Faltung, Schieferung und Störungen komplizierten Geometrie der Mineralisationszone und der grossen Schwankungen der 148 Urangehalte, die zwischen 1 ppm und 3950 ppm U variieren, sind die oben angegebenen Zahlen als erste Schätzwerte der Grössenordnung zu betrachten.
Für die Schätzung der Ressourcen wurde ein mittlerer Urangehalt von 400 ppm U, eine mittlere Mächtigkeit von 170 cm sowie 2,5 t/m^3 für das Raumgewicht angenommen. Damit ergeben sich folgende Schätzwerte für die Grössenordnung der Uraninhalte der Mineralisationszone im Gebiet des Grand Alou:

- oberhalb 2350 m: 20 bis 30 t U als mögliche geologische Ressourcen.
- zwischen 2350 m und 2200 m: 100 bis 200 t U als zusätzliche, spekulative Ressourcen.

Weitere zusätzliche Ressourcen sind auch im Gebiet zwischen dem Grand Alou und dem Fou sowie in den Nord- und Nordosthängen des Fou vorhanden, doch sind zu wenig Anhaltspunkte für eine zahlenmässige Schätzung verfügbar.
Ferner sind auch die im Zuleitungsstollen der Grande Dixence SA auf 1400 m Höhe festgestellten Urankonzentrationen für die Schätzung der zusätzlichen Ressourcen zu berücksichtigen.
Hier wurden durch die Mitarbeiter des Arbeitsausschusses Atombrennstoffe systematische Probenentnahmen durchgeführt, welche in Hügi et al. (1967) eingehend beschrieben sind.
Aus den Proben, welche im Sondierstollen für jeden Laufmeter der dort 19 m breiten Mineralisationszone entnommen wurden, ergab sich für den ersten Meter ein Urangehalt von 1830 ppm eU; für die übrigen 18 m variieren die Werte zwischen 34 und 610 ppm eU. Der Mittelwert beträgt 340 ppm eU und liegt somit in der gleichen Grössenordnung wie der beim Grand Alou ermittelte entsprechende Wert. Im Sondierstollen bezieht er sich allerdings auf eine Breite von 19 m, die aber wohl nur einer scheinbaren Mächtigkeit entspricht, welche aus einer wesentlich schmäleren Mineralisationszone durch Verfältelung, kleinere Verwerfungen und zum Teil auch flache Lagerung entstanden ist.
Was die Frage eines möglichen Zusammenhanges mit den Mineralisationszonen an der Oberfläche anbelangt, so ist einmal zu bemerken, dass die Erscheinungsform der Urankonzentrationen im Stollen, soweit sie aus den Beschreibungen zu entnehmen ist, ziemlich verschieden (vgl. Hügi, 1967) ist von denjenigen der Mineralisationen an der Oberfläche.
Auch aus der gegenseitigen Lage und dem Verlauf der lithologischen Einheiten und der massgeblichen Strukturen, wie sie in den zu diesem Zwecke beigefügten geologi-

schen Profilskizzen dargestellt sind, lässt sich kaum auf einen direkten Zusammenhang schliessen. Vermutlich handelt es sich deshalb im Stollen um eine anderweitige Mineralisationszone, deren Ausdehnung noch unbekannt ist.
Abschliessend ist zu sagen, dass sich die zusätzlichen Ressourcen der Mineralisationszonen im Permokarbon noch nicht zahlenmässig schätzen lassen, dass sie aber wohl eher in der Grössenordnung von Hunderten als von Tausenden Tonnen Uran liegen dürften und dass nur niedrige Urangehalte zu erwarten sind.

3.3 Das Prospektionsgebiet St. Niklaus–Embd–Zeneggen

Das Prospektionsgebiet besteht im wesentlichen aus einem Geländestreifen in den westlichen Hängen des unteren Mattertales und des Vispertales, der sich vom Sparrenzug, westlich von St. Niklaus, über die Dörfer Embd und Törbel bis nach Zeneggen hinzieht.
In diesen Hängen verläuft auch der Zuleitungsstollen von Mattsand zum Kraftwerk Ackersand II (nördlich von Stalden) auf einer mittleren Höhe (bis Törbel) von etwa 1200 m ü.M., in welchem Mitarbeiter des «Arbeitsausschusses Atombrennstoffe» im Jahre 1957 mehrere radiometrische Anomalien registrierten. In der in den Jahren 1959–62 im darüber liegenden Gebiet unternommenen Prospektionskampagne fand man über 400 weitere, zum grossen Teil aber nur schwächere Anomalien, und zwar hauptsächlich zwischen St. Niklaus und Embd und zwischen Törbel und Zeneggen.
Bei den interessantesten unter ihnen unternahm man Schürfarbeiten, verbunden mit der Entnahme von grösseren Proben zur Bestimmung der Urangehalte. 1972 und 1973 wurden noch einige ergänzende radiometrische geologische Aufnahmen ausgeführt und Schlitzproben in der Mineralisationszone beim Scheibenstand Embd entnommen.

3.3.1 Geologischer Rahmen (Fig. 19 und 20)

Die nähere geologische Umgebung der Anomalien besteht aus einer etwa 100–400 m mächtigen Serie von schwach metamorphen, vorwiegend quarzitischen Gesteinen, vermutlich oberkarbonischen bis untertriadischen Alters.
Die Serie besteht hauptsächlich aus den folgenden Gesteinstypen, deren altersmässige Schichtfolge sich aber wegen der komplizierten Lagerungsverhältnisse nicht eindeutig festlegen lässt:

- graue, bankige, zum Teil graphitführende, Muskovit-Serizit-Quarzite (Oberkarbon?),
- helle bis bräunliche karbonat- und feldspatführende Serizit-Quarzite, teilweise mit fein verteiltem Pyrit (Perm?),
- grüne oder graue Chlorit-Serizit-Albit-Schiefer, z.T. mit Magnetit und Pyrit (Perm?),
- hellgrüne, z.T. etwas konglomeratische, feldspatführende Serizit-Quarzite («Steinbruchhorizont», Perm?)
- weisse Quarzite mit etwas Kalifeldspat und Hellglimmer (untere Trias?).

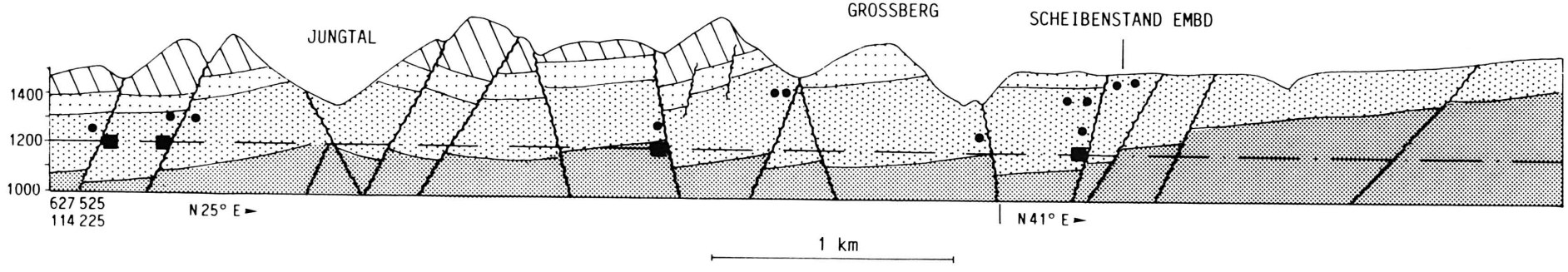
Der hellgrüne Steinbruchhorizont wurde und wird an zahlreichen Stellen zwischen St. Niklaus und Embd zur Gewinnung von Bausteinen und Dachbedeckungsmaterial abgebaut und bildet mit seinen weithin sichtbaren Steinbrüchen einen ausgezeichneten Leithorizont für die Serie. Im Sparrenzug bei St. Niklaus fanden Dössegger und Müller (1973) Aufschlüsse dieses Horizontes, die vorwiegend aus vulkanischem Material bestehen.
Ferner wird ein nördlich von Törbel in der Quarzit-Serie auftretender Muskovit-Kalifeldspatgneis mit Einsprenglingen von klarem Quarz und Kalifeldspat von den beiden genannten Autoren als Metarhyolith gedeutet.
Auch Bearth (1978) hat in der Umgebung von Törbel in Serizit-Feldspat-Quarziten Einlagerungen aus vermutlich rhyolithischem vulkanoklastischem Material gefunden.
Die Quarzit-Serie ist zum grossen Teil zwischen Gesteinen der (altkristallinen) «unteren Casannaschiefer» der Bernhard-Decke eingeschlossen, die hier vorwiegend aus Muskovit-Chlorit-Albit-Schiefern und -Gneisen mit Amphiboliteinlagerungen bestehen. Nördlich des Mühlebaches bei Törbel schalten sich noch dunkle, zum Teil graphitische Schiefer, Metasandsteine und Konglomerate (Karbon) zwischen die Quarzite und die unteren Casannaschiefer ein.
In der Gegend von St. Niklaus wird der Quarzitzug nach oben durch den «Augengneis von Randa» begrenzt. Dieser Augengneis ist nach Bearth (1978) ein alpin deformierter, heterogener, grobporphyrischer Intrusivgranit, der hauptsächlich in die unteren Casannaschiefer, örtlich aber auch in die grauen Quarzite intrudiert ist.
Der Quarzitzug bildet wahrscheinlich den Kern einer überkippten, spitzen Synklinale, deren Achsenebene zwischen St. Niklaus und Törbel etwa 20°–30° WNW einfällt. Südlich des Mühlebaches wird der untere Kontakt der Quarzit-Serie mit den unteren Casannaschiefern durch eine grössere Störung (Scherzone?) gebildet, und der liegende Schenkel der Synklinale scheint hier nicht mehr vorhanden zu sein.
Zahlreiche Spezialfalten, Scherzonen und Brüche komplizieren die Lagerungsverhältnisse innerhalb des Quarzitzuges.
Zwischen St. Niklaus und Embd werden die Gesteinsformationen unter anderem durch ein System von steilen, ungefähr E–W streichenden Brüchen und Klüften durchsetzt, welches weiter im Westen auch das Turtmanntal und das Val d'Anniviers durchquert.

3.3.2 Die Uranmineralisation

Nach den Untersuchungen von Köppel (in Hügi et al., 1969) ist der Uranträger eine einheitlich sehr feinkörnige Pechblende, die zum Teil in kubischer Form, meist aber in xenomorphen Fetzen auftritt. Als Begleitmineralien wurden mikroskopisch festgestellt: Pyrit, Fahlerz, Kupferkies, Rézbanyit ($2\ PbS \cdot Cu_2S \cdot nBi_2S_3$), Linneit, Molybdänglanz, Arsenkies, Graphit und lokal violetter Fluorit.
Der beste Aufschluss der Mineralisationszone wurde 1962 beim heutigen Scheibenstand Embd (Koordinaten 629 430 / 118 030) durch Absprengen von ungefähr 30 m^3 Fels geschaffen.
Das uranführende Gestein besteht aus einem gebankten, ziemlich grobkörnigen, karbonatführenden Feldspat-Muskovit-Quarzit, der etwa 20°–30° W einfällt. Die Uran-

Prospektionsgebiet St. Niklaus - Embd

Geologisches Profil (±schematisch) längs Achse Zuleitungsstollen Ackersand II.



Augengneiss von Randa

oben graue Quarz-Serizit-Albit-Schiefer (Karbon?)
unten Muskowit-Albit-Gneiss, Einlagerung von Amphibolit

vorw. heller Serizit-Quarzit (+Kalifeldspat, ±Karbonat), Quarzphyllit, Chlorit-Serizit-Albitschiefer

vorw. grauer Serizit-Quarzit (Karbon?)

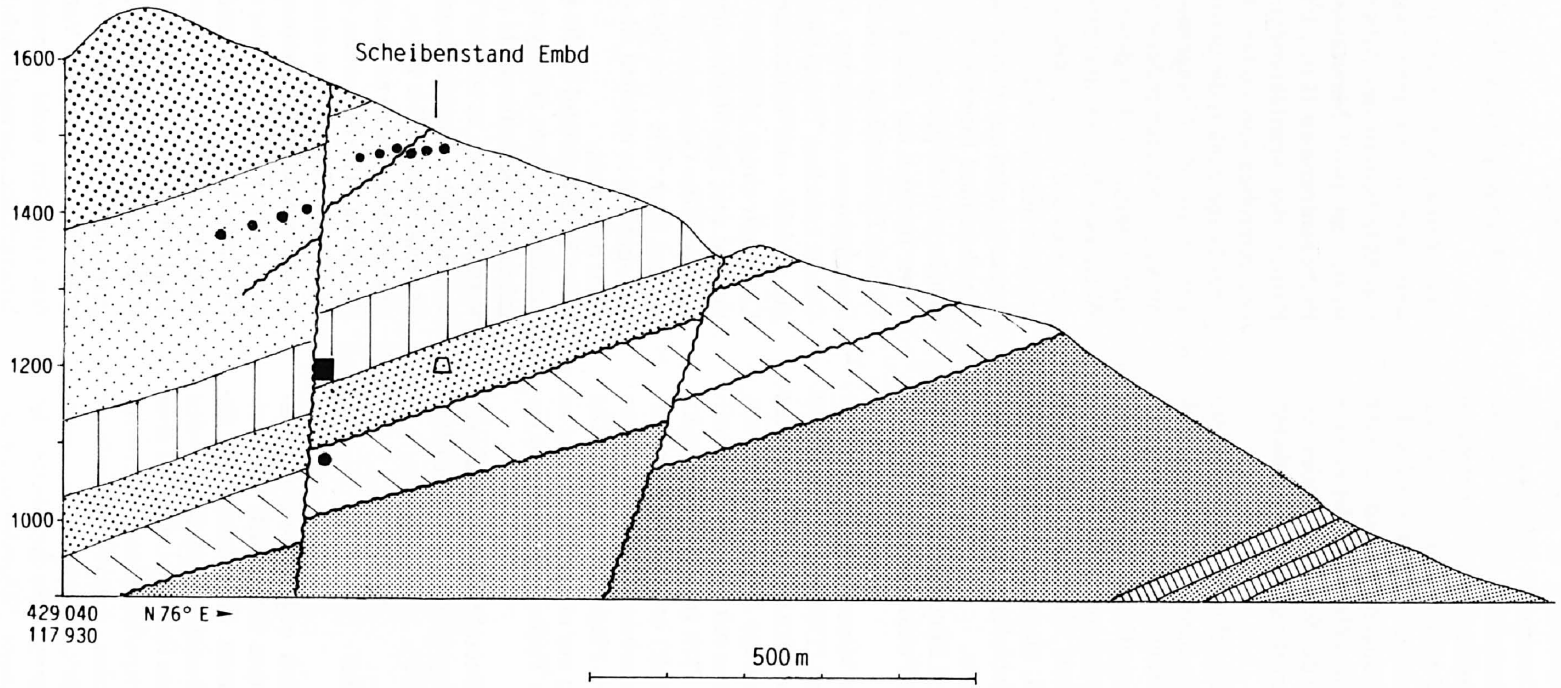
Störung

radiometrische Anomalien > 20 x bg
● an der Oberfläche (in Profilebene projiziert)
■ im Zuleitungsstollen

Zuleitungsstollen

Prospektionsgebiet St. Niklaus - Embd

Querprofil (±schematisch) durch Anomalienzone Scheibenstand Embd.



Perm ?

vorw. heller Muskowit-Serizit-Quarzit (± Kalifeldspat, ± Karbonat)

gebänderter Chlorit-Schiefer (± Magnetit, ± Pyrit)
dunkler Albit-Serizit-Chlorit-Schiefer

Serizit-Quarzit (± Kalifeldspat) [Steinbruch-Niveau]

Karbon ?

grauer Serizit-Quarzit

dunkler Muskowit-Serizit-Albit-Schiefer (± Graphit)

grünlich-grauer Muskowit-Chlorit-Albit-Gneiss

Amphibolit, Prasinit

Störung

radiometrische Anomalie 10 x bg
• Oberfläche
■ im Zuleitungsstollen Ackersand II

mineralisation tritt in drei, bräunlich verwitternden (oxidierter Pyrit), etwa 40–60 cm breiten, ungefähr schichtungsparallel verlaufenden Bändern auf. Darin ist die feinkörnige Pechblende hauptsächlich in glimmerreichen, einige Millimeter bis Zentimeter breiten Lagen zusammen mit reichlich Pyrit enthalten. Wie die Detailaufnahmen zeigen, sind die uranführenden Bänder durch zahlreiche nahezu senkrechte Querrisse jeweils um Zentimeter bis Dezimeter grosse Beträge versetzt worden. Es sind noch weitere kleinere Störungen vorhanden, durch welche die Bänder z.T. auch etwas übereinander geschoben wurden. Etwa 60 m südlich des Scheibenstandes verläuft eine vermutlich steile Verwerfungszone in nordwestlicher Richtung.
In den ausserhalb der Schürfung schlecht aufgeschlossenen Quarziten sind gegen Süden, nach der Störung, noch bis zu etwa 200 m Entfernung radiometrische Anomalien vorhanden. Weiter südwestlich sind bis in die Gegend von St. Niklaus einige weitere Gruppen von meist nur schwächeren Anomalien in ähnlichen Gesteinen wie beim Scheibenstand sowie in grünen, magnetit- und pyritführenden Chlorit-Serizit-Albit-Schiefern und im Steinbruchhorizont festgestellt worden.
Ferner sind zwischen Törbel und Zeneggen mehrere Anomaliengruppen und zahlreiche Punktanomalien vorhanden.
Eine für dieses Gebiet typische Mineralisationsstelle befindet sich bei der Lokalität Bina (1780 m ü.M.) oberhalb Törbel. Nach Dössegger und Müller (1973) besteht sie aus schieferungsparallelen, einige Zentimeter breiten, dunkelbraun anwitternden Lagen mit äusserst feinkörniger Pechblende, begleitet von Pyrit (randlich in Lepidokrokit und Goethit umgewandelt) sowie etwas Kupferkies. Das Nebengestein ist ein karbonatführender (bis zu 20 Vol.-% Karbonat) Muskovit-Plagioklas-Quarzit. Die uranführenden Lagen scheinen nur einige Meter lang zu sein und auch nur eine geringe Tiefenerstreckung zu haben.
Weitere Angaben über die Mineralisationen in diesem Gebiet und über die dort durchgeführten Schürfarbeiten finden sich im Bericht Leu (1962).

