

Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft in Bern
Band: 80 (2023)

Artikel: Radiometrische Anomalien in der Umgebung von Törbel, nahe Visp im Wallis
Autor: Stucki, Ruedi
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1049735>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 30.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Radiometrische Anomalien

in der Umgebung von Törbel, nahe Visp im Wallis

Autor
Ruedi Stucki

Im Rahmen dieser Arbeit wurde im Gebiet von Törbel-Moosalp-Zeneggen nach Stellen mit erhöhtem Pegel ionisierender Strahlung gesucht, sogenannten «radiometrischen Anomalien». Die Strahlung dieser Indikationen rührt von Uranvorkommen her. Die Uranprospektion in den Schweizer Alpen wird kurz in den historischen Zusammenhang gestellt und es wird auch knapp auf die physikalischen Eigenschaften der ionisierenden Strahlung und der Geräte zu deren Nachweis eingegangen. Das Hauptaugenmerk liegt jedoch auf der Kartierung der Fundstellen und der Einordnung der Anomalien in ihren geologischen Kontext. Zu diesem Zweck werden die Indikationen in vier Kategorien eingeteilt und diskutiert. Von einigen Erzproben wurde mittels Gammaspektroskopie der Urangehalt gemessen.

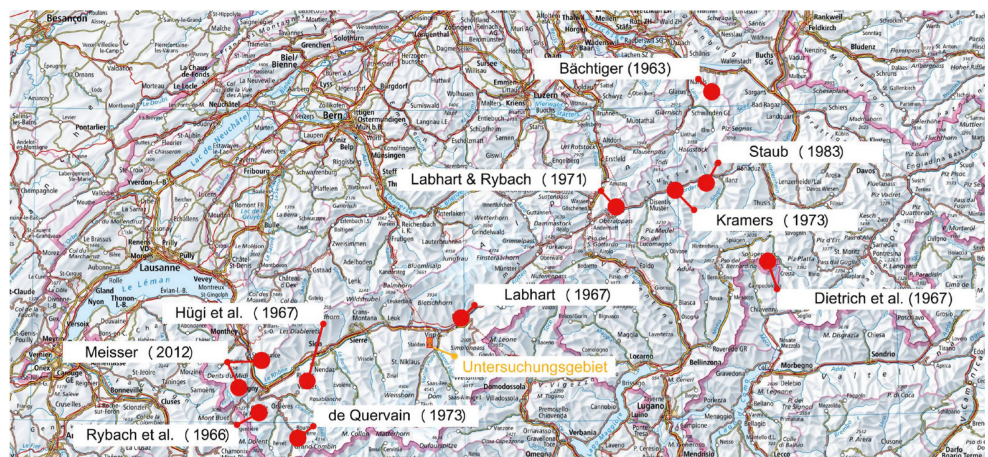


Abb. 1: Stellen mit Uranvorkommen und einige veröffentlichte Arbeiten dazu, sowie das Untersuchungsgebiet dieser Arbeit. Es wurde dazu die «Landeskarte 1:1 Million» bearbeitet (MAP.GEO.ADMIN.CH 2022a).

Einleitung

Ab Mitte der Fünfziger- bis Mitte der Achtzigerjahre des letzten Jahrhunderts wurde in der Schweiz vor allem das Gebiet der Alpen recht intensiv auf Uranvorkommen untersucht. Über die meisten Stellen existieren ausführliche Publikationen (siehe *Abb. 1*). Eine mit vielen Karten und Profilen illustrierte Zusammenfassung aller, auch nicht publizierter Arbeiten, gibt GILLIÉRON (1988). Seit dieser Zeit hat nur noch MEISSER (2012) eine sehr detaillierte Arbeit vor allem über die Uran-Mineralogie im Südwesten des Wallis veröffentlicht.

