

URANVORKOMMEN IN DER SCHWEIZ

Mit besonderer Berücksichtigung der radioaktiven Fossilknochen von
Langenthal

THEODOR HÜGI

Vorbemerkung der Redaktion. Prof. Dr. Th. Hügi, dem wir den nachstehenden hochaktuellen Beitrag verdanken, ist ein ehemaliger Langenthaler, heute Professor am Mineralogisch-petrographischen Institut der Universität Bern und dort Leiter der Abteilung für Geochemie. Er hat schon in der Mitte der fünfziger Jahre in der «Technischen Rundschau» auf die Uransuche in der Schweiz aufmerksam gemacht, nachdem radioaktive Mineralien schon verschiedenorts bei uns bekannt waren.

Prof. Hügi ist wesentlich an der Begründung dieser Arbeiten mitbeteiligt. So wurde er auch Untersuchungsleiter des «Arbeitsausschusses für die Untersuchung schweizerischer Mineralien und Gesteine auf Atombrennstoffe und seltene Elemente», der von Prof. Dr. F. de Quervain, ETH Zürich, präsidiert wird. Chefgeologe ist Dr. E. Rickenbach, Spiegel-Bern.

Im Arbeitsausschuss sind vertreten: Schweiz. Geotechnische Kommission, Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung Schweiz. Lagerstätten mineralogischer Rohstoffe in Bern, und die Stiftung Entwicklungsfonds seltener Metalle, Zürich. Die Untersuchungen werden durch den Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung finanziert.

A. Einleitung

Die Uranprospektion hat in der Schweiz, im Vergleich zu andern Ländern, spät eingesetzt. Verschiedene Gründe sind dafür verantwortlich, unter anderem auch die allgemein verbreitete Ansicht, die Schweiz sei ein an nutzbaren Minerallagerstätten armes Land. Schliesslich kam die Suche nach radioaktiven Mineralien und seltenen Elementen in Gang. Im Nachstehenden wird versucht, über die Ergebnisse der bisherigen Arbeiten zu berichten und die Uranvorkommen der verschiedenen geologischen Einheiten zusammenfassend zu beschreiben, wobei einem wissenschaftlich interessanten Uranfund im Oberaargau ein besonderer Abschnitt gewidmet sei. Es sind das Funde fossiler Knochen, die sich als uranhaltig erwiesen haben. Es kann sich

dabei nicht um eine abschliessende Darstellung der schweizerischen Uranvorkommen handeln, da die Untersuchungen in noch nicht prospektierten Gebieten fortgesetzt werden. Ferner ist zu beachten, dass Schürfarbeiten zur näheren Abklärung wichtiger Indikationen im alpinen Raum aus verschiedenen Gründen noch nicht ausgeführt werden konnten.

Der vorliegende Beitrag stellt eine teils gekürzte und modifizierte Fassung des unter dem gleichen Titel verfassten Artikels dar, der in: «Die Atomwirtschaft» (Düsseldorf) Oktoberheft 1963, S. 524–529, erscheint.

B. Frühere Untersuchungen

Erste Untersuchungen über die Radioaktivität von Gesteinen und Quellen in der Schweiz sind bereits vor 30 und mehr Jahren von *Hirschi, Joly* und andern durchgeführt worden. Überdurchschnittliche Aktivitäten wurden an verschiedenen Gesteinen gefunden, meist herrührend von dem an akzessorische Mineralien gebundenen Uran oder Thorium. Dazu sind auch einzelne Fundstellen von Uranmineralien bekannt geworden (z.B. Pechblende im Bergellergranit, Autunit als Kluftmineral im Grimselgebiet und auf der Kupfer-Lagerstätte Mürtschenalp). Kurz nach dem Zweiten Weltkrieg ist im Auftrage der Schweizerischen Studienkommission für Atomenergie (SKA) nach nutzbaren Uranvorkommen gesucht worden. Schon vorher befasste sich das Büro für Bergbau unmittelbar vor seiner Auflösung mit der Uranfrage. Die Ergebnisse sind in zahlreichen unveröffentlichten Berichten und in einer Reihe von Publikationen niedergelegt worden (siehe hierzu das Literaturverzeichnis).

C. Untersuchungen seit 1957

Seit 1957 befasst sich der auf Initiative geologisch-geochemischer Kreise gegründete «Arbeitsausschuss für Atombrennstoffe» mit der Uranprospektion in der Schweiz. Bekanntlich sind in ganz verschiedenen Gebieten der Schweizer Alpen im Laufe der letzten Jahre zahlreiche Stollen für Kraftwerkbauten vorgetrieben worden. Solche Stollen queren häufig ganze Gebirgsmassive und vermitteln deshalb einzigartige, lückenlose geologische Aufschlüsse. Es schien daher gegeben, diese Untertage-Aufschlüsse zum Ausgangspunkt für die Uranprospektion zu wählen. Es konnten bis heute rund 400 km Stollen radiometrisch vermessen werden, eine Strecke, die die

West-Ost-Ausdehnung der Schweiz (Genf–Romanshorn) übertrifft. Wenn auch der Prospektionsgeologe aus begrifflichen Gründen auf die Lage und Richtung der Kraftwerkstollen keinen Einfluss haben konnte, so blieb der Erfolg trotzdem nicht aus; die erste wichtige Uranvererzung wurde bereits im Herbst 1957 in einem Wasserzuleitungsstollen der Grande Dixence SA im Raume Iséables aufgespürt. In diesen und andern Fällen wurde nach Ermitteln einer radiometrischen Indikation jeweils versucht, die Fortsetzung der Vererzung an der Oberfläche aufzusuchen. Dies ist bis jetzt in allen Fällen gelungen.

Zeigt das Strahlenmessgerät (Szintillationszähler oder Geigerzähler) am Gestein mindestens das Fünf- bis Sechsfache der allgegenwärtigen Grundstrahlung (= Background), so liegt eine radiometrische Anomalie oder Indikation vor. Es ist dann Sache der weiteren mineralogischen und chemischen Untersuchung, die radioaktiven Mineralien des Gesteins zu bestimmen und die Gehalte an Uran, Thorium oder andern natürlichen radioaktiven Elementen (K 40 u.a.) zu ermitteln.