3.3.3 Diskussion der Metallotekte

In den wenigen, meist ziemlich eng begrenzten Aufschlüssen der Uranmineralisation lassen sich keine eigentlichen Metallotekte erkennen. Es scheint, dass die Pechblende vorwiegend in karbonat- und pyritführenden Muskovit-Feldspat-Quarziten zu finden ist. Es sind aber keine lithologischen oder strukturellen Elemente ersichtlich, welche es gestatten würden, innerhalb dieses im Gebiet doch ziemlich verbreiteten Gesteinstyps engere Bereiche mit günstigen Bedingungen für die Bildung der Urankonzentrationen abzugrenzen. Möglicherweise besteht auch ein Zusammenhang zwischen der Uranmineralisation und den vulkanischen oder vulkanoklastischen Einlagerungen in der Quarzit-Serie, doch ist eine solche Annahme noch keineswegs durch genügend Beobachtungsdaten gesichert.
Die im Zuleitungsstollen festgestellten stärkeren Anomalien liegen fast durchwegs in Störungszonen; da sich auch an der Oberfläche entlang dieser Störungen (vermutlich steile etwa NW-streichende Brüche?) radiometrische Anomalien in verschiedenen angrenzenden Gesteinshorizonten finden, ist anzunehmen, dass solche Störungen örtlich die Bildung von Urankonzentrationen begünstigen können.

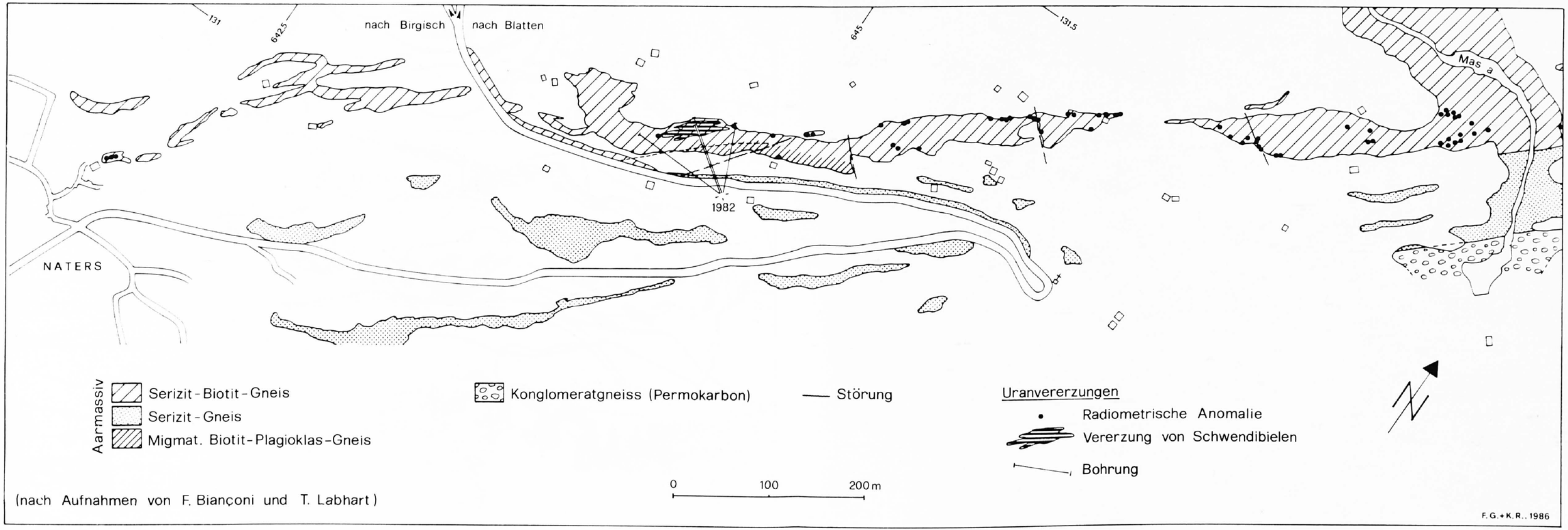
3.3.4 Urangehalte und Abschätzung der Ressourcen

Erste Anhaltspunkte über die zur Abschätzung der Ressourcen erforderlichen Urangehalte ergeben sich aus den von Mitarbeitern des Arbeitsausschusses «Atombrennstoffe» an zwölf Mineralisationsstellen durchgeführten Probenentnahmen (Leu, 1962). Dazu wurden grössere Partien des uranführenden Gesteins herausgesprengt (Einzelproben von 1,6 bis 14,5 t Gewicht) und mit Hilfe eines Geigerzählers die uranhaltigen Gesteinsstücke aussortiert und die Urangehalte der aus diesen Gesteinsstücken gebildeten reduzierten Proben (250-1000 kg Gewicht) bestimmt. Für dieses «Handscheideerz» wurden Werte zwischen 300 und 1050 ppm eU ermittelt; rechnet man aber auf das gesamte abgesprengte Material um, so ergeben sich für alle Proben Werte unter 100 ppm eU.
Ferner wurden aus zwei in der Mineralisationszone beim Scheibenstand Embd entnommene Schlitzproben Urangehalte von 260 ppm eU und 460 ppm eU bestimmt, beide Werte bezogen auf eine Breite von 150 cm.
Was die Form und die Ausdehnung der einzelnen Mineralisationszonen anbelangt, so haben die Schürfungen im Gebiet zwischen Törbel und Zeneggen gezeigt, dass dort die schicht- oder schieferungsparallelen uranführenden Lagen nur einige Millimeter bis einige Zentimeter mächtig sind und ihre flächenmässige Ausdehnung im allgemeinen in der Grössenordnung von nur einigen Quadratmetern liegt. Wie viele dieser kleinen Erzlinsen vorhanden sind und in welchen Abständen sie auftreten, ist aber nicht bekannnt.
Beim Scheibenstand ist die Beschaffenheit der Mineralisationszone etwas günstiger, da in einer etwa 100–150 cm mächtigen Gesteinsschicht mehrere uranführende Lagen vorhanden sind; es ist aber fraglich, ob dies auch für die sich im Süden anschliessende etwa 150 m lange Anomalienzone zutrifft. Die Frage, wie weit sich die Mineralisation nach der Tiefe zu erstreckt, ist noch vollständig offen. Dazu ist zu bemerken, dass die radiometrischen Anomalien, welche in dem etwa 280 m unter dem Scheibenstand verlaufenden Zuleitungsstollen festgestellt wurden, nicht in der Fallrichtung der an der Oberfläche bekannten Mineralisationen liegen und dass sie somit auch keine Schlüsse auf deren Tiefenerstreckung zulassen.
Insgesamt sind für eine zahlenmässige Abschätzung des in der Anomalienzone vorhandenen Uraninhaltes nicht genügend Beobachtungsdaten verfügbar. Eine wirtschaftliche Nutzung des Vorkommens ist aber aus anderen Gründen wohl ohnehin auszuschliessen: niedrige Urangehalte, geringe Mächtigkeit der uranführenden Lagen und deren diskontinuierlicher Verlauf sowie die Feinkörnigkeit der Pechblende.

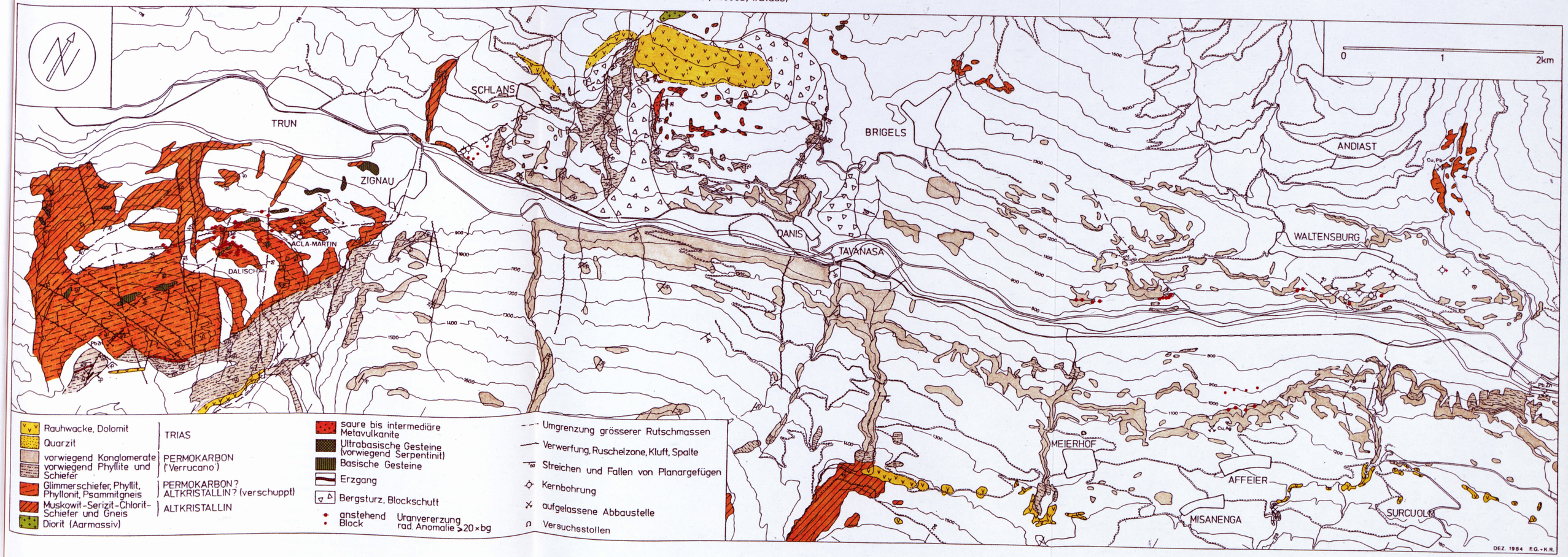
3.4 Das Untersuchungsgebiet Naters–Massaschlucht

Ausgehend von der Feststellung einer stark erhöhten Radioaktivität in einem unterirdischen Bau bei Naters hat der Arbeitsausschuss Atombrennstoffe 1959 das umliegende Gebiet systematisch prospektiert, wobei zahlrei-

GEOLOGISCHE KARTENSKIZZE: EXPLORATIONSGEBIET NATERS - MASSA-SCHLUCHT (VS)



GEOLOGISCHE KARTENSKIZZE: PROSPEKTIONSGEBIET TRUN - WALTENSBURG (nach Aufnahmen von D. Cavalli, A. Fehr, M. Greller, M. Joos, T. Staub)



che weitere radiometrische Anomalien gefunden wurden. Sie verteilen sich auf eine schmale, etwa 10 km lange Zone, die sich am Südrand des Aarmassivs, ungefähr parallel zum Rhonetal, vom Brigerbad über Naters bis etwas über die Massaschlucht hinaus erstreckt.
Die meisten Anomalien liegen in einem etwa 1,5 km langen Sektor zwischen Naters und der Massaschlucht. Die eingehendere Untersuchung der Anomalien wurde ausschliesslich in diesem Gebiet unternommen, wobei im wesentlichen die folgenden Schürfarbeiten ausgeführt wurden:

- Schürfgräben und Probeentnahmen zur Bestimmung der Urangehalte bei der Anomaliengruppe Schwendibielen, oberhalb der Strasse Naters–Blatten (Arbeitsausschuss Atombrennstoffe);
- an der gleichen Stelle Entnahme von 7 Schlitzproben auf der Grundlage eines neu erstellten radiometrischen Detailplanes (1977 durch die Studiengesellschaft, welche die Schürfrechte für dieses Gebiet erworben hatte);
- an der Strasse Naters–Blatten, unterhalb Schwendibielen, 4 Kernbohrungen mit einer Gesamtlänge von 469 m (Vorbereitung und technische Überwachung sowie geologische und radiometrische Aufnahme der Bohrlöcher durch BEG, Vétroz).

3.4.1 Geologischer Rahmen (Fig. 21)

Die Anomalienzone liegt im südlichen Altkristallin des Aarmassivs. Es besteht hier hauptsächlich aus (Epidot-) Biotit-Serizit-Gneisen und -Schiefern, Serizitschiefern, (karbonatführenden) Plagioklas-Biotit-Augengneisen und einem migmatitischen Biotitgneis mit zahlreichen basischen Schollen.
Etwa 150–250 m südöstlich der Anomalienzone verläuft der steile, tektonische Kontakt des Aarmassivs mit permischen Metakonglomeraten und Phylliten der Urserenzone.
Die intensiv verschieferten Gneise streichen um N 50° und fallen etwa 70°–80° SE ein; ungefähr parallel dazu verläuft auch der Kontakt zwischen dem Aarmassiv und der Urserenzone.
Die Gesteine werden von zahlreichen Kluft- und Verwerfungsflächen durchsetzt, deren Hauptsystem um N 130° orientiert ist und mit 70°–80° NE einfällt; daneben sind auch noch steile, annähernd N–S verlaufende Brüche vorhanden sowie Störungen, die um etwa N 45° gerichtet sind und mit 60°–70° SE einfallen.

3.4.2 Die Uranmineralisation

Träger des Urans sind hauptsächlich meist sehr feinkörnige Pechblende und lokal gelbe und grünlichgelbe sekundäre Uranmineralien. Makroskopisch ist Pyrit als fast ständiger Begleiter der Uranmineralien erkennbar; eigentliche Gangmineralien scheinen nicht vorhanden zu sein.
Labhart (1967) hat mikroskopisch als Begleitmineralien der Pechblende bestimmt: Pyrit (z.T. in Limonit umgewandelt), Kupferkies, Bleiglanz, Molybdänglanz und Magnetkies(?).
In Proben aus Bohrkernen hat Waber (1985) dazu noch Zinkblende, Magnetit und seltener Herzenbergit (SnS), Argentopyrit ($AgFe_2S_3$) und gediegen Silber festgestellt.
Im Gelände tritt die Uranmineralisation innerhalb einer bis zu etwa 30 m breiten, stark verschieferten Gesteinszone auf, die ungefähr parallel zur Hauptschieferung verläuft. Sie ist mit mehreren Unterbrüchen über etwa 1,5 km Länge von Naters bis in die Massaschlucht zwischen ungefähr 700 m und 860 m ü.M. aufgeschlossen. Der Verlauf der Zone und die Lage der radiometrischen Anomalien sind aus der beigefügten Kartenskizze (Fig. 21) ersichtlich.
Die Uranmineralisation findet sich vorwiegend in (Epidot-) Biotit-Serizitgneisen und -schiefern, doch kann sie auch in den anderen, oben genannten Gesteinstypen auftreten. Die feinkörnige Pechblende, aus welcher sie hauptsächlich besteht, ist meist in millimeter- bis zentimeterdicken glimmer- und pyritreichen Lagen enthalten, die im allgemeinen schieferungsparallel angeordnet sind.
Bei der im Detail untersuchten Anomaliengruppe von Schwendibielen zeigt die Mineralisation nach Bianconi (1977) das folgende Erscheinungsbild:
Das Nebengestein ist ein stark verschieferter Serizit-Biotitgneis mit linsig-flaserigen Feldspataugen. Die sehr unregelmässig begrenzte Anomalienzone ist parallel zur Gesteinsschieferung etwa 70 m lang und senkrecht dazu bis zu 18 m breit. Im Isogradenplan zeichnen sich im einzelnen mehrere, ungefähr parallel zueinander verlaufende Zonen verschiedener Gestalt und Grösse ab. Die höchsten Anomalienwerte (etwa das 50–150fache des Umgebungswertes) konzentrieren sich auf einige 2–3 m lange und bis 1 m breite Linsen, in welchen sekundäre Uranmineralien makroskopisch erkennbar sind.
Während die Anomalienzone als Ganzes ungefähr parallel zur Hauptschieferungsrichtung verläuft, scheinen die einzelnen Teilzonen leicht diskordant dazu angeordnet zu sein, wobei der Winkel zwischen den beiden Richtungen etwa 8° beträgt.
Die Anomalienzone ist von steilen, um N 130° streichenden Klüften und Verschiebungsflächen durchsetzt, ohne dass jedoch grössere Versetzungen festzustellen wären.
Unterhalb der Schürfstelle, an der Strasse Naters–Blatten wurden vier fächerförmig angeordnete, geneigte Bohrungen abgeteuft, um die Anomalienzone etwa 80 m und 120 m unterhalb des Aufschlusses zu durchqueren. Dabei wurde angenommen, dass das an der Oberfläche gemessene Fallazimut von 140°/75° bis zu diesen Tiefen unverändert bleibt (Cavalli und Moix, 1982).
In den Bohrlöchern wurden insgesamt nur 8 schwächere Anomalien registriert. Die mikroskopischen Untersuchungen zeigten, dass sie durch feinkörnige Pechblende verursacht werden, die vorwiegend zusammen mit Pyrit in millimeterbreiten Lagen in Epidot-Biotit-Gneisen oder in Augengneisen enthalten sind. Die Anomalien verteilen sich auf ein etwa 60 m breites Gesteinspaket und liegen nur zum Teil in der Fallrichtung des «Anomalienbandes» von Schwendibielen.
An mehreren Stellen fanden in den Bohrungen grössere Wassereinbrüche (bis 500 l/min) statt, wobei das Wasser wohl durch ein System von Brüchen herbeigeführt wurde, welches an der Oberfläche wenig in Erscheinung tritt.