Im Mattertal hingegen sind die Verhältnisse bezüglich Uranvorkommen nebst GILLIÉRON (1988) recht spärlich dokumentiert: LEU (1970), KÖPPEL (1964), FELDMANN (1986). Insbesondere fehlen mit einer Ausnahme zunächst genaue Ortsangaben. Der Autor hat in den letzten 13 Jahren in etwa 35 Tagesexkursionen den Perimeter Törbel-Moosalp-Zeneggen besucht und nach radiometrischen Anomalien gesucht, sowie ferner einen Blick auf die Zone Embd-St. Niklaus geworfen, siehe *Abb. 2*, sowie *Abb. 7 und 14*. Die Zeit wurde vor allem darauf verwendet, in diesem weitläufigen Gebiet die Indikationen überhaupt zu finden. Alle ca. 170 Fundstellen wurden mit Strahlungs-Messwerten, Koordinaten sowie photographisch dokumentiert. Es steht in dieser Veröffentlichung daher eher ein Kompendium der Stellen im Vordergrund und ferner der Versuch, die Indikationen in die geologischen Verhältnisse einzuordnen und Schlüsse zu ziehen. Falls auch mineralogische Informationen verfügbar sind, werden sie erwähnt. Anomalien südlich des Törbelbachs, insbesondere die bekannten beim Scheibenstand von Embd werden in diesem Bericht nicht betrachtet. Koordinaten der meisten im Text erwähnten Stellen finden sich entweder in den Abbildungsbeschreibungen oder im Anhang.

Im Jahr 2008 hatte eine kanadische Firma (heute: AURANIA.COM) eine Konzession zur Prospektion im Wallis (Trienttal, Mont Chemin und Gebiet Nendaz-Verbier) erworben HABICHT (2008), PINGUELY (2019). Es wur-

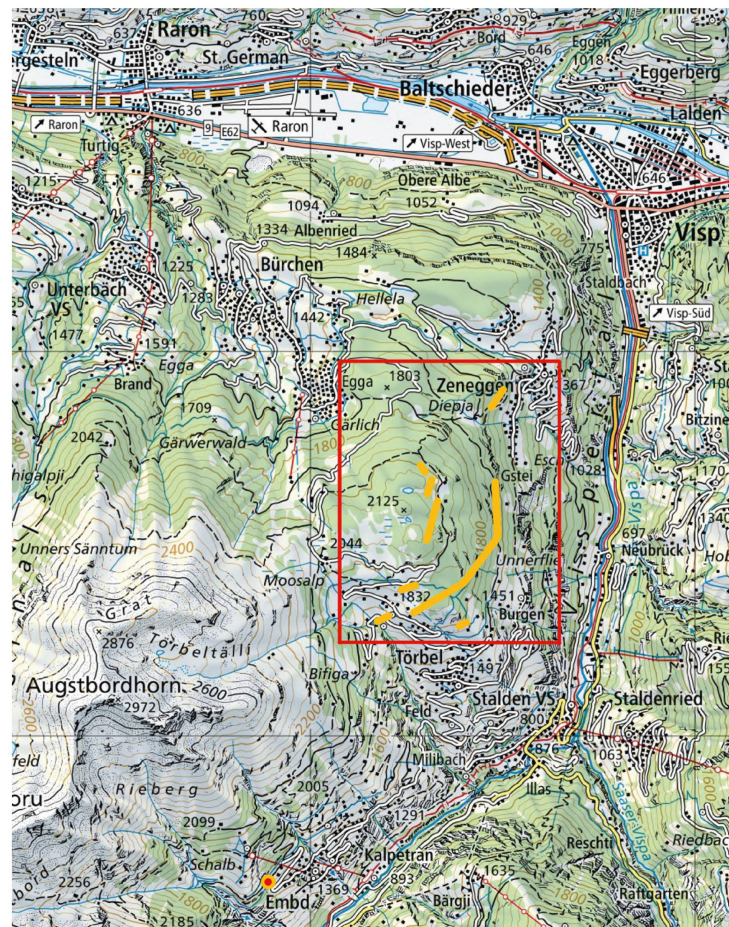


Abb. 2: Das rotumrandete Rechteck zeigt das Untersuchungsgebiet in *Abb. 7*. Gelb sind die Stellen mit radiometrischen Anomalien ange-deutet. Unten links ist die bekannte Indikation beim Scheibenstand von Embd eingezeichnet. Es wurde dazu die «Landeskarte 1:100 000» bearbeitet (MAP.GEO.ADMIN.CH 2023).

den ausgiebig Proben entnommen, die man numerisch auf Uran-, Gold- und Kupfergehalte untersuchte. Die Untersuchungsergebnisse wurden ins Netz gestellt, sind aber heute verschwunden; das Projekt wurde aufgegeben. Offensichtlich hat die Gruppe nebst Uran auch die alte Weisheit «Le Valais est riche en mines pauvres» (ANSERMET 2012) gefunden, wie schon viele andere vorher auch, inklusive die oben erwähnten Uranprospektoren. Ein wirtschaftlicher Abbau von Erzen lohnte und lohnt sich – glücklicherweise – aufgrund der aus tektonischen Gründen fast durchwegs absätzigen Verer-