Verschiedene Gebiete, insbesondere in den Walliser Alpen, sind mittels Prospektion zu Fuss generell und im Detail prospektiert worden. Zur Prospektion werden fast ausschliesslich Szintillationszähler verschiedener Provenienz verwendet. Da die Aufschlüsse in Stollen nur begrenzte Zeit zugänglich sind, werden bei der radiometrischen Aufnahme systematisch Handstücke der durchfahrenen Gesteinshorizonte entnommen, damit das lithologische Profil belegt ist. Die Handstücke dienen der weiteren mineralogischen und chemischen Untersuchung auf radioaktive Mineralien und Elemente sowie geochemischen Studien. Letztere sollen vor allem Aufschluss geben über die Verbreitung seltener Elemente.

Über die bisherigen Feld- und Laboruntersuchungen liegt ein umfangreiches, unveröffentlichtes Berichtmaterial vor. Die bereits publizierten Arbeiten sind unter 1a) im Literaturverzeichnis aufgeführt.

Für den Fortgang der Prospektionstätigkeit im alpinen Raum hat sich die enge Zusammenarbeit mit verschiedenen ausländischen Organisationen und insbesondere der gegenseitige Erfahrungsaustausch mit den massgebenden Stellen in Frankreich (Commissariat à l'Energie Atomique – Paris) und in Italien (Comitato Nazionale per la Ricerche Nucleari – Roma) sehr fruchtbar ausgewirkt. Als sichtbares Zeichen dieser Zusammenarbeit ist die Übersichtskarte der Uran- und Thorium-Mineralisationen der Westalpen (*Hügi, de Quervain und Hofmänner, 1962*) erschienen.

Mit Uranprospektion befassen sich in der Schweiz überdies noch folgende Körperschaften: Eisenbergwerk Gonzen A.G. in Sargans, die Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung schweizerischer Lagerstätten mineralischer Rohstoffe in Bern und die Uran AG in Bern.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass der Arbeitsausschuss für Atombrennstoffe gemeinsam mit Kraftwerkgesellschaften und der oben genannten Studiengesellschaft zusammenarbeitet.

In den beiden nachfolgenden Abschnitten soll im Einzelnen kurz über die derzeitigen Kenntnisse der ermittelten Uranvorkommen in der Schweiz berichtet werden. Die beschriebenen Vorkommen sind auf der Karte (Abb. 1) eingetragen.

Über die für die Urangewinnung wichtigen Mineralien gibt Tabelle 1 Aufschluss.

Tabelle 1. Einige Uranminerale

Für Uranlagerstätten wichtige Mineralien		% U ₃ O ₈
<i>Uraninit</i> schwarz	Mischung von UO ₂ und UO ₃ (+Pb, seltene Erden, Th)	50–85
<i>Uranpecherz</i> oder <i>Pechblende</i> schwarz, Pechglanz	Varietät von Uraninit, chemisch analog, sphärolithisch (= «kugelige Körner») ausgebildet	50–80
<i>Brannerit</i> schwarz-braun	<i>U-Ti-Oxyd</i> = (U, Ca, Fe, Y, Th) ₃ (Ti, Si) ₅ O ₁₆ (?)	bis 40
<i>Coffinit</i> schwarz	U(SiO ₄) _{1-x} . (OH) 4x	70
Farbige, durch Umbildungsprozesse entstandene Mineralien		
« <i>Gummit</i> » gelb-orange	Mischung verschiedener U-Mineralien	bis 70
<i>Carnotit</i> gelb	K ₂ (UO ₂)(VO ₄) ₂ .1–3H ₂ O	bis 55
<i>Autunit</i> grüngelb	Ca(UO ₂) ₃ (PO ₄) ₂ .10–12H ₂ O	bis 60
<i>Torbernit</i> grün	Cu(UO ₂) ₂ (PO ₄) ₂ .8–12H ₂ O	bis 61
« <i>Uranophan</i> » zitronengelb	Ca-U-Silikat, H ₂ O-haltig	bis 65

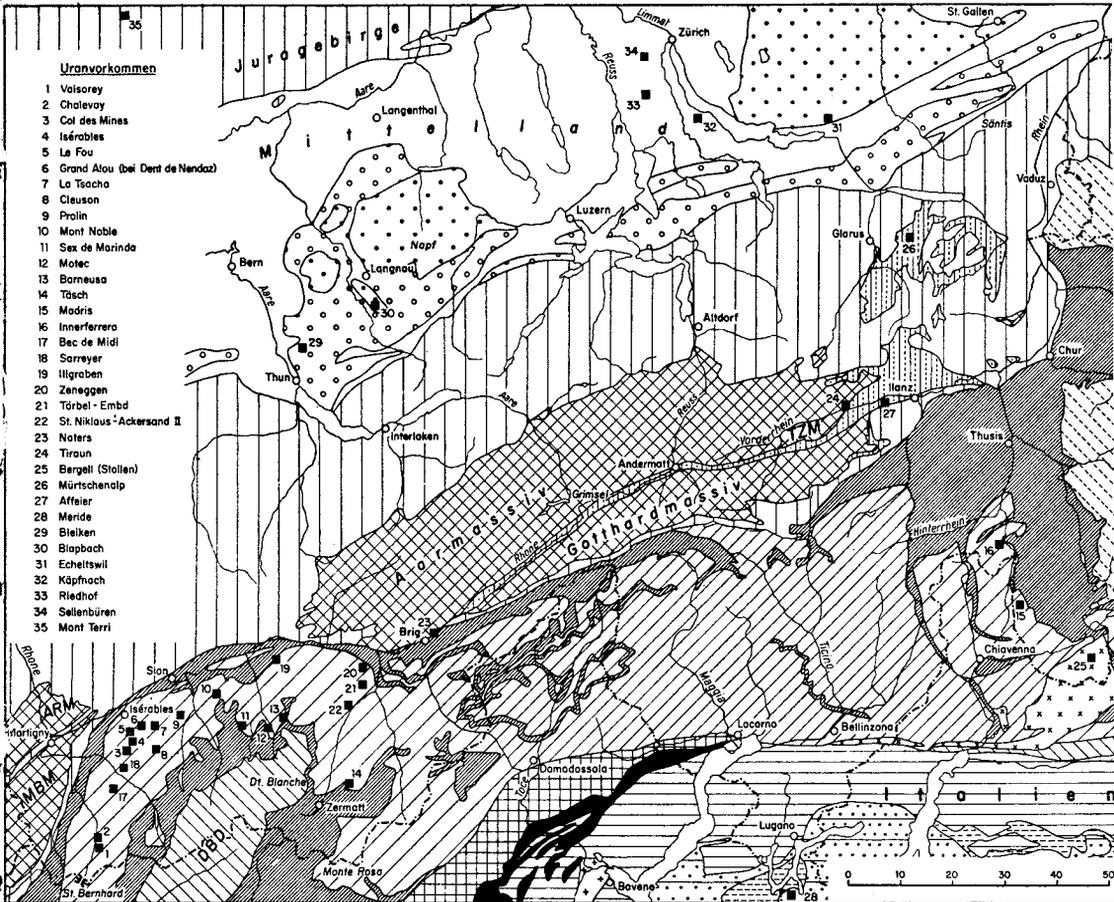
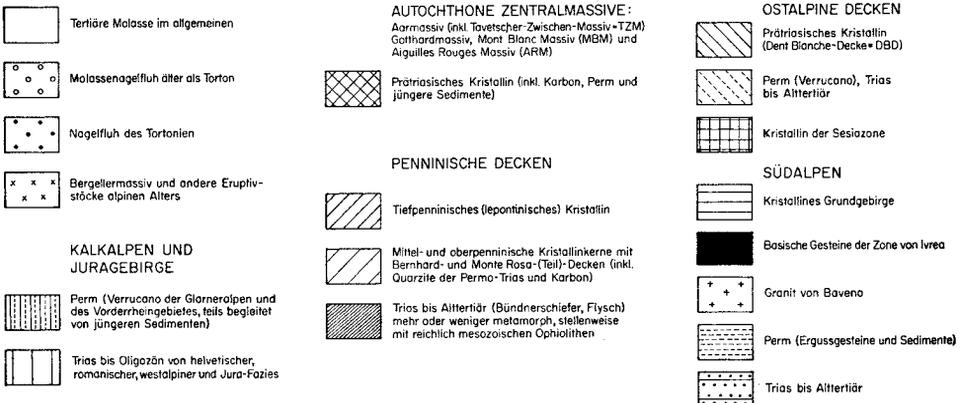