3.4.3 Diskussion der Metallotekte

In der Anomalienzone sind keine gut definierten Metallotekte erkennbar. Einzig das etwa 10–30 m breite schieferungsparallele Gesteinspaket, innerhalb welchem die an der Oberfläche festgestellten Anomalien auftreten, kann wenigstens streckenweise als Metallotekt betrachtet werden. Im Bereich der Bohrungen unterhalb Schwendibielen lässt sich diese Gesteinszone aber nicht mehr klar abgrenzen.
Die Frage bleibt offen, ob die Rolle der Zone als Metallotekt vorwiegend auf lithologische oder auf strukturelle Faktoren zurückzuführen ist, d.h. ob das Uran bereits ursprünglich in gewissen Gesteinen der Zone vorhanden war und dann später umgelagert wurde oder ob es erst nachträglich entlang von Störungen eingewandert ist.
Nach dem Erscheinungsbild der Anomalienzone bei Schwendibielen ist zu vermuten, dass auch Querklüfte und -brüche die lokale Anreicherung des Urans begünstigt haben.

3.4.4 Urangehalte und Abschätzung der Ressourcen

Erste Anhaltspunkte über die Grössenordnung der Urangehalte ergeben sich aus den 7 Schlitzproben aus der Schürfstelle Schwendibielen:
Die Probe Nr. 1 wurde aus einer Partie mit sehr hoher Radioaktivität und sichtbaren Uranmineralien entnommen; sie ergab 2500 ppm eU und 30 ppm eTh über eine Mächtigkeit von 75 cm (die Probe ist nicht in radioaktivem Gleichgewicht).
Die zusammenhängenden 5 Proben Nr. 2–6 stammen aus einem Bereich mit mittlerer Radioaktivität; sie weisen einen mittleren Gehalt von 248 ppm eU und 6 ppm eTh über eine Mächtigkeit von 4,75 m auf. Die Probe Nr. 7 wurde aus einem Bereich mit mittlerer Radioaktivität und einem schmalen hochaktiven Kern mit sichtbaren Uranmineralien entnommen; sie ergab 440 ppm eU und 20 ppm eTh über eine Mächtigkeit von 2,65 m.
Die Urangehalte, welche vom Arbeitsausschuss Atombrennstoffe aus 7 Grossproben bestimmt wurden, liegen zwischen 30 und 609 ppm eU. Die mittleren Werte sind in der gleichen Grössenordnung wie diejenigen der Schlitzproben.
Was die Schätzung des Uraninhaltes der Mineralisation anbelangt, so haben die Bohrungen gezeigt, dass der Verlauf der Anomalienzone wahrscheinlich in erheblich stärkerem Masse durch Störungen oder Verfaltung kompliziert wird, als dies aus der Oberflächengeologie ersichtlich ist, und dass sich die in den Aufschlüssen festgestellten Mineralisationsverhältnisse nicht über grössere Distanzen extrapolieren lassen. Die Mineralisation scheint diskontinuierlich zu sein und z.T. aus kleineren Linsen, z.T. auch nur aus dünnen, pechblendeführenden Lagen zu bestehen.
Unter diesen Umständen lässt sich höchstens sagen, dass der Uraninhalt des zwischen Schwendibielen und der Massaschlucht gelegenen Sektors der Anomalienzone vermutlich kaum grösser als 100 t U sein dürfte.
Indessen ist auch bei diesem Vorkommen die Grösse der Ressourcen nicht der ausschlaggebende Faktor für die Abbauwürdigkeit, da ohnehin eine Reihe von anderen Einflussgrössen, wie in erster Linie die niedrigen Urangehalte und das absätzige Verhalten der Mineralisation, die Feinkörnigkeit der Pechblende und die beträchtliche Wasserführung des Gebietes, einem wirtschaftlichen Abbau im Wege stehen.

3.5 Das Untersuchungsgebiet Trun–Tiraun

Im Zuge einer von der «Studiengesellschaft» 1957 begonnenen radiometrischen Prospektion in ausgewählten Gebieten Graubündens wurden erstmals 1961 radioaktive Anomalien bei Tiraun (etwa 2 km östlich von Trun) und in dem südlich von Trun gelegenen Berghang entdeckt. 1967 wurde ein grosser Teil des Berghanges südlich von Trun, zwischen dem Val Zavragia und dem Somvixertal, bis auf etwa 1800 m hinauf ziemlich detailliert prospektiert, wobei zahlreiche weitere Anomalien registriert wurden.
Für die Untersuchung der praktischen Bedeutung der Anomalien wurden 1965–70 im wesentlichen die folgenden Arbeiten unternommen:

- drei Kernbohrungen von insgesamt 218 m Länge bei Tiraun («Studiengesellschaft», 1965);
- ein 192 m langer Schürfstollen unterhalb Dalisch (1360 m ü.M.); darin 19 Bohrungen mit insgesamt 366 m Länge;
- vier Kernbohrungen von je 60 m Länge auf dem Maiensäss Acla Martin;
- kleinere Schürfarbeiten bei Tiraun, Acla Martin, Alp Dalisch und beim Schürfstollen.

3.5.1 Geologischer Rahmen

Die meisten festgestellten radiometrischen Anomalien verteilen sich auf einen etwa 1600 m langen und 300-400 m breiten Geländestreifen, der sich im Berghang südlich von Trun über die unterhalb der Alp Dalisch gelegenen Felswände und das Maiensäss Acla Martin, etwa zwischen 1150 m und 1500 m Höhe hinzieht. Eine weitere Anomaliengruppe liegt nördlich des Vorderrheins, etwa 500 m östlich des Weilers Tiraun.
Der untere Teil des südlich von Trun gelegenen Berghanges besteht aus altkristallinen Muskovit-Chlorit-Gneisen und -schiefern mit einigen Einlagerungen von ultrabasischen Gesteinen (hauptsächlich Serpentinit), welche an verschiedenen Stellen zur Verwendung als Ofensteine abgebaut wurden.
Der mittlere und der steile obere Teil des Hanges bestehen im wesentlichen aus Glimmerschiefern, Phylliten, Muskovitgneisen und Augengneisen, welche zum Teil auch tektonisch eingeschuppte, stark verschieferte permokarbonische Gesteine sein könnten.
Im oberen, flacheren Teil des Hügels, in der Umgebung der Alp Nadels, treten permokarbonische Schiefer, Phyllite und Metakonglomerate auf, sowie ein Quarzporphyrzug(?) und eine schmale Schuppe aus triadischen Rauhwacken und Liaskalken.
Die altkristallinen Gesteine gehören zum Tavetscher Zwischenmassiv, eine tektonische Einheit zwischen dem Aarmassiv und dem Gotthardmassiv. Die permokarbonischen Gesteine sind Glieder der massivtrennenden Urserenzone.
Die Lagerungsverhältnisse lassen sich nur schlecht erkennen, da die Aufschlüsse ziemlich spärlich und oft stark

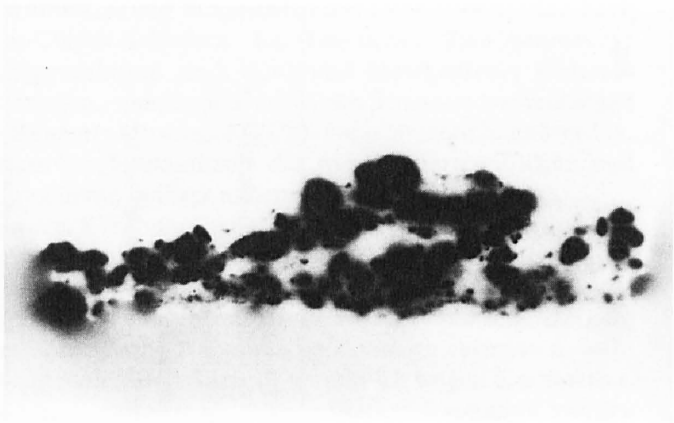


Fig. 23: T 31 Dalisch (Trun), Versuchsstollen.
Oben poliertes Handstück, unten Autoradiographie. Pyritband mit Pechblende-Aggregaten.

verwittert sind und verschiedenenorts durch Sackungen verstellt sind.

In Erscheinung treten vor allem alpine Schieferungs- und Scherflächen, die ungefähr N 50° streichen und 40°–50° SE einfallen; im östlichen Teil des Hanges biegen sie gegen Norden um und werden etwas flacher (ungefähr N 30°/35° SE). Die Stoffgrenzen, soweit sie erkennbar sind, streichen ungefähr N 80° und fallen mit 40°–50° S ein; im östlichen Teil des Hanges sind die entsprechenden Messwerte etwa N30°/35°–40° SE.

Weitere Strukturelemente sind um N-S (etwa N 345°–N 10°) streichende, meist steile Klüfte und Brüche. Grössere, zu diesem System gehörende Störungen treten namentlich im Gebiet des Val Zavragia auf, wobei hier jeweils das östlich der Verschiebungsflächen gelegene Gesteinspaket beträchtlich nach Norden (und nach unten) versetzt wurde. Dadurch und wegen des Umbiegens der Schieferung und der Stoffgrenzen gegen Norden sind permokarbonische Metakonglomerate und -phyllite östlich des Zavragia-Baches bis in die Talebene des Vorderrheins vorgestossen. Demzufolge ist dort das Tavetscher-Zwischenmassiv südlich des Vorderrheins nicht mehr aufgeschlossen, sondern erscheint nur noch nördlich davon, zwischen Tiraun und Brigels in vereinzelten Aufschlüssen und mit stark reduzierter Mächtigkeit.

Ziemlich verbreitet sind auch jüngere, meist steile, ungefähr E–W streichende Klüfte und Brüche, die im oberen flacheren Teil des Berghanges morphologisch gut zum Vorschein kommen und die wahrscheinlich auch im steileren Teil das Auftreten von Sackungen begünstigt haben. Schliesslich wurden auch noch einige ungefähr NW streichende und nach NE einfallende Verschiebungsflächen beobachtet.

3.5.2 Die Uranmineralisation

Nach Kramers (1973) sind vorwiegend Pechblende, dann auch Uraninit und örtlich sekundäre Uranmineralien die Träger des Urans. Begleitmineralien sind Pyrit, Kupferkies, Bleiglanz, Zinkblende und vereinzelt Markasit, Magnetit, Hämatit, Fe-Hydroxide, Tetraedrit, Cobaltit, Linneit, Molybdänglanz, gediegen Gold und Arsen. Nach von Pechmann und Bianconi (1982) kommen dazu noch Millerit (NiS) und Skutterudit ($[Co,Ni]As_3$).

Die Erscheinungsform der Mineralisation im Gesteinsverband ist am besten im Sondierstollen Dalisch ersichtlich (s. Fig. 23). Das Nebengestein der Anomalien besteht dort aus grünlichen Hellglimmer-Quarz-(Albit-) Schiefern mit zentimeter- bis dezimetermächtigen Lagen von nicht näher untersuchten dunklen Schiefern (Permokarbon?).

Im Süden grenzen diese Gesteine an helle Muskovitgneise. In den Schiefern sind unregelmässig geformte, oft boudinierte Quarz-Karbonat-Mobilisate ziemlich häufig; mit ihnen zusammen treten gelegentlich Chlorit und meist auch Pyrit auf, der aber auch sonst in den Schiefern ziemlich verbreitet ist.

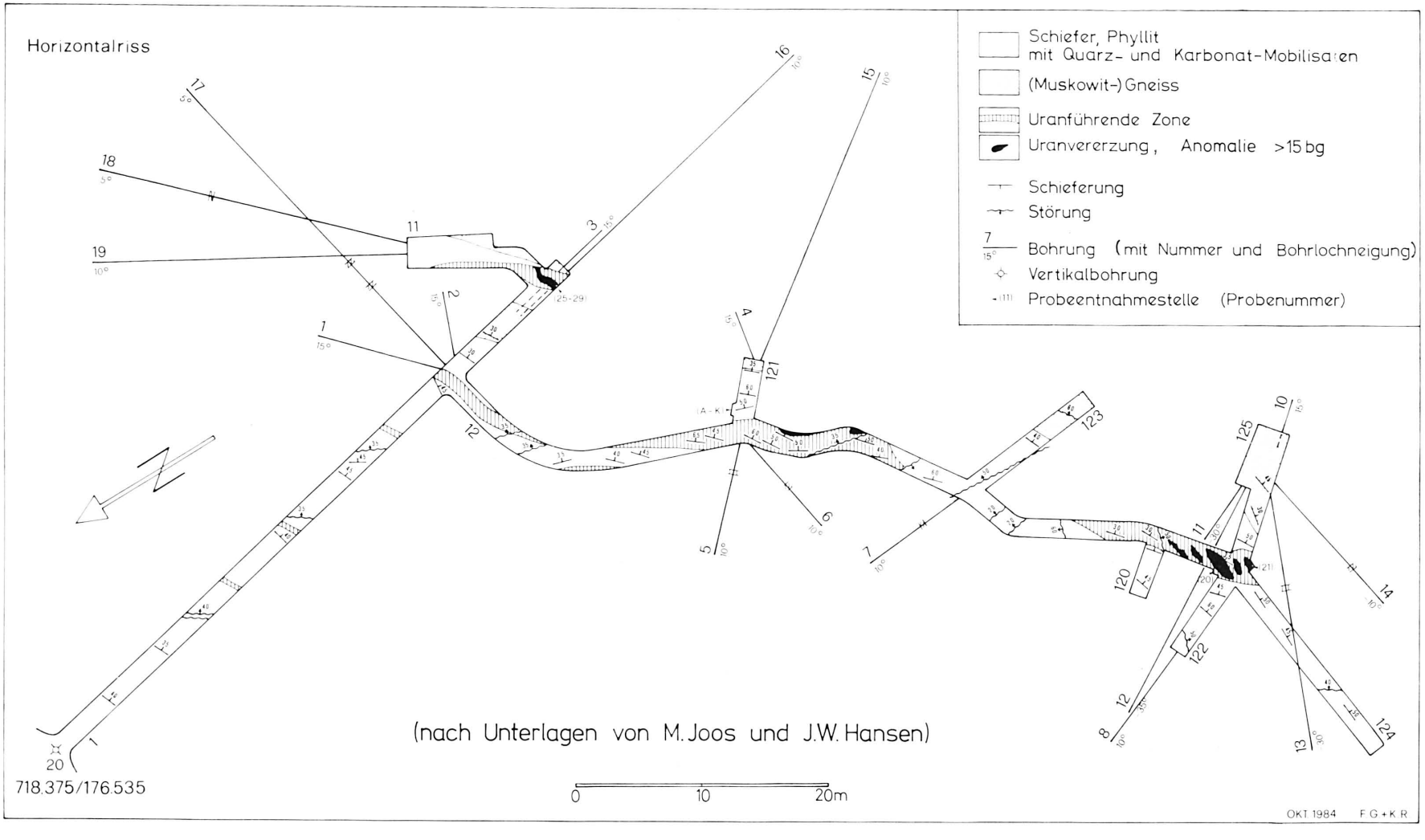
Die Gesteine streichen ungefähr N 70°–90° und fallen mit 35°–50° S ein. Sie sind oft verfältelt; wahrscheinlich sind auch grössere Falten vorhanden, doch lässt sich ihr Verlauf aus den wenigen darauf hindeutenden Aufschlüssen nicht genauer erkennen.

Die Lagerungsverhältnisse werden durch etwa N 50°–60° SE einfallende alpine Schieferungs- und Scherflächen stark beeinflusst. Dazu kommen noch verschiedene Störungen, namentlich einige etwa N–S orientierte und nach W einfallende Verschiebungsflächen.

Die radiometrischen Anomalien finden sich hauptsächlich in stark verschieferten und zerscherten Zonen. Die Mineralisation ist aber meist nur schwach, und es sind keine Uranmineralien von blossem Auge sichtbar. In dem im Stollen angetroffenen, etwa 3-5 m breiten «Hauptanomalienband» wurden nur an wenigen Stellen millimeterbreite Bändchen und kleine Knötchen von Pechblende, meist entlang von Schieferungsflächen gefunden.

Das «Anomalienband» wird in der streichenden Strecke des Stollens nach ungefähr 40 m durch eine etwa 15 m breite Störungszone abgeschnitten; sie besteht aus meh-

SCHÜRFSTOLLEN DALISCH (TRUN) Q.1380



reren annähernd N–S verlaufenden Verschiebungsflächen, darunter namentlich zwei mit 15°–20° W einfallenden von Lettenmyloniten begleiteten vermutlichen Aufschiebungsflächen. Nach der Störungszone erscheint das «Anomalienband» wieder, und nach einer weiteren, etwa N 165° streichenden und 50° E einfallenden Verschiebungsfläche folgt eine Strecke mit einer reichen Mineralisation, die ein neues Erscheinungsbild zeigt. Sie besteht aus einem mehrere Zentimeter breiten Band aus feinkörnigem Pyrit (mit akzessorisch Kupferkies und Bleiglanz) mit Aggregaten und Zeilen von Pechblendekörnern, die z.T. 1–2 cm Durchmesser haben. Das Nebengestein ist ein bräunlich-grüner quarzitischer Hellglimmer-Chlorit-Schiefer, der stellenweise durch feine Hämatiteinlagerungen einen rötlichen Farbton erhält. Dazu kommen noch Quarz-Karbonat-(Chlorit-)Mobilisate. Das uranführende Pyritbändchen und das Nebengestein sind verfältelt und stark zerschert. Die reiche Mineralisation konnte im Stollen und mit Bohrungen nur auf eine Länge von etwa 5 m und eine Breite von mehreren Metern nachgewiesen werden; die (scheinbare) Mächtigkeit beträgt etwa 50–80 cm (Fig. 24).