U 230 20.8 d α 5.888; 5.818... γ (72; 154); 230...; e ⁻ σ 1-25	U 231 4.2 d ϵ ; α 5.456; 5.471; 5.404 γ 26; 84; 102... e ⁻ ; σ 1-250	U 232 68.9 a α 5.320; 5.262... Ne 24; γ (58; 129); e ⁻ σ 73; σ 1-74	U 233 1.592 · 10 ⁵ a α 4.824; 4.783... Ne 25; γ (42; 97...); e ⁻ σ 47; σ 530	U 234 0.0054 2.455 · 10⁵ a α 4.775; 4.723...; f Mg 28; Ne; γ (53; 121...); e ⁻ ; σ 86; σ 97	U 235 0.7204 26 m 7.038 · 10⁸ a α 4.398...; f Ne; γ 186...; e ⁻ ; σ 95; σ 586	U 236 120 ns 2.342 · 10⁷ a α 4.484; 4.445...; f γ 1783; 642...; e ⁻ ; σ 5; 3	U 237 6.75 d β 0.2...; γ 60; 208...; e ⁻ ; σ 1-100; σ 1-0.35	U 238 99.2742 298 ns 4.468 · 10⁹ a α 4.198...; f 28; γ 50...; e ⁻ ; σ 27; σ 3-5	U 239 23.5 m 1.2; 1.3... γ 75; 44...; e ⁻ ; σ 22; σ 1-15
--	---	--	--	--	--	--	---	--	--

Abb. 3: Dieser Ausschnitt aus der Nuklidkarte, 7. Auflage (MAGILL ET AL., 2006), zeigt eine Auswahl von Uran-Isotopen. Grundsätzlich wird ein chemisches Element durch die Anzahl Protonen im Kern definiert. Im Fall von Uran sind es 92. Die Neutronenanzahl darf variieren, es gibt diverse sogenannte Uran-«Isotope». In dieser Abb. sind zehn davon mit ihren wichtigsten Eigenschaften – auf die an dieser Stelle nicht eingegangen wird – dargestellt. Als Beispiel betrachten wir U-238. Die Zahl 238 ist gleich der Summe der Protonen- und Neutronenanzahl, also stecken im U238-Kern genau $238 - 92 = 146$ Neutronen. Im Natururan ist das Isotop U-238 mit 99,2742 % Vorkommen bei weitem das häufigste.

zungen wirtschaftlich selten oder nie; siehe zum Bergbau im Wallis die schönen Werke von ANSERMET (2001) und ANSERMET (2012).

Ein kurzer historischer Exkurs

Es drängt sich die Frage auf, warum eigentlich in der Schweiz nach Uranvorkommen gesucht wurde. Antworten dazu liegen selbstverständlich im genuinen wissenschaftlichen Interesse, insbesondere an den sehr vielfältigen Uran-Mineralisationen.

Man kommt aber nicht umhin, einen Blick auf die politisch-wirtschaftlich-militärische Situation der Nachkriegszeit zu werfen. 1945 wurde vom eidgenössischen Militärdepartement EMD die «Studienkommission für Atomenergie» SKA initiiert (ZEMAN 2009). 1955 konnte ein von den USA anlässlich der «Internationalen Konferenz für die

friedliche Anwendung der Atomenergie» in Genf installierter Forschungsreaktor erstanden werden. Dieser Reaktor wurde von der Eidgenossenschaft der neugegründeten «Reaktor AG» in Würenlingen zur Verfügung gestellt und 1957 als Schwimmbad-Leichtwasserreaktor «Saphir» mit einer thermischen Leistung von 1 MW in Betrieb genommen. Leichtwasserreaktoren (LWR) können nur mit angereichertem Uran betrieben werden.

Die Reaktor AG entwickelte parallel dazu den Schwerwasserreaktor «Diorit», mit 20 MW thermischer Leistung, der 1960 den Betrieb aufnahm. Schwerwasserreaktoren (SWR) können mit Natururan betrieben werden.

Im selben Jahr 1960 gingen die Anlagen an die Eidgenossenschaft über als «Eidgenössisches Institut für Reaktorforschung» EIR in Form einer Annexanstalt der ETH. Heute ist das ehemalige EIR Teil des «Paul Scherrer Instituts» PSI, (EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR REAKTORFORSCHUNG 1973).