Abb. 1 Karte der schweizerischen Uranvorkommen



D. Vorkommen im alpinen Raum

Eine ganze Reihe neu gefundener und zum Teil recht interessanter Indikationen mit Uranmineralisationen verteilen sich auf die Penninische Zone (in west-östlicher Richtung vom Kanton Wallis bis zum Kanton Graubünden), *zentralmassivische Einheiten*, das *Bergellermassiv*, die *Helvetische Zone* und die *Südalpen* (siehe Abb. 1).

1. Die Penninische Zone

Die Uranmineralisationen treten im Kanton Wallis in der Bernhardecke (benannt nach dem Grossen St. Bernhard), im Kanton Graubünden in der Surettadecke (= Timunmasse des Hinterrheingebiets) auf. Beide tektonischen Bauelemente gehören zur Penninischen Zone innerhalb des westalpinen Bereiches. Die Bernhardecke wird beherrscht durch die mächtige Serie der Casannaschiefer, die sich aus Gesteinen sedimentärer wie eruptiver Herkunft aufbaut. Alle diese Gesteine tragen aber eindeutig die Spuren mehr oder weniger starker Metamorphosen. Das geologische Alter der Casannaschiefer selbst ist umstritten, wird aber meist als permo-carbonisch angenommen. Viele und wichtige Uranmineralisationen sind an Chlorit-Serizit-Schiefer und Gneise gebunden, die karbonatführend sein können.

Obwohl über die Entstehung der Uranvererzung noch nichts Abschlissendes gesagt werden kann, so dürfte es sich in der penninischen Zone um primär hydrothermale Mineralisationen handeln, die während der Alpenfaltung im Tertiär umgelagert worden sind.

Andere Uranmineralisationen sind im Wallis in permotriadischen «Quarziten» gefunden worden. Die im Gange befindlichen Untersuchungen zeigen, dass es sich bei diesen «Quarziten» um Albit-Serizitgneise handelt.

Im Kanton Graubünden treten die Uranmineralisationen des Hinterrheins in analog ausgebildeten Chlorit-Serizitgneisen auf oder sind an mesozoische Marmoreinschaltungen gebunden.

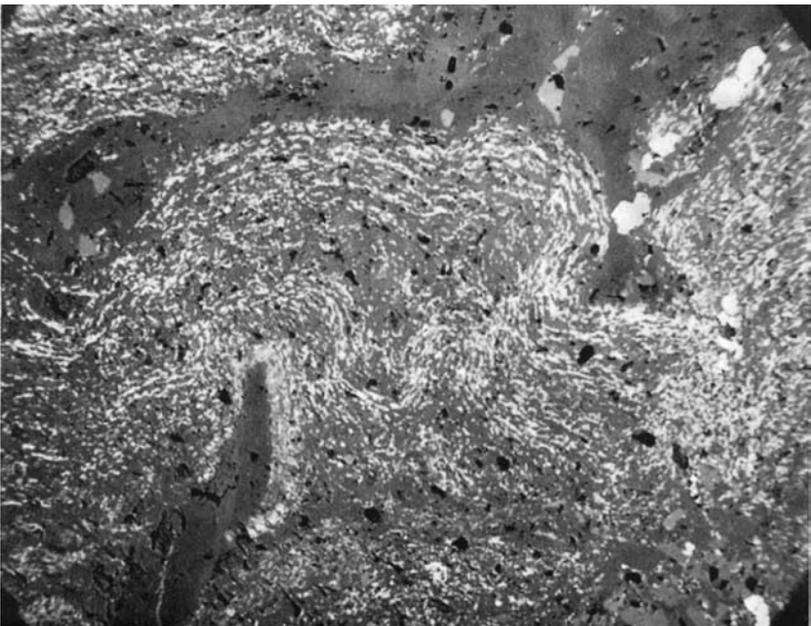
1.1 Uranvorkommen der Casannaschiefer

Aus dem Casannaschieferkomplex sind seit langem eine grössere Zahl von derzeit aufgelassenen Bergwerken bekannt, in denen wiederholt Blei – Zink (und Silber), Kupfer sowie Kobalt – Nickel gewonnen wurden (vgl. *Huttenlocher* 1934 und *Kündig – de Quervain* 1953). Die Erze dieser Metalle, begleitet von Gangart, setzen als scharf begrenzte Gänge im Nebengestein auf.