In den anschliessenden letzten 15 m folgt der Stollen relativ wenig verschieferten, nahezu E–W streichenden und generell nach S einfallenden, leicht verfalteten grünlichen und dunklen Schiefern mit einer einzigen Punktanomalie in einer kleinen Störung, während im entsprechenden Sektor an der Oberfläche das «Anomalienband» noch vorhanden ist.

Der ziemlich abrupte Wechsel in den Mineralisationsverhältnissen ist schwer deutbar. Möglicherweise liegt das uranführende Pyritband im Kern einer spitzen Falte oder auch in einer flach nach E einfallenden Störung.

Ausserhalb des Stollens wurde die Anomalienzone auf eine Länge von etwa 25 m und eine mittlere Breite von 6 m freigelegt. Die Anomalien sind hauptsächlich entlang von Schieferungsflächen angeordnet; die höchsten Werte (z.T. mit sichtbaren Pechblendeknötchen) finden sich entlang dem Kontakt zwischen Schiefern und einem Muskovitgneis.

In der Nähe der Schürfstelle wurde ein Block mit Pechblendeknauern und Pyrit gefunden, dessen Herkunftsort wahrscheinlich in der Nähe liegt, aber nicht ausfindig gemacht werden konnte.

Auf dem Maiensäss Acla Martin (Pt. 1234) wurde die Anomalienzone in einem aus ziemlich grobkörnigen und stark zerklüfteten Muskovitgneis bestehenden Felskopf ebenfalls freigelegt (über eine Fläche von rund 200 m^2). Neben schwächeren Anomalien findet sich dort auch vereinzelt Pechblende in Form von dünnen, einige Zentimeter langen Bändchen oder von kleinen Knauern, entweder entlang von Schieferungsflächen oder in Rissen, meist zusammen mit Quarz und gelegentlich auch Hämatit.

Auf der Nordseite des Vorderrheins, östlich von Tiraun ist längs der Linie der Rhätischen Bahnen ein schmaler Streifen von Muskovit-Chlorit-Gneisen des Tavetscher Zwischenmassivs aufgeschlossen, die eine eng begrenzte, schwache, schieferungsparallele Uranmineralisation enthalten. Im darüber liegenden, mit Schuttmaterial bedeckten Hang wurden mehrere Zonen mit stark erhöhter Radioaktivität festgestellt. Sie wird verursacht durch Linsen und Knauern von Pechblende und sekundären Uranmineralien, die zum Teil einige Zentimeter mächtig sind und in Blöcken und Fragmenten aus stark verwitterten Serizit-Chlorit-Schiefern des Tavetscher Zwischenmassivs eingeschlossen sind. Aufgrund verschiedener Untersuchungen, namentlich auch von Emanationsmessungen (Bericht Uranerz, 1979), kann angenommen werden, dass der Herkunftsort der mineralisierten Blöcke und Fragmente in ihrer näheren Umgebung liegt.

In drei Kernbohrungen, welche die «Studiengesellschaft» 1965 abteufen liess, wurden in den durchfahrenen, anstehenden, stark zerrütteten und z.T. mylonitisierten Schiefern und Gneisen nur drei schwache und eine stärkere radiometrische Anomalie im Bohrloch vermessen, während in den Bohrkernen, vermutlich wegen Kernverlust, keine entsprechende Mineralisation festgestellt werden konnte.

Aus den bisherigen Untersuchungen lassen sich noch keine sicheren Schlüsse auf die Existenz von «Reicherzen» im Anstehenden und, gegebenenfalls, auf ihre Lage, Form und Ausdehnung ziehen.

Jedenfalls ist im potentiellen (anstehenden) Mineralisationsgebiet mit komplizierten Lagerungsverhältnissen zu rechnen, da es im Bereich einer grösseren Störungszone liegt, welche die Gesteine des Tavetscher Zwischenmassivs in direkten Kontakt mit permischen Metakonglomeraten und Phylliten («Ilanzer Verrucano») gebracht hat.

3.5.3 Diskussion der Metallotekte

Das Erscheinungsbild der Uranmineralisation ist im Bereich der verhältnismässig wenigen Aufschlüsse ziemlich heterogen und lässt keine allgemein gültigen Metallotekte erkennen, abgesehen vielleicht davon, dass die Urankonzentrationen bevorzugt entlang von (alpinen) Schieferungsflächen auftreten.

In der Anomalienzone als Ganzes zeigt die Verteilung der im Berghang südlich von Trun registrierten Anomalien eine gewisse Strukturierung, insofern als sie praktisch alle in einer ellipsenförmigen Zone liegen, deren maximale Breite etwa 350 m beträgt und deren Längsachse (etwa 1600 m lang) annähernd parallel zum Streichen der alpinen Hauptschieferung verläuft. Die Anomalien östlich von Tiraun liegen ebenfalls ungefähr in der Fortsetzung der Längsachse. Es lässt sich aber nicht erkennen, in welchem Masse innerhalb dieser Zone das Auftreten der Mineralisation mit der Beschaffenheit bestimmter Gesteine oder aber mit bestimmten strukturellen Elementen verknüpft ist.

Was die Gesteinsbeschaffenheit anbelangt, so ist die Zone zum grössten Teil aus Paraschiefern und Paragneisen aufgebaut, bei denen es sich um metamorphe, klastische, pelitische bis psephitische Sedimente handelt, also ursprünglich um eine Gesteinsfazies, die durchaus als günstiges Milieu für die Bildung von sedimentären Urananreicherungen zu betrachten ist.

In bezug auf die strukturellen Elemente ist zu bemerken, dass die hauptsächlich in Erscheinung tretenden alpinen Verschieferungen und Zerscherungen ohne Zweifel das Mineralisationsbild im einzelnen innerhalb der Anomalienzone stark beeinflusst haben, weniger aber die Anlage der Zone als Ganzes, die ja wohl im wesentlichen bereits voralpin vorhanden war.

Möglicherweise sind auch einzelne ungefähr N–S verlaufende Störungen und Kluftscharen Metallotekte von eini-

ger Bedeutung. Dies ist deshalb zu vermuten, weil die starke Mineralisation im Stollen Dalisch und möglicherweise auch die Anomalienzone mit den Anreicherungen bei Tiraun im Bereiche solcher Störungen liegen. Weitere Verwerfungen dieses Systems finden sich ausserhalb des Stollens Dalisch, in der Nähe des stark mineralisierten, oben erwähnten Blockes und bei der Schürfstelle auf der Alp Dalisch. Ferner sind die bisher bekannten uranführenden Klüfte und Risse vorwiegend ungefähr N–S orientiert.

Indessen bleibt auch hier die Frage offen, ob diese Strukturelemente, gegebenenfalls bereits an voralpinen Mineralisationsvorgängen beteiligt waren oder ob sie hauptsächlich bei der alpinen Stoffmobilisation die Bildung von lokalen Urankonzentrationen begünstigt haben.

Im grossen und ganzen zeichnen sich in der Mineralisationszone keine Metallotekte deutlich ab, welche einerseits für die praktische Erkundung dienen, andererseits aber auch Hinweise auf die Entstehungsgeschichte der Mineralisation geben könnten.

Die Frage der Genese der Uranmineralisation wurde von Kramers (1973) sowie von von Pechmann und Bianconi (1982) diskutiert. Nach Kramers wäre das Bildungsalter herzynisch, wobei an den Absatz aus relativ hochhydrothermalen Lösungen gedacht wird. Bei der alpinen Orogenese wären die Urankonzentrationen vorwiegend kataklastisch beansprucht worden, stellenweise hätten aber auch Lösungs-, Verdrängungs- und Umlagerungsvorgänge stattgefunden.

Von Pechmann und Bianconi (1982) kommen zum Schluss, dass die Mineralisation synmetamorph sei, das heisst dass die Urankonzentrationen während der alpinen Metamorphose durch Remobilisation und Rekristallisation aus einer älteren Mineralisation entstanden wären. Dabei könnte es sich auch um ein Ausgangsmaterial mit relativ niedrigen Urangehalten gehandelt haben, möglicherweise von der Art des «Sandstein-Typs».

3.5.4 Urangehalte und Abschätzung der Ressourcen

Erste Anhaltspunkte über die Urangehalte geben die Analysen von Proben aus dem Sondierstollen Dalisch und aus den Schürfungen ausserhalb des Stollens. Im Stollen wurden insgesamt 31 Proben entnommen, davon 22 aus dem Vortriebsmaterial (je etwa 600 kg) und 9 Grossproben, die an ausgewählten Mineralisationsstellen herausgesprengt wurden (600–2000 kg).

Die gammaspektrometrisch bestimmten Urangehalte variieren bei dem Vortriebsmaterial zwischen 22 und 300 ppm eU, mit Ausnahme einer stark mineralisierten Stelle, wo der Wert von 2600 ppm eU erreicht wurde. Die Grossproben ergaben Werte zwischen 150 ppm und 1000 ppm eU. In diesen Grossproben wurde ein Teil des anfallenden feinen Materials nicht erfasst, in welchem vermutlich das Uran etwas angereichert war. Ausserhalb des Stollens wurden 3 Schlitzproben (je 4 m lang) senkrecht zum Streichen der Mineralisationszone angelegt sowie ein weiterer, 3 m langer Schlitz längs eines schmalen Bandes mit ziemlich hoher Radioaktivität.

Aus den drei Querschlitzen wurden Werte von 70 ppm eU, 120 ppm eU und 160 ppm eU erhalten, über eine Breite von 4 m, wobei aber die Mineralisation selbst nur etwa 2 m breit ist. Der Längsschlitz ergab 2635 ppm eU, bei einer Breite von 12 cm.

Aufgrund der Gehaltsbestimmungen aus den etwas heterogenen Proben und den detaillierten radiometrischen Aufnahmen kann man annehmen, dass der Durchschnittsgehalt des Mineralisationsbandes im Stollen und seiner Umgebung etwa zwischen 50 ppm und 250 ppm U liegen dürfte, bezogen auf eine Mächtigkeit von 2 m.

Für die Schätzung des Uraninhaltes wird zunächst der im Sondierstollen und in seiner näheren Umgebung gelegene Sektor der Mineralisation in Betracht gezogen.

Mit der etwas optimistischen Annahme, dass sich das Mineralisationsband bei einer mittleren Mächtigkeit von 150 cm kontinuierlich über eine Länge von 200 m und eine Tiefe von 100 m erstrecke, ergibt sich ein Schätzwert für die Grössenordnung des möglichen geologischen Uraninhaltes von 15 t U, bei einem mittleren Urangehalt von 200 ppm U.

In der etwa 900 m langen Fortsetzung der Anomalienzone gegen NE, über die Schürfstelle Acla Martin hinaus, sind schätzungsweise noch zusätzliche spekulative (geologische) Ressourcen in der Grössenordnung von 50 t U vorhanden (mittlere Mächtigkeit 150 cm, Durchschnittsgehalt 150 ppm U).

Weitere zusätzliche spekulative Ressourcen mit einem Uraninhalt in der Grössenordnung von etwa 20–50 t U (150 cm mittlere Mächtigkeit, 150 ppm U Durchschnittsgehalt) können noch für das höher gelegene «Anomalienband» (Alp Dalisch) angenommen werden.

Trotz der verhältnismässig grossen Ausdehnung der Anomalienzone sind somit im Berghang südlich von Trun nur praktisch unbedeutende Ressourcen zu erwarten, mit einem Uraninhalt in der Grössenordnung von maximal 100 t U und einem Durchschnittsgehalt von nur 150–200 ppm U.

In der Anomalienzone von Tiraun könnten zusätzliche Ressourcen mit möglicherweise höheren Durchschnittsgehalten vorhanden sein. Es fehlen aber Anhaltspunkte, um ihre Grössenordnung auch nur annähernd abschätzen zu können.

3.6 Prospektionsgebiete Affeier – Waltensburg und Val Plaunca (Schlans)

Die «Studiengesellschaft» stellte 1958 erstmals in der Gegend von Affeier-Waltensburg radiometrische Anomalien fest und unternahm in der Folge noch verschiedene weitere Prospektionsarbeiten im Vorderrheintal.
Von 1971 bis 1978 führten auch zunächst die BEMINAG und dann das Konsortium BEMINAG/Elektrowatt Untersuchungsarbeiten im Vorderrheintal durch, wobei unter anderem nordöstlich von Schlans, im Val Plaunca (oder Val da Schlans), eine neue Anomaliengruppe entdeckt wurde.
Für die Detailuntersuchungen wurden hauptsächlich Bohrungen eingesetzt, wie folgt:

- drei Kernbohrungen und 15 Vollbohrungen im Gebiet von Waltensburg;
- sechs Vollbohrungen nordöstlich von Schlans, um starke Radonanomalien zu überprüfen.

3.6.1 Geologischer Rahmen

3.6.1.1 Gebiet Affeier–Waltensburg

Eine erste Anomalienzone befindet sich im rechten Talhang des Vorderrheins, in der steilen Felswand westlich und nördlich des Weilers Affeier. Eine weitere Anomaliengruppe liegt im linken Talhang, etwa 500 m südlich des Ortes Waltensburg, in den Felsköpfen oberhalb der Brücke zur Station der Rhätischen Bahn.
Das Nebengestein der Anomalien besteht vorwiegend aus permischen Metakonglomeraten («Ilanzer Verrucano») von wechselnder Zusammensetzung und Korngrösse. Die Matrix ist z.T. serizit-phyllitisch, z.T. schiefrig; die Gerölle haben Durchmesser von etwa 2 mm bis 30 cm und bestehen aus Quarzporphyr, Quarz, Gneis, Granit, Aplit und Pegmatit.
Unter den etwa 250 m mächtigen Metakonglomeraten liegen grünliche Serizitgneise, örtlich auch noch buntgefleckte Schiefer. Die lithologischen Grenzen wie auch die Hauptschieferungsflächen streichen etwa NE und fallen mit 10°–20° SE bei Affeier und um 10° NW bei Waltensburg ein.
Als weitere strukturelle Elemente treten morphologisch hauptsächlich zwei Systeme von steilen Klüften in Erscheinung; das eine verläuft ungefähr parallel zum Haupttal (etwa NE), das andere annähernd im rechten Winkel dazu.
In der Felswand nördlich der Brücke zur Station Waltensburg zieht nach Staub (1983) eine steile, etwa WNW streichende Verwerfung durch. Ungefähr 250 m östlich davon verläuft eine weitere, N 140°–150° orientierte und etwa 40° NE einfallende Störungszone, die wahrscheinlich auch die Anomalienzone von Waltensburg tangiert. Vermutlich sind noch weitere Störungen vorhanden, doch liegen keine entsprechenden Detailaufnahmen vor.

3.6.1.2 Val Plaunca

Die Anomaliengruppe befindet sich im linken Hang des etwa 800 m östlich von Schlans gelegenen Bachtobels (Val Plaunca oder Val da Schlans), auf rund 1300 m ü.M.
Das ziemlich zerrüttete und verschieferte, vermutlich z.T. auch versackte Nebengestein besteht hauptsächlich aus dunkelgrauen, schiefrigen Metasandsteinen und Phylliten, welche vor allem im oberen Teil zentimeterdicke Lagen und Linsen von Karbonaten enthalten. Östlich des Tobels finden sich auch einige Aufschlüsse von Quarzporphyren und «Keratophyren».
Über den grauen Schiefern und Phylliten liegt triadische Rauhwacke, welche am Crap da Plaid eine über 100 m hohe Felswand bildet. Das Gestein ist sehr stark zerrüttet und zerfällt leicht in Schollen und Blöcke, die kleinere Bergstürze bilden, welche örtlich bis in die Talsohle des Vorderrheins hinunterreichen.
Der Gesteinszustand sowie die morphologischen und geologischen Gegebenheiten sprechen nach Ansicht des Verfassers dafür, dass es sich eher um eine abgeglittene Gesteinsmasse als um Anstehendes handelt, wobei der Herkunftsort im Gebiet Val Miez – Val Dadens liegen könnte.
Die Lagerungsverhältnisse der Metasandsteine und Phyllite lassen sich bei den ziemlich prekären Aufschlüssen nur schlecht erkennen. Die Hauptschieferung und die Stoffgrenzen sind in den etwas verfalteten Gesteinen um N 30° orientiert und fallen generell mit 30°–40° SE ein. Daneben sind einige schief dazu verlaufende Scherzonen vorhanden.
Längs des Baches lässt sich eine steile, N bis NNE verlaufende Störungszone erkennen, welche möglicherweise mit derjenigen bei der Anomalienzone von Tiraun zusammenhängt.

3.6.2 Die Cu-Pb-Zn-Vorkommen in der Umgebung der Anomalienzone Affeier – Waltensburg

Die Anomaliengruppe unterhalb Affeier liegt in der näheren Umgebung eines kleinen Kupfervorkommens, in welchem früher – zuletzt in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts – ein bescheidener Bergbau betrieben wurde. Einige radiometrische Anomalien wurden auch in den alten Grubenbauten selbst gefunden.
Nach den Untersuchungen von Staub (1983) besteht der Erzkörper aus einem etwa 1–10 cm mächtigen Hauptgang mit vielen kleinen Seitentrümern. Im Mittel streicht er um N 160° und fällt mit 30° SW ein, während die entsprechenden Werte für die Schieferung des Nebengesteines bei N 75° und 22° SE liegen.
Erzmineralien sind Fahlerz, Kupferkies, Pyrit und Goethit sowie sekundäre Kupfermineralien. Die Gangart besteht hauptsächlich aus Quarz, dazu wenig Baryt, Karbonate, Feldspat und Hellglimmer. Die Uranmineralien liegen im Nebengestein, und es scheint kein direkter Zusammenhang zwischen ihnen und den Kupfermineralien zu bestehen.
Im Val Schmuer, etwa 1,5 km nördlich der Anomalienzone von Waltensburg, befindet sich ein kleines Vorkommen von Kupferkies, Bleiglanz, Arsenkies und Pyrit sowie etwas Fahlerz und Bornit in grünlichen Serizitgneisen und -schiefern des Verrucano. Nach Friedländer (1930) besteht das Vorkommen z.T. aus Adern von Kupferkies und Bleiglanz, z.T. aus lokalen linsen- und taschenförmigen Anreicherungen der oben genannten Mineralien, die möglicherweise mit schmalen Fahlbändern verknüpft sind.

Bei Rueun, etwa 2 km östlich der Anomalienzone von Waltensburg, liegt auf dem rechten Ufer des Vorderrheins ein kleines Vorkommen von Zinkblende und Bleiglanz mit untergeordnet Kupferkies, Fahlerz und Argentit in Form von dünnen Adern und Lagen in Serizitphylliten des Verrucano.

3.6.3 Die Uranmineralisation

In der Anomalienzone von Affeier ist nach den Untersuchungen von STAUB (1983) eine äusserst feinkörnige Pechblende vorwiegender Uranträger; dazu kommen etwas Brannerit und als Begleitmineral Pyrit. Die Uranmineralien treten in schmalen, schieferungsparallelen Lagen auf, in welchen sie meist kleine linsen- oder nestförmige Aggregate bilden.
In der Anomalienzone von Waltensburg findet sich die Pechblende in schwach metamorphen Konglomeraten und Brekzien, z.T. diffus verteilt, z.T. auf Korngrenzen und auf Geröllen oder in feinen Rissen.
In den Bohrungen bei Waltensburg verteilt sich die Uranmineralisation auf mehrere schmale subparallele Linsen, deren gegenseitige Lage sich von einer Bohrung zur andern etwas verschiebt. In den drei Kernbohrungen variiert die Mächtigkeit der Linsen zwischen 30 und 70 cm.
In der insgesamt etwa 200–300 m mächtigen Konglomeratserie treten die uranführenden Linsen innerhalb einer etwa 50 m mächtigen Zone auf, die aber keine besonderen lithologischen Merkmale zeigt, welche sie von den nicht uranführenden Partien unterscheiden würde.
Im Val Plaunca bei Schlans besteht die Uranmineralisation aus feinkörnigem sekundärem Torbernit ($Cu[UO_2 \mid O_4]_2 \cdot 8\text{-}12\ H_2O$), der ziemlich unregelmässig in einem verschieferten muskovit- und chloritführenden Metasandstein verteilt ist; Begleitmineralien sind Covellin, Hämatit und Bornit (Jahresbericht 1976 des Konsortiums BEMINAG/Elektrowatt).
Im Gelände scheint die Mineralisation an Schieferungs- und Scherzonen und nicht an einen bestimmten stratigraphischen Horizont gebunden zu sein.

3.6.4 Diskussion der Metallotekte

In den Anomalienzonen von Affeier und Waltensburg sind in den bisherigen Untersuchungen keine lithologischen Unterschiede zwischen den uranführenden und den übrigen Partien der Metakonglomeratserie festgestellt worden. Im einzelnen scheint die Uranmineralisation bevorzugt in stärker verschieferten und zerscherten Zonen aufzutreten. Dies gilt auch für die Mineralisation im Val Plaunca. Eigentliche, gut definierbare lithologische oder strukturelle Metallotekte lassen sich aber nicht erkennen.

3.6.5 Urangehalte und Abschätzung der Ressourcen

Einige Anhaltspunkte über die Urangehalte in der Mineralisationszone bei Waltensburg liefern die drei Kernbohrungen, in welchen ein mittlerer Urangehalt von rund 500 ppm bezogen auf eine mittlere Mächtigkeit der einzelnen Linsen von 50 cm festgestellt wurde. Für die beiden anderen Anomalienzonen liegen keine entsprechenden Daten vor.
Bei Waltensburg lässt sich nur der Uraninhalt für den Sektor, welcher mit den drei Kernbohrungen und acht Vollbohrungen erfasst wurde, einigermassen abschätzen. Die Einflussfläche der Bohrungen ist etwa 300 m lang und 75 m breit. In den einzelnen Bohrlöchern sind je 2–6 uranführende Intersektionen gefunden worden; die durchschnittliche Gesamtmächtigkeit beträgt 1,3 m, der Durchschnittsgehalt 500 ppm U. Aus diesen Werten und dem Raumgewicht von 2,5 t/m^3 ergibt sich der Schätzwert von rund 40 t U für den möglichen geologischen Uraninhalt in der Einflusszone der Bohrungen.
Was allfällige zusätzliche Ressourcen anbelangt, so haben die Ergebnisse von vier weiteren Bohrungen gezeigt, dass die Mineralisation gegen Norden entweder ganz aussetzt oder nur noch in weit auseinanderliegenden Linsen vorhanden ist.
Gegen Westen ist eine Fortsetzung der Mineralisation innerhalb eines schmalen Streifens nicht ausgeschlossen, doch sind kaum grössere zusätzliche Ressourcen zu erwarten.

3.7 Die Anomalienzone im oberen Weisstannental

Das Weisstannental zieht sich aus der Gegend von Sargans-Mels über etwa 16 km Länge gegen SW hin; die Anomalien liegen am Bergkamm, welcher das Tal gegen SW abschliesst. Sie wurden bei der systematischen radiometrischen Prospektion entdeckt, welche der «Arbeitsausschuss Atombrennstoffe» in den Jahren 1967–73 im Glarner und St. Galler Verrucano durchführte. Die interessanteste Anomaliengruppe befindet sich auf dem «Oberen Plattnerboden», am Augst-Chamm, auf rund 2000 m ü.M. Neben detaillierten radiometrischen Aufnahmen und Emanationsmessungen wurden hier auch einige kleine Schürfgräben erstellt.

3.7.1 Geologischer Rahmen

Die Anomaliengruppe liegt etwa 40–50 m oberhalb der «Glarner Hauptüberschiebung» in den basalen konglomeratischen Gneisen und Schiefern des Verrucano. Das Liegende der etwa 15° NW einfallenden Überschiebungsfläche bilden helle Kalke, die in den obersten 2–3 m stark zertrümmert und mylonitisiert sind («Lochseitenkalk»). Unter den etwa 15 m mächtigen Kalken folgt eine mächtige kretazisch-tertiäre Flyschserie.
Die in der Literatur als «Plagioklasgneis» bezeichnete konglomeratische Basis des Verrucano ist etwa 50 m mächtig und gliedert sich durch 4–6 eingelagerte schiefrige und zum Teil mylonitisierte Horizonte in mehrere Bänke. Nach den Untersuchungen von BURKHARD (1982) besteht das Gestein in der Umgebung der Anomalien im wesentlichen aus vulkanischen, rhyodazitischen und andesitisch-basaltischen Komponenten. Der Mineralbestand ist: Chlorit, Hellglimmer (z.T. Serizit), Quarz, Albit, wenig Epidot und stellenweise Kalzit und Erze.
Das metasomatisch und metamorph überprägte, alpin tektonisierte Gestein wird definiert als ein praktisch vollständig albitisierter Pyroklastit – ein Lapilli-Tuff-Agglomerat bis Brekzie – mit einem ursprünglich rhyodazitisch bis andesitisch-basaltischen Chemismus.
Gegen das Hangende geht das Gestein in meist graugrüne Serizit-Chloritschiefer und -phyllite über («Mären-Serie»). Nach BURKHARD (1982) dürfte es sich dabei ur-

sprünglich um verschwemmte Aschentuffe und Tuffite handeln.
Die beiden Gesteinsserien liegen ziemlich flach; die Schieferung ist subhorizontal bis etwa 10° gegen ESE einfallend. In der Nähe der Anomalien wurden (ausser der Hauptüberschiebung) keine grösseren Störungen beobachtet.

3.7.2 Die Uranmineralisation

Träger des Urans sind nach BURKHARD (1982) und ENGI (1974) hauptsächlich Pechblende, dann Brannerit ($[U,Ca,Th,Y][Ti,Fe]_2O_6$), Tantal-Pyrochlor ($[Na,Ca]_2[Ta,Nb,Ti]_2O_6[O,OH,F]$) und sekundäre Uranmineralien (Meta-Autunit II ($Ca[UO_2PO_4]_2$, Uranophan ($CaH_2[UO_2 \mid SiO_4]_2 \cdot 5H_2O$), Vandendriesscheit ($4[UO_2 \mid (OH)_2] \cdot Pb(OH)_2 \cdot H_2O$) und Marthozit ($Cu[(UO_2)_3 \mid (OH)_2 \mid (SeO_3)_3]$).
Häufigste Begleiter der Uranmineralien sind Kupferkies, Pyrit, Hämatit und damit verbundene Fe-Hydroxide sowie Bornit, Covellin, Kupferglanz, Neodigenit, Malachit und Brochantit. Weitere Begleitmineralien (meist in den Geröllen enthalten) sind Ilmenit, Magnetit, Bleiglanz, Arsenopyrit, Tetraedrit, Rutil, Anatas und Pseudobrookit.
Die Uranmineralien finden sich zum Teil in der Chlorit-Serizit-Matrix oder am Rande von Geröllen, zum Teil in den Geröllen selbst und dann vorwiegend netzartig oder in kleinen Nestern innerhalb der dazitischen Komponenten. Im Gelände ist die Uranmineralisation im oberen Drittel der Metakonglomerate lokalisiert, zum grössten Teil in den obersten 5 m.

3.7.3 Diskussion der Metallotekte

Das oberste Niveau der basalen Konglomerat-Serie kann, wenigstens lokal, als Metallotekt betrachtet werden. Da es sich in seiner Beschaffenheit kaum von den nicht uranführenden Konglomerathorizonten unterscheidet, ist seine Eigenschaft als Mineralisationsträger vielleicht vorwiegend seiner Lage am Kontakt mit den schiefrigen und phyllitischen Gesteinen der Märenserie mit wesentlich anderen Permeabilitätsverhältnissen zuzuschreiben.
Es sind keine strukturelle Metallotekte beobachtet worden.

3.7.4 Urangehalte und Abschätzung der Ressourcen

Urangehalte wurden nur an ausgewählten Pickproben (Handstückgrösse) bestimmt. Aus neun Proben wurden mit dem Gammaspektrometer Werte zwischen 245 ppm eU und 2,8 % eU erhalten.
Der Uraninhalt der subhorizontalen, plattenförmigen Vererzung wurde von ENGI (1974) auf 6–14 t U (als mögliche geologische Ressourcen) geschätzt, wobei ein mittlerer Urangehalt von 1000 ppm U angenommen wurde. Der tatsächliche Durchschnittsgehalt dürfte allerdings bedeutend niedriger liegen.
Die basale Konglomeratserie setzt sich vom Oberen Plattenboden, in allerdings meist schlechten Aufschlüssen, nach Norden und nach Westen fort. Bei der ziemlich detaillierten radiometrischen Prospektion des höffigen Gebietes wurde aber nur eine einzige weitere Anomaliengruppe gefunden. Sie befindet sich oberhalb der Alp Obersiezäss, etwa 1200 m nördlich der Anomalienzone des Oberen Plattenbodens, in der gleichen stratigraphisch-tektonischen Lage. Die Anomalienwerte sind jedoch niedriger, und die Ausdehnung der Zone scheint geringer zu sein.
Nach diesen Ergebnissen ist anzunehmen, dass sehr wahrscheinlich im Gebiet nur vereinzelte, kleinere Mineralisationszonen vorhanden sind und demnach keine zusätzlichen Ressourcen von praktischer Bedeutung erwartet werden können.

3.8. Untersuchungsgebiet Mürtschenalp

Das Hauptuntersuchungsgebiet liegt auf der Westseite des Murgtales, ungefähr 5–8 km südlich des Walensees, zwischen rund 1500 m und 2200 m ü.M. Im Gebiet befinden sich mehrere kleinere Kupfervorkommen.
Der Fund eines stark radioaktiven Kupfererzstückes auf der Halde eines alten eingestürzten Sondierstollens im Grossen Chalttal durch K. Bächtiger gab den Anlass zur weiteren Prospektion des Gebietes. Durch die Eisenbergwerke Gonzen AG, Sargans, Inhaberin der Schürfrechte ab 1958, wurden ein etwa 12 km^2 grosses Gebiet radiometrisch kartiert, zwei Schürfschlitze angelegt und der erwähnte Sondierstollen in zwei Etappen (1958 und 1967) wieder teilweise freigelegt. 1967–73 wurde die radiometrische Prospektion auf das ganze Gebiet des Glarner und St. Galler Verrucano ausgedehnt («Arbeitsausschuss Atombrennstoffe»).

3.8.1 Geologischer Rahmen

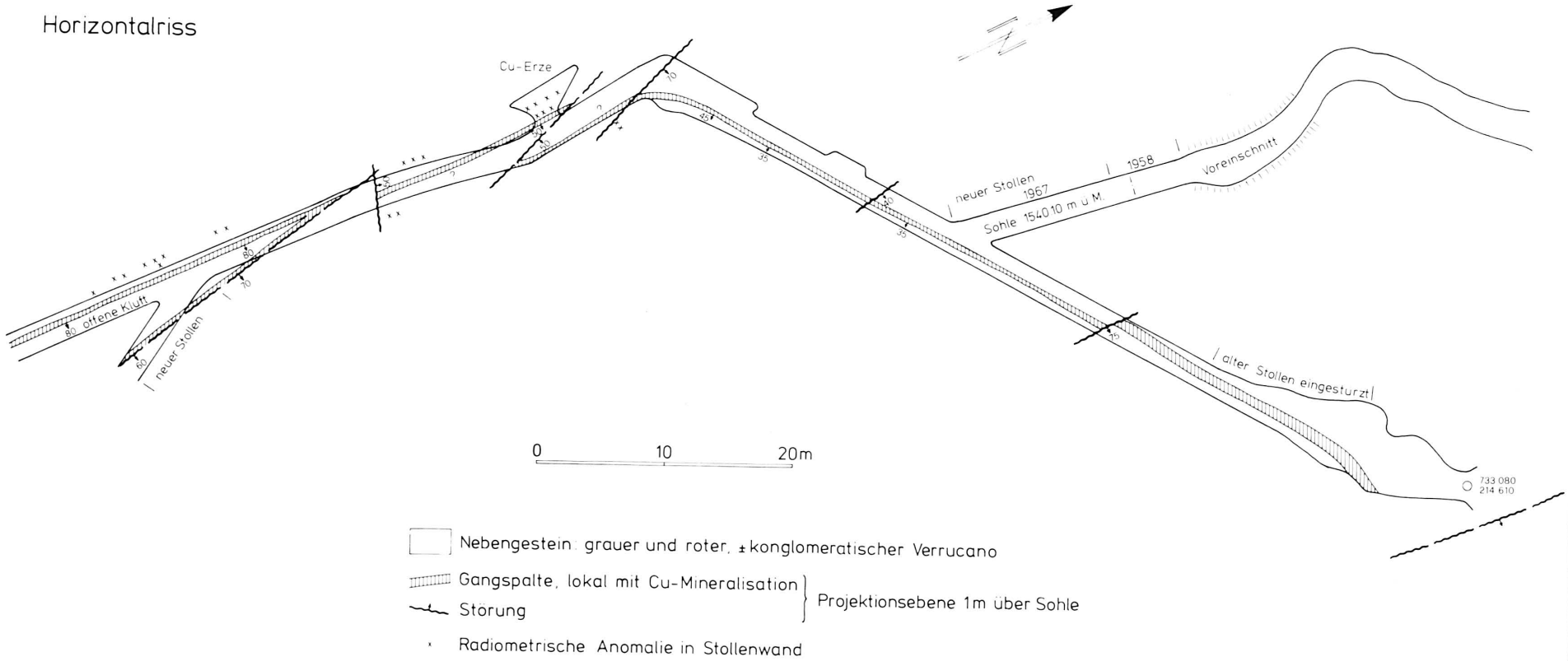
Die Anomalien konzentrieren sich nach EPPRECHT (1966) hauptsächlich auf einen etwa 1 km breiten und in Richtung NE–SW 4,5 km langen, in der Nordabdachung des Hochmättli gelegenen Geländestreifen. Aus neuen Untersuchungen geht hervor, dass auch auf der Ostseite des Murgtales zahlreiche stärkere, meist aber nur punktuelle Anomalien vorhanden sind. Sie liegen zum grössten Teil in einem etwa 600 m langen (in Richtung N–S) und 300 m breiten, zwischen 1700 m und 1900 m ü.M. befindlichen Areal, dessen Schwerpunkt ungefähr bei den Koordinaten 215 000/734 550 liegt (RYBACH, 1968).
Die Anomalien treten vorwiegend in Konglomeraten («Sernifit») und örtlich in pelitischen bis psammititschen roten Schiefern («Schönbühlschiefern») des zu den Glarner Schubmassen (Helvetische Decken) gehörenden Verrucano auf. Über dem Verrucano folgen am nordöstlichen Rande des Anomalienstreifens triadische Sandsteine (Melser Sandstein), zum Teil mit dünnen Einlagerungen von leicht radioaktiven, schwarzen, bituminösen Schiefern und Dolomiten.
Die Komponenten des brekziösen bis konglomeratischen Sernifits bestehen aus Mikroklingranit, Quarzporphyr, Spilit, Quarzkeratophyr, schwarzem, bituminösem Quarzit, Hornstein und selten Kalk.
Die Gesteinsformationen fallen in der Anomalienzone generell nach NW; im oberen, südwestlichen Teil liegen sie ziemlich flach (5°–25°), während sie im unteren Teil durch Flexuren stärker abtauchen. Morphologisch treten hauptsächlich zwei Systeme von Querbrüchen als weitere

Fig. 25

SONDIERSTOLLEN GROSSES CHALTTAL (MÜRTSCHENALP)

(nach W. Müller und eigenen Aufnahmen)

Horizontalriss



Strukturelemente in Erscheinung, das eine verläuft ungefähr in Richtung N–S, das andere ungefähr NW–SE.
Das N-S-System besteht aus älteren (vertikalen) krummflächigen Zerrüttungszonen und aus jüngeren, ausgesprochen geradlinig verlaufenden Verwerfungen. Das NW-System besteht vorwiegend aus etwa 40°–60° NE einfallenden Klüften und Störungszonen. Daneben existieren noch Längsbrüche sowie ein System von ungefähr NE streichenden Klüften und Störungszonen mit generell SE-Einfallen.