Abb. 2 Autoradiographie eines verfalteten, permotriadischen Serizitgneises (= «Serizitquarzit») aus dem Stollen Kraftwerk Ackersand II. Den verfalteten Serizitzügen sind feinste Pechblendekörnchen eingelagert. Wird eine glatte Fläche dieses Serizitgneises eine bestimmte Zeit im Dunkeln auf eine Photoplatte gelegt, so bewirkt die radioaktive Strahlung Schwärzung (= Autoradiographie). In der Abbildung entsprechen die hellen Partien den Bereichen mit verfaltetem, pechblendehaltigem Serizit (Bild 3 × nat. Grösse)

Abb. 3 Lagige Pechblende eines erzeichen Serizitgneises (= «Serizitquarzit»). Pechblende (= helle Striche im Bild) folgt den verfalteten Glimmerlagen. Helle Körner (z.B. rechts oben im Bild) = Pyrit, der einen auf der Anschliffphoto nicht erkennbaren Linneitsaum aufweist. Vergr. 60 ×. Vererzung Törbel (Präp. + Photo V. Köppel)



Bei den in den letzten Jahren entdeckten Uranmineralisationen handelt es sich um eine das Gestein unregelmässig durchsetzende Vererzung. Die eingangs (siehe oben) erwähnten Pb-Zn, Cu und Co-Ni-Vorkommen sind hinsichtlich topographischer Lage und lagerstättenkundlicher Erscheinungsweise von den Uranmineralisationen verschieden. Radiometrische Messungen in aufgelassenen Stollen ersterwähnter Vorkommen von Pb-Zn usw. ergaben bisher keine Indikationen. Uranträger ist Pechblende, die von verschiedenen Sulfiden und Sulfosalzen begleitet wird. Die Uranvererzung gibt sich im Gestein wegen der begleitenden Eisenerzminerale (Hämatit, Limonit) als rötliche oder braune Verfärbung zu erkennen, die mehr oder weniger konkordant zur Gesteinsschieferung verläuft, vielfach aber auch quer dazu, und gegen das Gestein unscharf begrenzt ist. Eine eigentliche Gangart fehlt. Pechblende wird vor allem von folgenden Mineralien begleitet: Pyrit, Fahlerz, Bleiglanz, Kupferkies, Hämatit und verschiedenen Sulfiden und Sulfosalzen des Kupfers.

Im Stollen Isérables sind an zwei verschiedenen starken Mineralisierungen versuchsweise je einige Tonnen Fels abgesprengt und am unsortierten Haufwerk U-Gehalte von 1400 bzw. 700 ppm (bzw. Gramm pro Tonne) gefunden worden (ppm = Gehaltsangabe in parts per million oder Gramm pro Tonne.) Diese Mittelwerte resultieren aus Daten, die in verschiedenen Laboratorien gleichzeitig mittels photometrischer und Röntgenfluoreszenz-Methoden erhalten worden sind. In diesen und andern Casannaschiefer-Vererzungen sind die Thoriumwerte allgemein niedrig (10–40 ppm Th).

Nach bisherigen Beobachtungen scheint es sich bei diesen Vorkommen um metamorphe Erzbildungen zu handeln. Das Uran dürfte wohl hydrothermalen Ursprungs sein, wobei es im Verlaufe der alpinen Metamorphose zur Mobilisation und späteren Ablagerung im Bereiche von tektonischen Störungszonen, wie Grenzen von tektonischen Einheiten oder Mylonitzonen, kam. Jedenfalls sind im Verlaufe der Prospektion im alpinen Raum eine ganze Anzahl von tektonisch kontrollierten Uranvorkommen festgestellt worden. Profilaufnahmen zeigen, wie Uranerze beidseitig von zwei verschiedenen Serien des Casannaschieferkomplexes auftreten. Diesem Mineralisationstyp gehören an (von W-E der Abb. 1): Valsorey, (Stollen) und dazugehöriges Oberflächenvorkommen von Chalevay, Le Fou, Col des Mines, Isérables, Grand Alou, La Tsacha, Cleuson, Prolin, Mont Noble, Sex de Marinda, Motec, sowie in Stollen bei Täsch und Val Madris im Graubünden.

Im Val d'Anniviers (Stollen Barneusa) ist in einem Pegmatit der Casanna-schiefer-Serie eine Pechblende-Vererzung mit Hämatit festgestellt worden.

Eine interessante Vererzung ist an ein mesozoisches Marmorvorkommen im Druckstollen Valle di Lei (= Vorkommen Innerferrera, Hinterrhein) gebunden. Pechblende tritt längs Schichtflächen auf und wird begleitet von Pyrit, Fahlerz und Bleiglanz.

1.2 Uranvorkommen in der Permotrias

In stirnnahen Partien des Kristallins der Bernhardecke erscheinen permotriadische «Quarzit»-Züge wechselnder Mächtigkeit, die am Bec de Midi, bei Sarreyer (Val de Bagnes), im Illgraben, bei Zeneggen, Töbel-Embd und hinab bis ins Mattertal bei St. Niklaus (zwischen Stalden und Zermatt) sowie im Stollen des Kraftwerkes Ackersand II uranerzführend sind. Es handelt sich um eine sehr feine, diffus im Gestein verteilte Vererzung. Die Pechblende tritt, eingestreut in innig verfaltetem Serizit, zusammen mit Pyrit und gelegentlich auch mit etwas Fahlerz, Kupferkies sowie Bleiglanz auf. Autoradiographien bilden die Verfaltung sehr schön ab (Abb. 2). Die Anschliffphoto (Abb. 3) zeigt die lagig – verfaltete Pechblende.

In stark mineralisierten Serizitquarzitproben des Mattertales konnten mittels Röntgenfluoreszenzanalyse neben 52 200 g/t Uran nennenswerte Mengen von seltenen Elementen, wie 300 g/t Dysprosium, 900 g/t Gadolinium, 350 g/t Samarium und 5100 g/t Yttrium nachgewiesen werden. Solche Elemente haben heute eine gewisse technische Bedeutung.

2. Zentralmassivische Einheiten

Im Verlaufe ausgedehnter radiometrischer Stollenmessungen in Graniten und Gneisen herzynischer Zentralmassive (Aarmassiv, Gotthardmassiv und Tavetscher-Zwischenmassiv) sind bis jetzt wiederholt Stellen leicht erhöhter Radioaktivität festgestellt worden. Frühere und neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass gewisse Granite der Schweizer Alpen Urangelhalte aufweisen, die deutlich über dem Durchschnittsgehalt granitischer Gesteine von 3 ppm U liegen (siehe Tab. 2 in *Turekian and Wedepohl* 1961). Nach bisherigen Bestimmungen schwanken die Urangelhalte für den Zentralen Aaregranit zwischen 28 und 78 ppm, während *Rybach* u. a. (1962) für den Rotondogranit im Kern des Granitkörpers 17.0 (U + Th) ppm e U (Radiometrische Labor-

messung, die die Gesamtstrahlung von vorhandenem U, Th, K⁴⁰ usw. erfasst: Gehaltsangabe in Uran-Aequivalent-Werten!), in der Randzone 22.4 ppm e U fanden, während andere Granite des Gotthardmassives Werte zwischen 4–8 ppm e U aufweisen. In diesen Gesteinen kann das Uran und Thorium in Akzessoria, wie Zirkon und Apatit, und intergranular auftreten.