3.8.2 Die Kupfervorkommen im Gebiet der Mürtschenalp

Im Raum der Mürtschenalp sind mehrere kleinere Kupfervorkommen bekannt. Die zwei wichtigsten liegen am nordwestlichen Rand der Anomalienzone, unterhalb der Alp Tschermannen. Sie wurden im Mittelalter und hauptsächlich in den Jahren 1849-1865 in der Grube «Erzbett» und in der «Hauptgrube» abgebaut.
Die Kupfermineralisation tritt z.T. in ein bis zwei Gängen, z.T. in verändertem Sernifit («graues Gebirge») auf. Die etwa 10 bis 50 cm mächtigen, von vielen Nebentrümern begleiteten Gänge streichen etwa N 60°–70° und fallen ungefähr mit 30° SSE ein. Gangmineralien sind hauptsächlich Dolomit und Quarz. Der vererzte Sernifit ist charakterisiert durch eine weitgehende Serizitisierung der Feldspäte, ausser Mikroklin, und durch die Neubildung von Chlorit und Quarz (Bächtiger, 1963).
Nach Bächtiger (1963) besteht die Erzparagenese aus Bornit, Kupferkies, Kupferglanz, Fahlerz, Covellin, Pyrit, Hämatit, Molybdänglanz, gediegen Silber, Bleiglanz, Betechtinit ($Pb_{21}[Cu,Fe]_{21}S_{15}$), Wittichenit ($Cu_3BiS_3$), Wismutglanz, Stromeyerit (AgS), Malachit, Azurit und Fe-Hydroxiden.
Einzig im Vorkommen grosses Chalttal wurden zusammen mit der Kupfermineralisation auch Uranmineralien (Pechblende, Brannerit ($[U,Ca,Th,Y][Ti,Fe]_2O_6$), sekundäre Uranmineralien) gefunden.

3.8.3. Die Uranmineralisation

Träger des Urans sind nach Bächtiger (1963) vorwiegend Pechblende, dann Parapechblende, Brannerit und sekundäre Uranmineralien, namentlich Torbernit. Ihr weitaus häufigster Begleiter ist Pyrit (z.T. Melnikovit-Pyrit); die Paragenese besteht ferner aus Kupferkies, Fahlerz, Zinkblende, Bleiglanz, Arsenkies, Bravoit ($[Ni,Fe,Co]S_2$), Millerit (NiS), Linneit, Blei-Sulfosalz (?), Rutil und Anatas. Dazu wurden im alten Sondierstollen «Chalttal» noch etwas Hämatit, Graphit und Molybdänglanz gefunden (Bosshart, 1969).

Nach den bisherigen Untersuchungen liegt die interessanteste Anomalienzone innerhalb des erwähnten «Uranstreifens» beim «Chline Walechengel», nördlich des grossen Hochmättli, etwa zwischen 1970 und 2070 m ü.M. Sie ist ungefähr 300 m lang und gliedert sich in 12 Teilzonen auf, von denen die grösste im Ausbiss etwa 35 m lang und 15 m breit ist.
Die Anomalien folgen einer etwas krummlinig, insgesamt N–S verlaufenden, aus einer Schar von Parallelbrüchen bestehenden steilen Zerrüttungszone. Die Uranmineralien sind z.T. als Imprägnationen in Ruschelzonen enthalten, welche die N–S streichenden Brüche begleiten, z.T. in etwa N 40°–60° streichenden und 50°–60° SE einfallenden Klüften (wobei die stärksten Mineralisationen an den Kreuzungsstellen mit den N-S-Brüchen auftreten) oder als Imprägnation im meist pyritreichen Sernifit.
Östlich des Chline Walechengels zeichnen sich zwei weitere uranführende, ungefähr N–S verlaufende Bruchzonen ab; sie sind etwa 1 km bzw. 2 km davon entfernt. In der zweiten Bruchzone liegt der wieder zugänglich gemachte alte Sondierstollen, in welchem längs einer N–S verlaufenden und 80° E einfallenden Verwerfung einige Stellen mit Uranmineralien gefunden wurden.

3.8.4 Diskussion der Metallotekte

Nach Epprecht (1966) treten die stärksten Anomalien innerhalb des «Uranstreifens» stets in der Nähe von ungefähr N–S streichenden, steilen Bruchzonen auf. Die wichtigsten Anomaliengruppen halten sich zudem auch an flacher liegende, grösstenteils NE streichende Klüfte, wobei die Kreuzungsstellen mit den N-S-Brüchen für die Bildung von Uranmineralisationen besonders günstig sind.
Gewisse N-S-Bruchzonen und NE-Klüfte scheinen demnach im Gebiet der Mürtschenalp wichtige Metallotekte für die Uranmineralisation zu sein. Möglicherweise ist auch noch die Gesteinsbeschaffenheit von einiger Bedeutung, in dem Sinne, dass die Urankonzentrationen sich vorwiegend oder ausschliesslich im Interferenzbereich der N-S-Brüche mit bestimmten Gesteinshorizonten oder -typen gebildet hätten.

3.8.5 Abschätzung der Ressourcen

W. Epprecht (Bericht 1959) schätzte den Uraninhalt der im Gebiet Mürtschenalp–Murgsee bekannten 74 Erzlinsen auf insgesamt rund 80 t U, wobei er einen mittleren Urangehalt von 0,17% U annahm.

4. ANGABEN ÜBER WEITERE ANOMALIENGRUPPEN UND URANMINERALISATIONEN

In der Übersichtskarte 1:500 000 (Tafel I) ist neben den oben beschriebenen wichtigeren Uranvererzungen noch die Lage von weiteren Anomaliengruppen und Uranmineralisationen eingetragen. Da ihnen keine praktische Bedeutung zugemessen wird, werden sie im folgenden nur summarisch behandelt. Weitere Informationen können den jeweils angeführten Publikationen und Berichten entnommen werden.

4.1 Radiometrische Anomalien in Sedimenten permischen oder oberkarbonischen Alters

Radiometrische Anomalien wurden in den folgenden geologischen Einheiten und Formationen festgestellt:

4.1.1 Mulde von Salvan–Dorénaz (Aiguilles-Rouges-Massiv)

Im Gebiet von Salvan–Dorénaz–Alesse wurden an mehreren Stellen schwächere, punktuelle, örtlich auch flächenmässig auftretende, radiometrische Anomalien in Tonschiefern des Karbons gefunden. Ferner wurde erhöhte Radioaktivität auf grössere Ausdehnung im Anthrazit in der ehemaligen Mine La Méreune oberhalb von Alesse festgestellt.
Unterlagen: Berichte PUSTAZERI und BLANC (1966), LABHART und MÜLLER (1972) und LABHART (1976).

4.1.2 Bernhard-Decke (oder Mischabel-Siviez-Decke)

Anomaliengruppe von Valsorey

Die Anomalien finden sich zum Teil in dem etwa 2 km SSE von Bourg-St. Pierre (an der Strasse zum Grossen-St.-Bernhard-Pass) gelegenen Freilaufstollen Valsorey–Staubecken Lac des Toules, zum Teil an der Oberfläche, etwa 300 m über dem Stollen, im Gebiet der Alp Tsalevey.
Sie sind an einige dünne Lagen in einem etwa 20 m mächtigen Paket von verschieferten graphit- und karbonatführenden Metasandsteinen und Phylliten gebunden. Nach DE QUERVAIN (1973) sind Pechblende und wenig Brannerit als radioaktive Mineralien vorhanden. Begleitmineralien sind hauptsächlich Pyrit, Arsenkies und Graphit, dazu akzessorisch Magnetkies, Rutil, Kupferkies, Markasit, Zinkblende, Bleiglanz, Fahlerz, Boulangerit und Ilmenit.
Unterlagen: QUERVAIN (1973), Bericht LEU (1960).

Anomalien im Gebiet Mont-Noble–Val de Réchy

Der Mont Noble befindet sich 10 km ESE von Sitten; das obere Val de Réchy liegt an seiner Ostflanke. Etwa 700–1000 m SE des Gipfels, zwischen 2300 und 2600 m ü. M., wurden in detritischen Metasedimenten mehrere, meist aber nur schwächere radiometrische Anomalien gefunden.
Nördlich davon, oberhalb des Punktes 2024 (Koordinaten 604 275/118 850), zeigt ein konglomeratischer Metasandstein über mehrere Meter Länge eine stark erhöhte Radioaktivität, jedoch ohne sichtbare Uranmineralisation.
Hingegen wurden bei der etwa 250 m NE davon gelegenen Lokalität «Artillon» (Pt. 1832) Pechblendeknauern in zwei Blöcken von verfalteten konglomeratischen Metasandsteinen gefunden.
Unterlagen: Berichte BIANCONI (1971) sowie CAVALLI und MOIX (1982)

4.1.3 Urseren-Mulde

Östlich von Andermatt, in der Nähe der Oberalp-Passstrasse, wurden einige stärkere punktuelle Anomalien in Metasandsteinen gefunden. Oberhalb der Rossbodenalp weist eine schichtparallele Zone von mehreren hundert Meter Länge in quarzitischen Gesteinen zahlreiche schwächere und einige starke punktuelle radiometrische Anomalien auf.
Zahlreiche schwache Anomalien finden sich auch in einer etwa 2 km langen Zone östlich von Realp, entlang der Furkareuss, in Phylliten und Metasandsteinen (auf der Übersichtskarte nicht eingetragen).
Unterlagen: Berichte HANSEN (1971) und LABHART (1973b).

4.1.4 Ilanzer Verrucano–Umgebung von Siat

Einige punktuelle Anomalien wurden beim Dorf Siat, unterhalb der Ruine Friberg, in verquarzten Ruschelzonen in Metakonglomeraten festgestellt.
Eine Gruppe von stärkeren Anomalien findet sich nördlich vom Dorf, am Weg zum Punkt 1823.7, etwa zwischen 1740 und 1760 m ü. M. Sie scheinen an eine N–S verlaufende, quarzreiche Störung in Metakonglomeraten gebunden zu sein.
Unterlagen: Bericht HANSEN (1971), eigene Beobachtungen.

4.1.5 Helvetische «Verrucano-Decken» in den Kantonen Glarus und St.Gallen

Neben den oben beschriebenen Uranmineralisationen in den Gebieten der Mürtschenalp (und ihrer Umgebung) und des Weisstannentals wurden noch zahlreiche weitere radiometrische Anomalien im Verrucano festgestellt. Eine vollständige Auflistung mit den jeweiligen Koordi-

naten ist dem Bericht von RYBACH und AEBERLI (1973) beigefügt.
Auf der Übersichtskarte sind nur die beiden folgenden, wichtigsten Anomaliengruppen eingetragen:

Sunnehörnli (zwischen Sernftal und Krauchtal)

Mehrere radiometrische Anomalien sind in roten, hämatitführenden Tuffiten enthalten; lokal wurden sekundäre Uranmineralien beobachtet.

Kärpf-Gebiet

Im Gebiet des Kärpf, vorwiegend im NE-Grat, wurden zahlreiche, meist aber nur schwächere radiometrische Anomalien festgestellt; sie sind zum grössten Teil an Einlagerungen von sauren Vulkaniten im Verrucano gebunden.
Unterlagen: Bericht RYBACH und AEBERLI (1973), Diplomarbeit BURKHARD (1982).

4.1.6 Münstertaler Verrucano (und Ötztaler Kristallin)

Val Dora und Val Mol

Mehrere, meist aber nur schwächere radiometrische Anomalien wurden im rechten Hang des Münstertales, im Val Dora (etwa 1200 m südlich von Fuldera) und im Val Mol (2 km SE von Valchava) festgestellt. Sie finden sich im unteren Verrucano, in der Ruina-Serie, die sich aus bunt gefleckten Streifenschiefern aus vorwiegend vulkanischem Material (rhyolithisch) und grünlich-grauen Arkosen und Sandsteinen zusammensetzt.

Minschuns

Im Südhang des etwa 1,5 km nördlich von Tschierv gelegenen Minschuns (2519 m ü. M.) wurden zwei radiometrische Anomaliengruppen entdeckt. Sie finden sich an der Untergrenze einer auf mittel- und obertriadische Kalke überschobenen, aus Ötztaler–Kristallin und Verrucano bestehenden Scholle.
Es ist etwas fraglich, ob es sich beim schlecht aufgeschlossenen und zum Teil mylonitisierten psammitischen Trägergestein der Anomalien um unteren Verrucano (Ruina-Serie) oder um Kristallin handelt.
Unterlagen: Berichte RYBACH, DÖSSEGGER und MÜLLER (1971 und 1972).

4.1.7 Permische Vulkanite der Südalpen (Tessin)

Bei der 1970 durchgeführten detaillierten Prospektion in den permischen Gesteinsformationen des Sottoceneri wurde nur bei der Ortschaft Arbostora (Halbinsel von Morcote) eine erwähnenswerte radiometrische Anomaliengruppe gefunden (ungefähr bei den Koordinaten 714 000/87 540). Sie ist in einigen schlecht aufgeschlossenen Relikten des mit Tuffiten vermischten Basalkonglomerates der Vulkanit-Serie enthalten.
Unterlagen: Bericht HANSEN (1970).

4.2 Altkristallin des Aiguilles-Rouges-Massivs

Einige stärkere, punktuelle radiometrische Anomalien sind in Klüften und Spalten innerhalb von Gneisen und Schiefern des Altkristallins gefunden worden, namentlich an der Strasse Lavey–Monts de Collonges, östlich der Rhone sowie im Stollen des Kraftwerkes Salanfe.
Weitere radiometrische Anomalien wurden im Altkristallin im Bereiche der permischen Verwitterung unterhalb der autochthonen Trias festgestellt, hauptsächlich im Gebiet des Lac du Vieux Emosson und in der Umgebung des Lac de Salanfe.
Unterlagen: Bericht LABHART (1972).

4.3 Mont-Blanc-Massiv

Im schweizerischen Teil des Massivs wurden nur zwei schwach mineralisierte Bruchzonen in den Stollen der Kraftwerke Emosson gefunden, und zwar die eine in der östlichen Randfazies des Granits, die andere in den angrenzenden Quarzporphyren.
Unterlagen: Berichte LABHART (1970 und 1976).

4.4 Aarmassiv

Gasterngranit

In der Umgebung des Lötschenpasses wurde im teilweise durch die permische Verwitterung veränderten Gasterngranit längs eines etwa N–S verlaufenden Geländestreifens mehrere radiometrische Anomalien festgestellt; sie finden sich zum Teil in einer parallel dazu verlaufenden Bruchzone mit Brekzienbildung, zum Teil in Rissen.
Eine weitere Gruppe von schwächeren, meist in Rissen auftretenden Anomalien liegt etwa 2 km östlich des Passes.

Zentraler Aaregranit

Einige punktuelle Anomalien sind im Gebiet der Grimsel-Passstrasse gefunden worden.
Unterlagen: Berichte LABHART (1972, 1973, 1976).

4.5 Bergeller Granit

Im Druckstollen Albigna–Murtaira der Bergeller Kraftwerke wurden mehrere radiometrische Anomalien in Klüften und Mylonitzonen des Bergeller Granits festgestellt, die durch sekundäre gelbe und rötliche Uranmineralien verursacht werden. Bei der Prospektion an der Oberfläche wurden nur einige schwache, hauptsächlich an Aplit- und Pegmatitgänge gebundene radiometrische Anomalien gefunden.
Unterlagen: Berichte COLOMBI (1959) und RYBACH, DÖSSEGGER, MÜLLER (1973).

4.6 Leventina-Decke

Pegmatit von Lodrino (in Tafel I nicht aufgeführt)

In zwei zwischen den Ortschaften Lodrino und Iragna gelegenen Steinbrüchen wurde 1965 ein reichhaltiges Mineralienvorkommen entdeckt, welches insbesondere auch Brannerit in guter kristallographischer Ausbildung enthält.
Die Mineralien treten in Kalifeldspat-Pegmatiten, Quarzadern und Klüften im Leventina-Granitgneis auf.
Unterlagen: BIANCONI und SIMONETTI (1967).

4.7 Suretta-Decke

Val Niemet (Avers GR)

Im Druckstollen Valle di Lei–Ferrera der Kraftwerke Hinterrhein wurden rund 530 m südlich des Wasserschlosses Innerferrera einige stärkere radiometrische Anomalien registriert. Sie finden sich in Ruschelzonen in triadischen Dolomitmarmoren, welche als tektonischer Keil in dem hier aus Rofnaporphyren bestehenden Kristallin der Suretta-Decke eingeklemmt sind.
Erzmikroskopische Untersuchungen haben ergeben, dass in den Ruschelzonen etwas Pechblende vorhanden ist, welche von Pyrit, Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies, Bornit, Covellin, Kupferglanz und Molybdänglanz begleitet wird.
Unterlagen: DIETRICH et al. (1967).

4.8 Schamserdecken

Alp Taspegn

In dem Pb-Zn-Ag-Vorkommen auf der etwa 3 km östlich von Zillis (Hinterrheintal) gelegenen Alp Taspegn wurde lokal erhöhte Radioaktivität festgestellt, die zusammen mit Pyritanreicherungen entlang von Schieferungsflächen auftritt.
Das Nebengestein besteht aus mylonitisiertem «Taspinit», einem alpin-metamorph überprägten Muskovit-Alkalifeldspat-Augengneis.
Unter dem Erzmikroskop liessen sich keine Uranmineralien erkennen; mit der Elektronenmikrosonde konnte aber Uran intergranular zwischen Zinkblende- und Quarzkörnern lokalisiert werden.
Unterlagen: SOMMERAUER (1972).