Nur in zwei Fällen sind in Gneisen des Aarmassivs und des Tavetscher-Zwischenmassivs Uranmineralisationen aufgespürt worden.

2.1 Aarmassiv

Bei Naters (in unmittelbarer Nähe von Brig im Rhonetal) tritt in Biotit-Serizitgneisen des südlichen Aarmassives eine diffuse Uranmineralisation auf. In diesen praegranitischen, stark metamorphen Gneisen ist die aktive Zone bis rund 1 m breit und lässt sich im Streichen der steil SE-fallenden Gesteine auf eine Distanz von über 2 km verfolgen. Dieser praegranitische Gneiskomplex, d.h. die südlichen Gneise des Aarmassivs, worin die U-Mineralisation Naters auftritt, ist älter als der herzynische Zentrale Aaregranit. In Aufschlüssen der Massaschlucht kann die Vererzung über rund 80 m im Fallen verfolgt werden. Das radioaktive Material ist sehr feinkörnig und feinstverteilt im Gestein, häufig von Biotit und Pyrit begleitet. Der Urangehalt konnte chemisch nachgewiesen werden; die mineralogischen Untersuchungen zur Ermittlung der Art des Uranträgers sind aber noch im Gange.

2.2 Tavetscher-Zwischenmassiv

Im Verlaufe von Oberflächenprospektionsarbeiten durch die Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung schweizerischer Lagerstätten mineralischer Rohstoffe in Bern ist bei Tiraun (nahe Truns im Vorderrheintal), anfänglich im Blockschutt, eine interessante Indikation festgestellt worden. Später zeigte es sich, dass die Pechblende-Vererzung an stark zerrüttete Muskovitgneise des Tavetscher-Zwischenmassivs gebunden ist. Weitere Untersuchungen zur Abklärung, insbesondere der geologischen Gesamtsituation, sind noch im Gange.

3. Bergellermassiv

Die Masse des jungen Bergellergranites ist in das alpine Deckengebäude eingedrungen. *Grünenfelder* und *Stern* (1960) haben das Zirkon-Alter des Bergellermassivs zu 25 ± 10 bzw. 30 ± 10 Millionen Jahre bestimmt (Pb/ α – Alter zweier Zirkondurchschnittsproben). Da bereits durch *Hirschi* (1925) Pechblende und Uranophan beschrieben worden sind, war es naheliegend, in

Stollen, die das Bergellermassiv queren, radiometrische Messungen auszuführen. Deutliche Indikationen wurden dabei in Klüften und Myloniten gefunden, wo in zerdrücktem Granit (meist lettenartiges Material) Uranophanbeläge gehäuft auftreten. Abb. 4 zeigt einen Ausschnitt eines radiometrischen Stollenprofils, wie es durch Messungen mit einem Szintillationszähler erhalten wurde. Erste Oberflächenuntersuchungen, die allerdings nur einen kleinen Teil des topographisch reich gegliederten Gebirgsmassiv erfassten, konnten noch keine wichtige Uranindikation nachweisen.

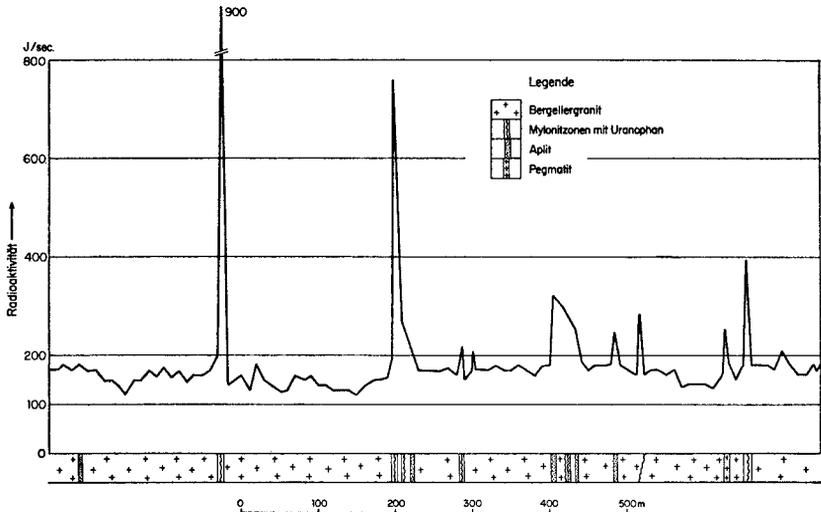


Abb. 4 Teilstück des radiometrischen Profils des Stollens Murtaira-Albigna der Bergeller Kraftwerke

4. Helvetische Zone

Neue und interessante Uranmineralisationen sind durch Bächtiger im Gebiet der Mürtschenalp entdeckt und mit Mitteln der Gruppe Eisenbergwerk Gonzen AG in Sargans weiter untersucht worden. Die Uranvorkommen liegen im Bereiche des helvetischen Glarnerverrucanos, südlich des Walen-sees und werden von Bächtiger (1958, 1963) beschrieben. Aus dem Gebiet der Mürtschenalp haben Troeger (1860) und Stöbr (1865) erstmals für die Schweiz mit Sicherheit ein Uranmineral (= Uranglimmer) nachgewiesen.

Nach Bächtiger handelt es sich bei den Mürtschenalp-Vorkommen um imprägnationsartige Uran-Mineralisierungen. Die Pechblende-Paragenese

ist an N-S-Zerrüttungszonen, charakteristische SW-NE-Klüfte und vereinzelt an stratigraphische Horizonte von permischen Sandsteinen und Breccien bis Konglomeraten des sogenannten Verrucano gebunden. Haupterzminerale sind Pechblende, Brannerit, Melnikovit-Pyrit, Pyrit, Zinkblende, Kupferkies, Fahlerz und Bleiglanz. Weniger häufig treten auf: Arsenkies, Linneit, Millerit und Bravoiit. Eine eigentliche Gangart fehlt. Genetisch verbunden ist damit ein SW-NE verlaufendes Gangsystem mit einer jüngeren Mineralisation, der Bornit-Paragenese, die im letzten Jahrhundert Veranlassung zu Kupferbergbau auf Mürtschenalp gab. Dieser Bornit wird begleitet von Ag- und Mo-haltigen sowie weiteren Erzminerale, die an eine vorwiegend dolomitische, seltener quarzig-kalzitische Gangart gebunden sind.