4.9 Unterostalpin

Alp Laret

Im Gebiet der etwa 1 km nordöstlich von St. Moritz gelegenen Alp Laret wurden in einem verrutschten Felskopf und in Blöcken unterhalb des Felsens mehrere radiometrische Anomalien registriert. In einem der Blöcke liessen sich makroskopisch sekundäre Uranmineralien neben Fluorit, Malachit und Azurit erkennen.
Geologisch gehört das Nebengestein zu der zwischen dem Kristallin der Err-Decke und demjenigen der Bernina-Decke liegenden «Sedimentzone von Samaden».
Unterlagen: Bericht RYBACH ET AL. (1973), LABHART (1971).

5. ZUSAMMENFASSENDER ÜBERBLICK

Die meisten radiometrischen Anomalien und Uranmineralisationen, welche bei den in den Schweizer Alpen 1957–84 durchgeführten Prospektionsarbeiten entdeckt wurden, konzentrieren sich auf eine relativ schmale Zone, die sich aus der Gegend von Martigny längs der Täler der Rhone und des Vorderrheins (mit Einschluss einiger Seitentäler) gegen Ilanz und von dort in das obere Weisstannental und ins Murgtal erstreckt.
Die interessantesten Mineralisationen wurden in den Gebieten Finhaut–Salvan, Col des Mines–Val de Nendaz und Trun–Schlans festgestellt. Zahlreiche, teilweise auch ziemlich starke radiometrische Anomalien finden sich ferner in den Gebieten St. Niklaus–Zeneggen, Naters, Affeier–Waltensburg, oberes Weisstannental und Mürtschenalp. In all den genannten Gebieten wurden mehr oder weniger ausgedehnte Detailuntersuchungen unternommen.
Die Mineralisationen treten in den folgenden Gesteinsformationen und Lagerungsformen auf:

- Permokarbonische, z.T. metamorphe Sandsteine, Konglomerate und Schiefer im Verrucano (helvetische Decken) und in der penninischen Bernhard-Decke (auch «Siviez–Mischabel-Decke» genannt). Die Urankonzentrationen sind vorwiegend an bestimmte Gesteinstypen und -horizonte gebunden, zum Teil auch an Klüfte und Störungszonen (Mürtschenalp, Weisstannental, Affeier–Waltensburg, St.Niklaus–Zeneggen, zum Teil Col des Mines–Val de Nendaz).
- Muskovit-(Chlorit-)Albitgneise der Bernhard-Decke. Die Mineralisation ist vorwiegend parallel zur Schieferung angeordnet, zum Teil liegt sie in Klüften und Störungszonen (Col des Mines–Le Fou–Grand Alou).
- Muskovit-Chloritgneise und Phyllite des Tavetscher Zwischenmassivs. Die Mineralisation ist vorwiegend schieferungsparallel, zum Teil liegt sie in Klüften und Störungszonen (Dalisch–Acla Martin–Tiraun bei Trun).
- Muskovit-Biotitgneise im südlichen Altkristallin des Aarmassivs. Die Mineralisation ist annähernd schieferungsparallel (Naters).
- Vallorcine-Granit des Aiguilles-Rouges-Massivs. Die Urankonzentrationen liegen in porösen Gesteinspartien (wahrscheinlich sogenannter «Episyenit») längs Störungszonen (Balayé ob Finhaut) und gehören dem intragranitischen Typ an.
- Biotitgneis im Altkristallin des Aiguilles-Rouges-Massivs. Die Urankonzentrationen liegen in tektonischen Brekzienzonen und mylonitisierten Störungszonen (La Creusa) und gehören dem peribatholithischen Typ an.

Die Urankonzentrationen treten in ähnlichen Gesteinsformationen auf wie diejenigen der umliegenden Länder. Insbesondere sind auch in den österreichischen und in den italienischen Alpen zahlreiche Uranvererzungen in permokarbonischen schwach metamorphen Sandsteinen und Schiefern bekannt, wie beispielsweise das Vorkommen von Forstau (Salzburg) oder das kürzlich entdeckte Vorkommen im Val Vedello (Veltlin). Des weiteren liegen mehrere Uranlagerstätten des französischen Zentralmassivs in herzynischen Graniten oder in ihrer näheren Umgebung.
Die schweizerischen Uranvorkommen lassen sich somit hinsichtlich des Vererzungstypes wie auch ihres geologischen Rahmens zwangslos in den europäischen Urangürtel eingliedern, der sich von Portugal über Spanien, Frankreich, Italien und Österreich bis nach Jugoslawien erstreckt.

Wie das bei vielen Vorkommen des europäischen Urangürtels der Fall ist, sind auch die meisten Mineralisationszonen in den Schweizer Alpen sehr wahrscheinlich bereits im Perm oder Oberkarbon angelegt worden. Im Zuge der alpinen Gebirgsbildung sind sie und ihre geologische Umgebung aber durch tektonische Vorgänge und Prozesse der Metamorphose weitgehend umgestaltet worden. Dabei haben nicht nur Kataklase, Zerscherung und Verschieferung von bereits bestehenden, sondern auch die Bildung von neuen Mineralkonzentrationen durch Remobilisationsvorgänge stattgefunden.
Da das heutige Erscheinungsbild der Vorkommen hauptsächlich durch diese Vorgänge gestaltet wurde und die Charakteristiken der primären Mineralisation meist kaum mehr erkennbar sind, handelt es sich als Typ um alpinmetamorph überprägte Uranlagerstätten.
Der Grad der alpinen Metamorphose der Nebengesteine entspricht dabei im allgemeinen demjenigen der Grünschiefer-Fazies oder der Anchizone.
Was die Metallotekte im Rahmen der gesamten Uranzone anbelangt, so ist der Interferenzbereich von N–S mit NE verlaufenden Strukturen und seine nähere Umgebung ein bevorzugter Ort für das Auftreten von Mineralisationszonen. Dies scheint bei den folgenden Mineralisationszonen der Fall zu sein:

- Mürtschenalp (N–S-Bruchzonen, NE-Planargefüge);
- Trun–Tiraun (Umbiegung der lithologischen Grenzen und der Hauptschieferung von NE nach N-S, verstärkt durch N–S-Verwerfungen);
- Col des Mines–Grand Alou (Umbiegung der lithologischen Grenzen und der Hauptschieferung von N–S nach NE bis ENE, verstärkt durch NE-Störungszonen);
- La Creusa (Interferenz von N–S-Störungen mit NE-Mylonitzonen, welche das Erscheinungsbild dominieren).

Innerhalb der einzelnen Mineralisationszonen haben offensichtlich gewisse N–S verlaufende Brüche und Spalten das Auftreten von stärkeren Anomalien und Uranvererzungen begünstigt. Dies kommt deutlich zum Vorschein in der Mineralisationszone «Chline Walechengel» (Mürtschenalp) sowie im Nordhang des Fou und beim Col des Mines.

Für das Auftreten von Uranmineralisationen in Gesteinsformationen des Permokarbons scheinen Horizonte mit vulkanischen Gesteinskomponenten ein günstiges Milieu zu bilden. So finden sich solche Komponenten vor allem in den Wirtgesteinen der Uranmineralisationen des Verrucano, wie das Vorkommen vom Oberen Plattenboden im Weisstannental besonders schön zeigt. Ferner enthält auch die uranführende Quarzit-Serie im Gebiet St. Niklaus–Zeneggen vulkanoklastische Einlagerungen und möglicherweise auch Metarhyolithe.

In den permokarbonischen Nebengesteinen der Urankonzentrationen im Gebiet Col des Mines–Grand Alou ist die Existenz von vulkanogenem Material ebenfalls möglich, jedoch bislang nicht sicher nachgewiesen. Jedenfalls enthält das südöstlich der Mineralisationszone aufgeschlossene Permokarbon (Mont-Gond–Schuppe, «Série du Greppon Blanc») ein Quarzporphyr-Niveau sowie Horizonte von albitreichen Gneisen, deren Material zum grossen Teil von sauren Vulkaniten stammen könnte (Schär, 1959).

Ein allgemeines Charakteristikum der Mineralisation ist ferner die ausgesprochen polymetallische Assoziation. Ständiger Begleiter der Uranmineralien (hauptsächlich Pechblende) ist Pyrit; fast immer vorhanden sind Kupferkies und/oder Fahlerz, Bornit und andere Kupfermineralien sowie Bleiglanz, wenn auch in kleinen Mengen.

In den Mineralisationszonen oder ihrer Umgebung bis zu einer maximalen Entfernung von 3 km können auch kleinere Vorkommen dieser Begleitelemente existieren. So finden sich Cu-Vorkommen (vorwiegend Kupferkies, Fahlerz, Bornit) in der Umgebung der Uranmineralisationszonen Mürtschenalp, Affeier–Waltensburg und Col des Mines Pb-Zn-Vorkommen bei Waltensburg, Trun (Alp Nadels) und Col des Mines–Grand Alou. In der Umgebung der Mineralisationen von La Creusa und Balayé liegen das As-Au-(Scheelit-)Vorkommen von Salanfe und das kleine Pyrit-Vorkommen von Les Cuisons.

Es ist anzunehmen, dass das räumliche Zusammentreffen der Cu-, Pb-, As-Konzentrationen mit den Uranmineralisationen sowie die weitgehende Ähnlichkeit der Assoziationen und z.T. auch der Paragenesen nicht zufälliger Natur sind, sondern auf einen «gemeinsamen Nenner» in der Entstehungsgeschichte zurückzuführen sind.

Hinsichtlich der Abbauwürdigkeit der untersuchten Vorkommen sind die folgenden Feststellungen von Bedeutung:

- Der Verlauf der Mineralisation ist in allen Vorkommen sehr absätzig, und zwar sowohl im Bereich der einzelnen Urankonzentrationen wie in den Mineralisationszonen als Ganzes.
- Die Geometrie der Erzkörper ist wegen der geringen Mächtigkeit vorwiegend zweidimensional. Innerhalb der Erzkörper sind die Uranmineralien zum grossen Teil in (ausgewalzten) millimeter- bis zentimeterbreiten, absätzigen Lagen enthalten, meist entlang von Bewegungshorizonten, zum kleineren Teil auch in schmalen Rissen und Spalten.
- Die Urangehalte sind sehr heterogen verteilt und schwanken örtlich ziemlich rasch und stark. Der Konzentrationsgrad ist – mit Ausnahme des Vorkommens La Creusa – im allgemeinen sehr niedrig, kann aber in kleineren Bereichen auch einige kg U/t erreichen.
- Die Schätzwerte für die durchschnittlichen Urangehalte der einzelnen Mineralisationszonen über eine Mächtigkeit von mindestens 1 m liegen in der Grössenordnung von 50 bis 250 ppm U (mit Ausnahme der Vorkommen von La Creusa).
- Die Schätzwerte für den Uraninhalt der untersuchten Vorkommen liegen in der Grössenordnung von 5–50 t U für die Kategorie der möglichen geologischen Ressourcen (ausser etwa 250 t für die Zone Col des Mines–Grand Alou) und von maximal einigen 100 t U für die Kategorie der zusätzlichen spekulativen (geologischen) Ressourcen.

Mit diesen niedrigen Werten für die beiden erwähnten Lagerstätten-Kennziffern und den im allgemeinen ungünstigen geologischen und topographischen Rahmenbedingungen sind heute bei keinem der untersuchten Vorkommen die Voraussetzungen für eine wirtschaftliche Nutzung gegeben.

V. LITERATURVERZEICHNIS

BÄCHTIGER K. (1963): Die Kupfer- und Uranmineralisationen der Mürtschenalp (Kt. Glarus, Schweiz). Beiträge Geol. Schweiz, Geotechn. Serie 38.

BAEHNI L. A. (1985): Géologie et aspects pétrographiques de la région du Col des Mines – Mt. Gelé – Mt. Fort, Val de Bagnes, Valais. Diplomarbeit ETH Zürich, unveröffentlicht.

BEARTH P. (1978): Erläuterungen zum Blatt 1308, St. Niklaus, Geologischer Atlas der Schweiz.

BERICHT über die in den Jahren 1966–1976 durchgeführten, aus Bundesmitteln finanzierten Uranprospektionsarbeiten mit Übersichtskarte 1:300 000. AWF, unveröffentlicht.

BERICHT (Kurzfassung) über die Uransuche der Uranbergbau-GmbH u. Co. UG in der Schweiz von 1971–1974. Uranerzbergbau-GmbH, unveröffentlicht.

BIANCONI F., SIMONETTI A. (1967): La brannerite e la sua paragenesi nelle pegmatiti di Lodrino (Ct. Ticino). Materiali per la Geologia della Svizzera, bolletino N° 43.

BIANCONI F. (1971): Rapport sur la campagne d'exploration géologique et radiométrique en Valais. Bureau Campana, unveröffentlicht.

BIANCONI F. (1973): Summary report on uranium exploration in the Valais Alps (Switzerland). Bureau Campana, unveröffentlicht.

BIANCONI F. (1977): Bericht über die geologischen und radiometrischen Detailaufnahmen NE von Naters (Kt. Wallis). StG, unveröffentlicht.

BOSSHART G. (1969): Erzpetrographische und radiometrische Untersuchungen an Gesteinen aus dem Chalttalstollen. Diplomarbeit ETH Zürich, unveröffentlicht.

BURKHARD D. J. M. (1982): Zur Genese von Uran-(Cu-) Mineralisationen im helvetischen Verrucano der Ostschweiz. Weisstannental, (Sernftal) Glarus, Diplomarbeit Univ. Zürich, unveröffentlicht.

BURKHARD D. J. M., GRELLER M. (1983): Bericht über die Uran-Prospektionskampagne Brigels GR, 3.–17. Okt. 1983, ETH Zürich, Institut für Geophysik, AWF, unveröffentlicht.

BURKHARD D. J. M., RYBACH L., BÄCHTIGER K. (1985): Uranium and copper ore minerals in a Lower Permian lapilli-agglomerate tuff in Eastern Switzerland (Weisstannental, Kanton St.Gallen). Schweiz. mineralog. petrogr. Mitt. 65.

CALAME J. J. (1954): Etude géologique de la région de Nendaz. Diss. Univ. Genève.

CAVALLI D. (1975): Rapport sur la prospection d'uranium à La Creusaz/Les Marécottes VS. Alusuisse, unveröffentlicht.

CAVALLI D. (1976): Rapport sur le levé géologique de détail et prospection radiométrique dans la région de Schlans (CH). Beminag-Elektrowatt AG, unveröffentlicht.

CAVALLI D., MOIX R., DE RIVAZ B. (1982): Recherches d'Uranium au Grand-Alou. BEG, unveröffentlicht.

CAVALLI D., MOIX R. (1982a): Recherches d'uranium à Naters. BEG, unveröffentlicht.

CAVALLI D., MOIX R. (1982b): Minéralisation uranifère de Embd. BEG, unveröffentlicht.

CAVALLI D., MOIX R. (1982c): Mines de Siviez; Minéralisation de galène argentifère. Bericht an die Schweiz. Geotechn. Kommission, unveröffentlicht.

CAVALLI D., MOIX R. (1983a): Recherches d'uranium au Grand-Alou. BEG, unveröffentlicht.

CAVALLI D., MOIX R. (1983b): Prospection radiométrique à Finhaut. BEG, unveröffentlicht.

CAVALLI D., MOIX R. (1984a): Grand-Alou, résultats des analyses chimiques d'échantillons prélevés par rainurage en 1983. BEG, unveröffentlicht.

CAVALLI D., MOIX R. (1984b): Recherches d'uranium au Grand-Alou, Rapport de Synthèse et Statistique. BEG, unveröffentlicht.

CAVALLI D., MOIX R. (1984c): Recherches d'uranium aux Plans. BEG, unveröffentlicht.

COLOMBI C. (1959): Radioaktivitätsmessungen im Bergell 1959; N° 144, AA.

DIETRICH V., HUONDER N., RYBACH L.: (1967): Uranvererzungen im Druckstollen Ferrera–Val Niemet. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie 44.

DÖSSEGGER R., MÜLLER W. M. (1973): Bericht über die Lagerungsverhältnisse der Uranvererzungen im Mattertal. AA, unveröffentlicht.

ENEA UND IAEA (1969): Uranium; Production and Short Term Demand. OECD, Paris.

ENGI M. (1974): Bericht über die Untersuchung der Uranmineralisation im hinteren Weisstannental (Kt. St. Gallen). AWF, unveröffentlicht.

EPPRECHT W. (1966): Zusammenfassender Bericht über die Untersuchung des Uranerzvorkommens im Raume Mürtschenalp. Eisenbergwerke Gonzen AG, unveröffentlicht.

EPPRECHT U.: Das Uranerzvorkommen im Chalttal (Mürtschenalp), Bericht über die Schürfarbeiten im Sommer 1967. Eisenbergwerke Gonzen AG, unveröffentlicht.

FEHR A. (1956): Petrographie und Geologie des Gebietes zwischen Val Zavragia–Piz Cavel und Obersaxen–Lumbrein (Gotthardmassiv-Ostende). Diss. ETH Zürich.

FRIEDLÄNDER C. (1930): Erzvorkommnisse des Bündner Oberlandes und ihre Begleitgesteine. Beitr. zur Geologie der Schweiz, Geotechn. Serie, 16-1.

GAUTSCHI A. (1975): Notiz über erzmikroskopische Untersuchungen von Uranerzen aus dem Sondierstollen Col des Mines, unveröffentlicht.

GERLACH H. (1883): Die Bergwerke des Kantons Wallis. Bericht vom 15. Juli 1859. Sitten 1873. Beitr. Geol. Karte Schweiz. Lieferung 27.

GILLIÉRON F. (1986): Bericht über die 1966–1984 ausgeführten und mit Bundesmitteln geförderten Uranprospektionsarbeiten in den Schweizer Alpen. Schriftreihe Bundesamt für Energiewirtschaft 41.