Die keineswegs zu Ende geführte Prospektion im ausgedehnten Verrucanogebiete hat weitere kleinere Indikationen geliefert, so z.B. bei Affeier im Vorderrheintal.

5. Südalpen

Aus dem südalpinen Gebiet sind erhöhte Urangelhalte in den bituminösen Schiefern der Trias, in der Grenzbitumenzone (Anisien-Ladinien) bei Meride (südlich von Lugano) gefunden worden. Diese Schiefer bilden dünne Lagen im Dolomit und können in Einzelproben ca. 10–100 ppm e U enthalten.

E. Vorkommen in übrigen Gebieten der Schweiz

Im Bereiche des schweizerischen Mittellandes und des Juragebirges konnten bisher nur vereinzelte, verhältnismässig eng begrenzte Gebiete oder typische Profile radiometrisch abgetastet werden. Unsere Kenntnisse über die Radioaktivität in diesen Zonen sind daher noch sehr lückenhaft. Es bot sich hier kaum die Möglichkeit für Stollenmessungen.

1. Mittelland

Erhöhte Urangelhalte sind in Pechkohlen der tertiären Molasse festgestellt worden. Vorkommen von gering mächtigen miozänen Molassekohlen sind: Bleiken, Blapbach, Echteltswil, Käpfnach, Riedhof und Sellenbüren (siehe Abb. 1). Für diese Vorkommen gibt es Analysen mit mehr als 50 ppm e U. In diesen Kohlen und zum Teil in den sie begleitenden Mergeln ist das Uran sehr unregelmässig verteilt. Einzelne Partien oder cm-dm-mächtige Flözteile

haben auch höhere Werte ergeben. Eine radiometrisch nicht ausgesuchte Belegprobe des aufgelassenen Kohlenbergwerkes Echeltswil enthält beispielsweise 133 ppm Uranaequivalent. Möglicherweise bestehen hinsichtlich der Uranführung der Kohlen gewisse Beziehungen zu überlagernden Konglomeratbänken, die reich an kristallinen Geröllen sind.

Im Gebiet von Blapbach hat die Uran AG (Bern) Untersuchungen und Schürfungen ausgeführt, die dabei gewonnenen Resultate aber nicht publiziert.

2. Uranhaltige fossile Knochen bei Langenthal

Im Mai 1931 erhielt das Naturhistorische Museum Bern aus der Materialgrube der ehemaligen Ziegelei Langenthal Knochen und Zähne eines Rhinoceren. Die jetzt aufgelassene Grube liegt am südwestlichen Waldrande des Wischberges. Die Fossilien sind 10 m tief in einer 2–3 m dicken, blauen Sandmergelschicht gefunden worden. Dieser der untern Süsswassermolasse (= Aquitan) angehörende geologische Horizont lag zwischen blauen Sandsteinen, die das Liegende bildeten und harten, gelben Mergeln im Hangenden. Der Fossilfund ist seinerzeit durch *Ed. Gerber* (1932) und *S. Schaub + J. Hürzeler* (1949) beschrieben worden. (Siehe auch die Geol. Karte von Langenthal, 1:10 000 in *Kopp, J.*, 1935.) Der Rhinocere soll dem *Aceratherium lemanense* Pomel recht nahe stehen. Im Rahmen von radiometrischen Messungen an Proben des Naturhistorischen Museums Bern stellte kürzlich Herr A. Arnold, Assistent der Geologisch-Mineralogischen Abteilung, an diesen Knochen erhöhte Werte fest. Anschliessend im Geochemischen Labor des Mineralogisch-petrographischen Institutes der Universität Bern durchgeführte chemische Analysen zeigten die Anwesenheit von Uran (siehe Tabelle 2). Anlässlich einer Feldbegehung vom 28. 3. 1961, an der Herr Dr. F. Brönnimann die Freundlichkeit hatte, den Verfasser und Herrn Arnold zu den Gruben Wischberg und in den Wald NW Dennli zu führen, wurden auch radiometrische Messungen in den Gruben und an Knochen durchgeführt, die im Heimatmuseum Langenthal ausgestellt sind. Sowohl Knochen des *Aceratherium* als auch die fossilen Schildkröten aus der ebenfalls aufgelassenen Dennli-Grube ergaben erhöhte Werte. Die im Herbst 1947 gefundenen Schildkröten sind von *H. Bräm* (1952) als *Ptychogaster reinachi* n.sp. bestimmt worden und stammen aus bunten Mergeln der untern Süsswassermolasse (= Aquitan). Im anstehenden Fels der oben erwähnten Gruben konnten nirgends erhöhte radiometrische Werte gefunden werden.

Tabelle 2. Urangelhalte fossiler Knochen bei Langenthal

(= Werte Uran in Gramm bezogen auf eine Tonne Knochensubstanz)

Aceratherium lemanense Pomel (femur dexter, Nr. AcLa 1*)	830
Ptychogaster reinachi n.sp. (Knochenreste, Nr. W3*)	305

*Herrn Dr. W. Künzi, Direktor des Naturhistorischen Museums Bern und Herrn Dr. F. Brönnimann, Betreuer des Heimatmuseums Langenthal, sei für die Abgabe von Untersuchungsmaterial verbindlich gedankt.

Natürlich haben diese uranhaltigen Knochen bloss wissenschaftliches Interesse. Es schien aber richtig, im Jahrbuch Oberaargau eingehender auf diese Beobachtung einzugehen. Zum Schluss soll aber noch etwas über die Herkunft des Urans in diesen Knochen gesagt werden. Die beschriebenen fossilen Knochen bestehen, wie in andern Fällen, aus Calciumphosphat. Es ist nun seit längerer Zeit bekannt, dass zirkulierendes Uran in fossiler Knochensubstanz festgehalten und angereichert werden kann. Das Element Uran gehört geochemisch zu den lithophilen, d.h. zu den Elementen, die sich besonders gern mit Sauerstoff verbinden. Zudem hat sich mehr und mehr gezeigt, dass Uran ein sehr bewegliches Metall ist: Uran kann zu einer bestimmten geologischen Zeit irgendwo in der Erdkruste (= Lithosphäre) abgelagert worden sein; es geht aber nach erfolgter Lösung leicht wieder auf Wanderschaft, während besonderer geologischer Ereignisse, wie bei späteren gebirgsbildenden Prozessen oder in wässrigen Lösungen. In zirkulierenden Lösungen ist Uran sechswertig und kann dann wieder zum vierwertigen Uran reduziert und im Gestein beispielsweise als Uranoxyd (= Pechblende) fixiert werden. Wie gelangte aber das Uran in die beschriebenen Knochen von Langenthal? Das Nebengestein der Knochen ist zwar nicht mehr vorhanden, doch weisen von uns untersuchte Aquitanmergel vom Bahnhofbau Bern Urangelhalte bis zu 10 Gramm pro Tonne auf. Diese Werte sind etwas höher als der Durchschnitt für Sedimente (1,2–4,0 g/t Uran). Aus den leicht uranhaltigen Sedimenten der Molasse gelangte das Uran in das da und dort in Gesteinsschichten zirkulierende Wasser. Beim Durchgang durch die poröse Knochenmasse vermag diese das Uran zu fixieren; gleichzeitig wird das vierwertige Uran-Ion (Ionenradius = 0,97 Angström) gegen das etwa gleich grosse Calcium (Ionenradius Ca^{+2} = 0,99 Angström) des Kristallgitters der Knochenmasse ausgetauscht. Im Verlaufe längerer Zeiträume kann es so zu den beobachteten Uran-Anreicherungen in den Knochen kommen.

3. Juragebirge

Erhöhte Aktivitäten sind vor allem an gewissen bituminösen Schiefen (z.B. im Liasepsilon des Mont Terri, über dessen Geochemie, ohne Uran, *Bitterli* 1959/60 berichtet), in tonigen Horizonten (Perm der Bohrung Wintersingen) und in Wirbeltierknochen (*Dinotherium giganteum* bei Delsberg, mit rund 2000 ppm U) gefunden worden.

F. Wirtschaftliche Bedeutung der Vorkommen

Durch die Prospektionsarbeiten der letzten Jahre sind insbesondere in den Alpen einzelne Uran-Vorkommen gefunden worden, die mit gutem Recht als schürfwürdig bezeichnet werden dürfen. Nach dem so erfolgten Nachweis von Uranerz geht es nun darum, die Fortsetzung der vererzten Gesteinszone unter der Felsoberfläche zu suchen. Die wichtigen Uranerzvorkommen müssen erschürft werden, d.h. es gilt, durch Vortreiben von Versuchsstollen, Abteufen von grösseren Schürffgräben und Schächten und von Kernbohrungen das Ausmass, die Art und die Bedeutung der Vererzung zu ermitteln. Diese Arbeiten sind kostspielig, aber für die Beurteilung der wirtschaftlichen Bedeutung einer gefundenen Vererzung unerlässlich. Mit den verfügbaren technischen und finanziellen Mitteln war es aber unmöglich, die wirtschaftliche Bedeutung der Vorkommen bereits zu beurteilen. Die gegenwärtige Zeit der allgemeinen Uranschwemme sollte uns nicht dazu verleiten, untätig zu sein. Es dauert erfahrungsgemäss lange, bis ein Uranvorkommen zur nutzbaren Lagerstätte wird. Nach Voraussagen massgeblicher Stellen ist in nicht allzuferner Zukunft wieder mit einer Verschärfung auf dem Uranmarkt zu rechnen. In andern Ländern, wie z.B. in Schweden, schliessen die Reaktorprogramme die Suche nach einheimischen Kernbrennstoffen in sich. Der Verfasser hatte Gelegenheit, das Uranbergwerk Ranstad in Südschweden zu besuchen, wo unter günstigen Abbaubedingungen U-haltige Schiefer mit durchschnittlich nur 300 g/t Uran verarbeitet werden. Schweden will seine Atomenergie nicht allein auf ausländisches Uran basieren, sondern bewusst eigene Rohstoffe nutzen und dabei wertvolle Erfahrungen sammeln. Das Beispiel Schwedens könnte bestimmt auch für die Schweiz wegweisend sein. Bei der ständigen Verknappung an elektrischer Energie ist der Schritt zur Atomenergie nicht mehr zu umgehen, und zwar bevor die letzten Wasserläufe gefasst und nicht wieder gutzumachende Schäden an unseren schönen

Naturlandschaften entstanden sind. Unter dem Vorsitz des Delegierten des Bundesrates für Fragen der Atomenergie gehen die vorbereitenden Arbeiten weiter, um die nötigen finanziellen Mittel zur Erschürfung schweizerischer Uranvorkommen zu mobilisieren. An einer gründlichen Abklärung der Rohstoffbasis für Kernbrennstoffe in der Schweiz sind sicher Energieerzeuger und -konsumenten in gleichem Masse interessiert. Die Schweiz kann sich der Aufgabe nicht entziehen, die Abbaumöglichkeiten von Uran und andern für die Atomenergie wichtigen Rohstoffen zu prüfen, was in andern Industriestaaten bereits weitgehend geschehen ist.

Literaturverzeichnis

1. Zur Uranprospektion in der Schweiz?

a) Untersuchungen seit 1955

- Bächtiger, K.* (1958): Die Uranmineralisationen an der Mürtschenalp (Kanton Glarus, Schweiz). Schweiz. Min. Petr. Mitt. 38, 387–391.
- Bächtiger, K.* (1963): Die Kupfer- und Uranmineralisationen der Mürtschenalp (Kanton Glarus, Schweiz). Beiträge zur Geologie der Schweiz. Geotechn. Serie, Lief. 38 (im Druck).
- Elbel, A. W., Hügi, Th. und Labbart, T.* (1962): Ermittlung radiometrischer Anomalien mit einem speziellen Zählrohr-Suchgerät. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 42, 647–653, gleichzeitig Beiträge zur Geologie der Schweiz, Kl. Mitt. Nr. 29.
- Grüenfelder, M. und Stern, T. W.* (1960): Das Zirkon-Alter des Bergeller Massivs. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 40, 253–259.
- Halm, Ed., Herbst, W. und Mastrocola, A.* (1962): Messung des natürlichen Strahlenpegels in der Schweiz. Bull. Eidg. Gesundheitsamt vom 22. 12. 62, Beilage B, Nr. 6.
- Hügi, Th.* (1956): Radioaktive Mineralien und Gesteine in der Schweiz. Technische Rundschau, Nr. 4, 2–3 (Hallwag Bern).
- Hügi, Th. und de Quervain, F.* (1957): Die Suche nach Ausgangsmaterialien für Kernbrennstoffe in der Schweiz. Mitteilungsblatt des Delegierten für Fragen der Atomenergie, 1. Jg., Nr. 3, 7–12.
- Hügi, Th.* (1958): Uranvererzungen in Gesteinen des Wallis (Schweiz). Schweiz. Min. Petr. Mitt. 38, 393–402.
- Hügi, Th., de Quervain, F. und Weltri, G.* (1958): Uranvererzungen in Gesteinen des Bernhardkristallins (Kanton Wallis, Schweiz). Experientia 14, Nr. 7, 234.
- Hügi, Th., de Quervain, F. und Rickenbach, E.* (1958): Der gegenwärtige Stand der Erforschung der Uranvorkommen in der Schweiz. Mitteilungsblatt des Delegierten für Fragen der Atomenergie, 3. Jg., Nr. 4, 34–36.
- Hügi, Th., de Quervain, F. et Rickenbach, E.* (1959): Les minéralisations d'uranium dans les Alpes suisses. Soc. Européenne d'Énergie Atomique, Colloque de Grenoble sur la genèse des minéralisations uranifères des Alpes Occidentales, 17.–27. 9. 59, pp. 85–95 (Paris).