HALM E. (1965–1966): Bericht über Schürf- und Prospektionsarbeiten an der Uranerzlagerstätte Tiraun bei Trun. StG, unveröffentlicht.

HANSEN J. W. (1970): Rapporto per la prospezione d'uranio del Sopraceneri. Dipartimento delle Pubbliche Istruzioni del Cantone Ticino, unveröffentlicht.

HANSEN J. W., FRAPOLLI G., MAGGETTI M. (1970): Rapporto finale per la prospezione d'uranio nelle regioni della Peninsula di Morcote, del Mte. S. Giorgio ecc. Dipartimento delle Pubbliche Istruzioni del Cantone Ticino, unveröffentlicht.

HANSEN J. W. (1971): Bericht für das Jahr 1970: Uranprospektion Vorderrheintal–Goms, Stollen Trun, Mittelbünden. StG, unveröffentlicht.

HANSEN J. W. (1971): Schlussbericht Uranprospektion Konzessionsgebiete Trun–Schlans 1961–1970. StG, unveröffentlicht.

HÜGI TH., DE QUERVAIN F., RICKENBACH E. (1959): Der gegenwärtige Stand der Erforschung der Uranvorkommen in der Schweiz. Mitteilungsblatt des Delegierten für Fragen der Atomenergie, Nov. 1959.

HÜGI TH., KÖPPEL V., DE QUERVAIN F., RICKENBACH E. (1967): Die Uranvererzung bei Isérables (Wallis). Beiträge Geol. Schweiz, Geotech. Serie 42.

JAHRESBERICHTE über die Uranprospektion in der Schweiz 1976, 1977, 1978. Beminag-Elektrowatt AG, unveröffentlicht.

JAQUET J. M. ((1972): Rapport sur la campagne 1972 de prospection géologique et radiométrique en Valais. Bureau Campana, unveröffentlicht.

JOOS M.G. (1979): Zusammenfassender Bericht über die Uranprospektion im Vorderrheintal, hauptsächlich S. Trun, vom 17. Juli 1967 bis zum 26. November 1968. StG, unveröffentlicht.

KNOBEL J. (1978): Rapport annuel de la Mission, Valais, Permis des Marécottes. Alusuisse, unveröffentlicht.

KNOBEL J. (1979): Rapport annuel 1979, Mission, Valais. Alusuisse, unveröffentlicht.

KNOBEL J., MOIX R. (1980): Rapport annuel 1980, Mission, Valais. Alusuisse, unveröffentlicht.

KNOBEL J., MOIX R. (1981): Recherche d'uranium à La Creusa / Les Marécottes (VS), Synthèse des travaux réalisés pendant l'année 1981. Alusuisse, unveröffentlicht.

KOESTLER A. (1978): Uranmineralisation bei La Creusaz, Wallis. Alusuisse, unveröffentlicht.

KRAMERS J. (1973): Zur Mineralogie, Entstehung und alpine Metamorphose der Uranvorkommen bei Trun, Graubünden. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie 52.

LABHART T. P. (1967): Die Uranvererzung am Südrand des Aarmassivs bei Naters (Kt. Wallis, Schweiz). Beitr. Geol. Schweiz, Geotech. Serie 43.

LABHART T. P. (1967 und 1968): Die Uranvererzungen südlich von Isérables (VS). AA, unveröffentlicht.

LABHART T. P. (1969): Die Untersuchungen der Uranvererzungen im Nordhang des «Le Fou» südlich Isérables (VS). Bericht AA, unveröffentlicht.

LABHART T. P. (1970): Die Radioaktivitätsmessungen in den Stollen der Emosson SA. 1. Bericht. AA, unveröffentlicht.

LABHART T. P. (1971): Uranvererzungen im Triasdolomit der Bernina-Decke bei St. Moritz, unveröffentlichtes Manuskript.

LABHART T. P., MÜLLER W. M., RYBACH L. (1971): Die Untersuchung der Uranvorkommen in der Umgebung von Finhaut (VS). AA, unveröffentlicht.

LABHART T. P. (1972): Radioaktivitätsmessungen im westlichen Aarmassiv. AA, unveröffentlicht.

LABHART T. P., MÜLLER W. M. (1972): Radioaktivitätsmessungen im Aiguilles-Rouges-Massiv. AA, unveröffentlicht.

LABHART T. P., RYBACH L. (1972): Der Vallorcine-Granit und seine radiometrischen Anomalien. Schweiz. mineralog. petrogr. Mitt. 52/3.

LABHART T. P. (1973a): Prospektion und Schürfarbeiten in Les Marécottes (VS). AA, unveröffentlicht.

LABHART T. P. (1973b): Radioaktivitätsmessungen im mittleren und östlichen Aarmassiv. AA, unveröffentlicht.

LABHART T. P. (1974): Prospektion und Schürfarbeiten im Gebiet von La Creusa/Les Marécottes (VS) im Sommer 1974. AA, unveröffentlicht.

LABHART T. P., RYBACH L. (1974): Granite und Uranvererzungen in den Schweizer Alpen. Geol. Rundschau 63/1 und Beitr. Geol. Schweiz, Kl. Mitt. 60.

LABHART T. P. (1976a): Ergänzende radiometrische Oberflächenmessungen in den Alpen 1975. AA, unveröffentlicht.

LABHART T. P. (1976b): Radioaktivitätsmessungen in den Stollen der Electricité d'Emosson SA, Schlussbericht. AA, unveröffentlicht.

LABHART T. P. (1985): Bericht über die Untersuchung von Gesteinsproben aus dem Unterwallis. Mineralog.-petrogr. Institut Univ. Bern, unveröffentlicht.

LAFFITE P., PERMINGEAT F., ROUTHIER P. (1965): Cartographie metallogénique, metallotecté et geochimie régionale. Bull. Soc. Franç. Minér. Crist. XXXVIII; pp. 3-6.

LEU H. (1960): Bericht über Radioaktivitätsmessungen im Gebiet der Société des Forces Motrices du Grand St-Bernard (Suiselectra S.A., Basel). AA, unveröffentlicht.

LEU H.(1962): Bericht über die Uranvorkommen im Mattertal VS. AA, unveröffentlicht.

LEU H. (1970): Ergänzung zum Bericht Leu über die Uranvorkommen im Mattertal (VS) vom 28. 2. 1962; N° 322, AA, unveröffentlicht.

MOIX R. (1981): Approche pétrographique des minéralisations de La Creusa (VS). Alusuisse, unveröffentlicht.

MOIX R. (1984): Recherches d'uranium aux Marécottes VS. BEG, unveröffentlicht.

MÜLLI H. (1962): Die geologische und radiometrische Untersuchung der Anomalie Tiraun. StG, unveröffentlicht.

NEA UND IAEA (1983 und weitere Ausgaben): Uranium. Resources, Production and Demand. OECD, Paris.

NEA UND IAEA (1978): World Uranium Potential. An International Evaluation. OECD, Paris.

NIGGLI C. R. (1979): Geologische Untersuchungen am Le Fou (Isérables, VS). AA, unveröffentlicht.

VON PECHMANN E., BIANCONI F. (1982): Synmetamorphic uranium mineralization from Tiraun, Graubünden, Switzerland, Miner. Mag. 46, pp. 173–178.

VON PECHMANN E. (1983): Mineralogische Beschreibung einer Gesteinsprobe aus der radioaktiven Anomalie E-84 am Grand-Alou, Wallis, Schweiz. Uranerzbergbau-GmbH, unveröffentlicht.

VON PECHMANN E. (1985): Mineralogische Untersuchungen an 12 Handstücken von den Uranvorkommen Trun/Graubünden, Finhaut, Col des Mines, Grand-Alou und Gisiger–Les Marécottes/Wallis, Schweiz. Uranerzbergbau-GmbH, unveröffentlicht.

PUSTAZERI L., BLANC P. (1966): Bericht über Radioaktivitätsmessungen im Gebiet Dorénaz/Alesse 1965, 1966. AA, unveröffentlicht.

DE QUERVAIN F. (1973): Die Uranvererzungen Valsorey südlich Bourg-St-Pierre (Valais). Beiträge Geol. Schweiz, kl. Mitt. 59.

DE RIVAZ B. (1961): Etude géologique et scintillométrique des gisements uranifères du Grand-Alou, Val de Nendaz. AA, unveröffentlicht.

ROUTHIER P. (1969): Essai critique sur les méthodes de la géologie (de l'objet à la génèse); Masson et Cie; Paris.

RYBACH L. (1968): Bericht über die im Sommer 1968 im Murgtal (SG) durchgeführten Uranprospektionsarbeiten.

RYBACH L., SCHNEIDER J. (1969): Erster Zwischenbericht über die Prospektionsarbeiten im Glarner und St. Galler Verrucano. AA, unveröffentlicht.

RYBACH L., DÖSSEGGER R., MÜLLER W. M. (1971): Bericht über die Uranprospektionskampagne im Sommer 1971 im Münstertal (GR). StG, unveröffentlicht.

RYBACH L., DÖSSEGGER R., MÜLLER W. M. (1972): Bericht über die Uranprospektionskampagne im Sommer 1972 im Münstertal, S-charl-Tal und Puschlav (GR). StG, unveröffentlicht.

RYBACH L. (1973): Bericht über die Untersuchung der Uranmineralisation im oberen Weisstannental (Schürfstelle «oberer Plattnerboden», Augst-Chamm) im Jahre 1973. AA, unveröffentlicht.

RYBACH L., DÖSSEGGER R., MÜLLER W. M. (1973): Bericht über die Uranprospektionskampagne Sommer 1973 im S-charl-Tal, Juliergebiet und Bergell (GR). StG, unveröffentlicht.

RYBACH L., AEBERLI U. (1973): Abschliessender Bericht über die in den Jahren 1958–1973 durchgeführten Uranprospektionsarbeiten im Glarner und St. Galler Verrucano. AA, unveröffentlicht.

SCHAER J. P. (1959): Géologie de la partie septentrionale de l'éventail de Bagnes. Archiv des Sciences, Genève.

SOMMERAUER J. (1972): Radiometrische und erzpetrographische Untersuchungen im Muskovit-Alkalifeldspat-Augengneis von Alp Taspegn, Kanton Graubünden. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie 48.

STAUB T. (1983): Die Fahlerz- und Uranvorkommen bei Affeier (Vorderrheintal, Graubünden). Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie 62.

VALLET J. M. (1950): Etude géologique et pétrographique de la partie inférieure du Val d'Hérens et du Val d'Hérémence. Diss. Univ. Genève.

WABER N. (1983): Bericht über die mineralogisch-geochemischen Untersuchungen an den Kernen der Bohrungen im Gebiet der Uranvererzung Schwendibielen, nordöstlich von Naters (Kt. Wallis). Mineralog. petrogr. Institut Univ. Bern, unveröffentlicht.

WUST G. (1985): Géologie et aspects structuraux de la région du Mont Fort–Mont Gelé, Val de Bagnes, Valais. Diplomarbeit ETH Zürich, unveröffentlicht.

WYSSLING L. E. (1950): Zur Geologie der Vorabgruppe. Diss. ETH Zürich.

Karten

ESCHER A. et al. (1985): Carte tectonique de la Nappe du Grand St-Bernard.

GEOLOGISCHER ATLAS DER SCHWEIZ 1:25000, Blatt 1308, St. Niklaus (1978) (Atlasblatt 71).

GEOLOGISCHER ATLAS DER SCHWEIZ 1:25000, Blatt 525, Finhaut, mit notice explicative (L.W. Collet, N. Oulianoff et M. Reinhard)

ÜBERSICHTSKARTE 1:300000 Radioaktivitätsmessungen, radiometrische Anomalien und Uranvererzungen in den Schweizer Alpen, ausgearbeitet von T. Labhart und F. Gilliéron, unveröffentlicht.

WEBER F. (1922): Geologische Karte des Tödi-Vorderrheintal-Gebietes, Ostende des Aarmassivs und Wurzelregion der Helvetischen Decken. 1:50000. Beitr. zur geol. Karte der Schweiz, Spezialkarte N° 100A. Zürich.

Abkürzungen

AWF:
Amt für Wissenschaft und Forschung

Alusuisse:
Alusuisse Mines SA, Zürich

AA:
Arbeitsausschuss für die Untersuchung schweizerischer Mineralien und Gesteine auf Atombrennstoffe und seltene Elemente

BEG:
Bureau d'Etudes géologiques S.A, Vétroz

Bureau Campana:
Bureau de Géologie et Géophysique minière Bruno Campana, Lausanne

Eisenbergwerke Gonzen AG:
Eisenbergwerke Gonzen AG, Sargans

StG:
Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung schweiz. Lagerstätten mineralischer Rohstoffe

Uranerzbergbau-GmbH:
Uranerzbergbau-GmbH, Bonn

Beminag-Elektrowatt AG:
Urankonsortium Beminag-Elektrowatt AG, Zürich

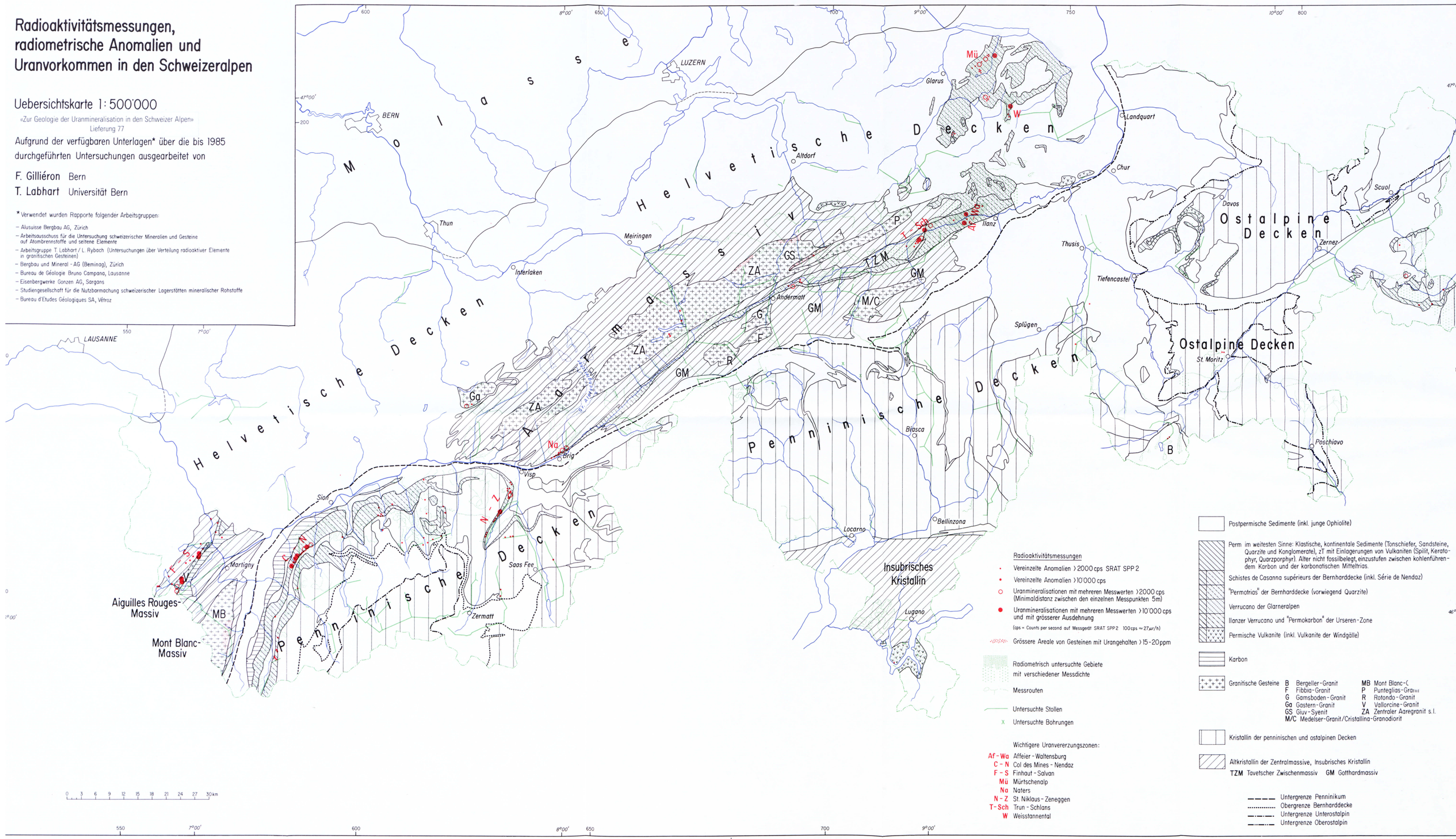
Radioaktivitätsmessungen, radiometrische Anomalien und Uranvorkommen in den Schweizeralpen

Uebersichtskarte 1:500'000

«Zur Geologie der Uranmineralisation in den Schweizer Alpen»
Lieferung 77

Aufgrund der verfügbaren Unterlagen* über die bis 1985 durchgeführten Untersuchungen ausgearbeitet von

F. Gilliéron Bern
T. Labhart Universität Bern

*Verwendet wurden Rapporte folgender Arbeitsgruppen:

- Alusuisse Bergbau AG, Zürich
- Arbeitsausschuss für die Untersuchung schweizerischer Mineralien und Gesteine auf Atombrennstoffe und seltene Elemente
- Arbeitsgruppe T. Labhart / L. Rybach (Untersuchungen über Verteilung radioaktiver Elemente in granitischen Gesteinen)
- Bergbau und Mineral - AG (Beminag), Zürich
- Bureau de Géologie Bruno Campana, Lausanne
- Eisenbergwerke Gonzen AG, Sargans
- Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung schweizerischer Lagerstätten mineralischer Rohstoffe
- Bureau d'Etudes Géologiques SA, Vétroz