- Hügi, Th., de Quervain, F. und Hofmänner, F. (1962): Übersichtskarte der Uran- und Thorium-Mineralisationen der Westalpen 1:500 000, mit Begleittext. Verlag Kümmerly und Frey Bern.
- de Quervain, F. (1958): Chalkographische Beobachtungen an der Uranlagerstätte Iséribles im Wallis. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 38, 488–490.
- Rickenbach, E. (1959): Der Stand der Uranforschung in der Schweiz. Bull. Ver. Schweiz. Petrol. Geol. u. Ing. 25, Nr. 69, 14–19.
- Rybach, L. (1961): Radiometrische Untersuchungen in der Misoxermulde. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 41, 85–102, gleichzeitig Beiträge zur Geologie der Schweiz, Kl. Mitt. Nr. 22.
- Rybach, L. und Hafner, St. (1962): Radioaktivitätsmessungen an Gesteinen des St. Gotthard-Profiles. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 42, 209–219; gleichzeitig: Beitr. zur Geol. der Schweiz, Kl. Mitt. Nr. 25.
- Rybach, L., Hafner, St. und Weibel, M. (1962): Die Verteilung von U-Th, Na, K und Ca im Rotondogranit. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 42, 307–320; gleichzeitig: Beitr. zur Geol. der Schweiz, Kl. Mitt. Nr. 28.
- b) Frühere Untersuchungen*
- Begemann, F. (1954): Messung des Thorium- und Radiumgehaltes von Gesteinen mit dem Proportionalzählrohr. Helv. Phys. Acta, 27, 451–466.
- Erlenmeyer, H., Oppliger, W., Stier, K. und Blumer, M. (1950): Die Bestimmung von Uran in Gesteinen. Geochemische Untersuchungen I. Helv. Chimica Acta 33, 25–36.
- Hirschi, H. (1924): Ein Pechblendevorkommen in der Schweiz. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 4, 398.
- Hirschi, H. (1925): Uranerz in tertiärem Granit vom Bergeil. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 5, 429–430.
- Jaquerod, A. et Payot, R. (1960): Distribution de la Radioactivité en Suisse. Bericht über die Tätigkeit der Schweizerischen Studienkommission für Atomenergie von 1946 bis 1958. Experientia Supplementum VIII, 79–83, Birkhäuser, Basel.
- Payot, R. et Jaquerod, A. (1953): Distribution de la Radioactivité en Suisse. Mém. Soc. de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève, 42, fasc. 3, 253–320.
- Stier, K. (1950): Über das Vorkommen des Urans in schweizerischen Sedimentgesteinen. Unpubl. Diss. Phil. Naturw. Fak. Univ. Basel, verkürzte Fassung, 7 Seiten, publ. Basel 1950; (gleichzeitig enthalten in: Erlenmeyer, Oppliger, Stier, und Blumer 1950.)
- Stöhr, E. (1865): Die Kupfererze an der Mürtschenalp und der auf ihnen geführte Bergbau (1854–1861). Neue Denkschriften der allg. Schweiz. Ges. für die gesamte Naturwiss. 21, 365, Zürich 1865.
- Troeger, G. (1860): Über den Kupfer- und Silberbergbau der Mürtschenalp im Kanton Glarus der Schweiz. Berg- und hüttenmännische Zeitung 19.

2. Hinweise allgemeiner Art

- Bitterli, P.* (1959/60): Bituminous Posidonienschiefer (Liasepsilon) of Mont Terri, Jura Mountains. Bull. Ver. Schweiz. Petrol. Geol. u. Ing. 26, Nr. 71, 41–48.
- Brähm, H.* (1952): *Ptychogaster reinachi* n. sp. aus dem Aquitan des Wischberges bei Langenthal. Eclogae geol. Helv. 45, 319–322.
- Gerber, Ed.* (1932): Über den Fund eines Rhinocerotiden aus der untern Süsswassermolasse von Langenthal und dessen stratigraphische Stellung. Eclogae geol. Helv. 25, 274–275 (s. auch: 29, 1936).
- Huttenlocher, H. F.* (1934): Die Erzlagerstättenzonen der Westalpen. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 14, 22–144, gleichzeitig: Beitr. Geol. der Schweiz, Geotechn. Serie, Kl. Mitt. Nr. 4, Bern 1934.
- Kopp, à.* (1935): Zur Geologie von Langenthal (mit geol. Karte 1:10 000). Langenthaler Heimatblätter, S. 9–15. Herausg. Historische Gesellschaft Langenthal (Buchdruckerei Merkur AG, Langenthal).
- Kündig, E. und de Quervain, F.* (1953): Fundstellen mineralischer Rohstoffe in der Schweiz. Mit Übersichtskarte 1:600 000, herausgegeben von der Schweiz. Geotechn. Kommission, Kommissionsverlag: Kümmerly und Frey, Bern.
- Schaub, S. und Hürzeler, J.* (1948): Die Säugetierfauna der Aquitanien vom Wischberg bei Langenthal. Eclogae geol. Helv. 41, 354–366.
- Turekian, Karl, K. and Wedepohl, K. H.* (1961): Distribution of the Elements in some Major Units of the Earth's Crust. Geol. Soc. Am. Bull. 72, 175–192.