Im selben Zeitraum wurde 1956 der «Arbeitsausschuss für die Untersuchung schweizerischer Mineralien und Gesteine auf Atombrennstoffe und seltene Erden» gegründet und mit der Uranprospektion begonnen. Eines der ersten Untersuchungsobjekte war ein in Bau befindlicher Druckstollen zwischen Fionnay und der Zentrale bei Riddes (HÜGI ET AL. 1967).

In den Sechzigerjahren wurde in einer Kaverne bei Lucens ein weiterer von Schweizer Firmen entwickelter SWR in Betrieb genommen, welcher eine elektrische Leistung von 30 MW aufwies. Eine teilweise Kernschmelze setzte diesem von Anfang an nicht

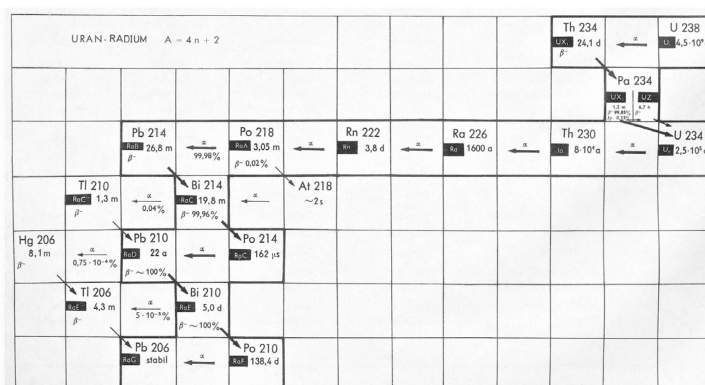


Abb. 4: Die «Natürliche radioaktive Familie» von U-238 [Nuklidkarte, 5. Auflage, SEELMANN-EGGEBERT ET AL. (1981)] zeigt übersichtlich die möglichen Zerfallskanäle des Urankerns. Am Schluss landen alle beim Blei-Isotop Pb-206.

unumstrittenen Projekt am 21. Januar 1969 ein definitives Ende.

SWR können, wie oben erwähnt, mit Natururan betrieben werden. SWR eignen sich gut, um (spaltbares) Plutonium-239 zu erbrüten. Die Eidgenossenschaft hat den Reaktorbau und die Uranprospektion grosszügig subventioniert; gemäss MEISSER (2012) wurden zwischen 1966 und 1984 vom Bund insgesamt CHF 3 844 000 für die Suche nach und den Abbau von Uran zur Verfügung gestellt. Unter diesen Gesichtspunkten drängt sich natürlich die Frage auf, inwieweit militärische Interessen im Spiel waren. Einen guten, kurzen Überblick zu dieser nicht uninteressanten Thematik gibt ZEMAN (2009), aus dessen Arbeit wir zitieren:

«Zusammenfassend lässt sich sagen, dass in den Quellen nichts auszumachen ist, was explizit für eine militärische Orientierung des Baus von Lucens spricht. Der Reaktor hatte aber sehr wohl militärische Qualitäten und hätte eigentlich ganz gut in die damalige nukleare Bewaffnungspolitik des Bundes gepasst. (...) Für einen Gesamtüberblick über die Materie müsste auch noch die Perspektive eines weiteren, wichtigen Akteurs einbezogen werden: Die schweizerischen Elektrizitätsgesellschaften waren als die potentiellen Käufer von Reaktoren schlechthin nie richtig an der schweizerischen Reaktorlinie interessiert. Diese Tatsache macht die Argumentation des Bundesrates für eine staatliche Unterstützung eines eigenen Reaktors noch unglaublich unwahrscheinlich. Ebenso gälte es, die damalige politische Grosswetterlage, insbesondere die amerikanische «Atoms for Peace»-Politik, zu berücksichtigen.»

Zum Schluss kann man noch einmal MEISSER (2012) anführen, der erwähnt, dass die Regierung trotz Unterzeichnung des Nonproliferations-Vertrages NPT im Jahr 1969 und dessen Ratifizierung 1977 die nukleare Option erst 1988 beendet hat. Man kann sogar festhalten, dass die aufwendigsten Arbeiten wie die über einen Kilometer langen Stollenbauten von La Creusaz oberhalb des Marécottes erst nach der Ratifizierung stattfanden. Aus dem Jahr 1988 datiert ebenfalls die Zusammenfassung aller Prospektionsarbeiten durch GILLIÉRON (1988).



Abb. 5: Vorderansicht der NaI-Szintillationszähler-Eigenentwicklung HAL-2022. Quer darauf liegt ein Rohr, welches den NaI-Kristall und den sogenannten Photomultiplier enthält. Die goldfarbene Folie soll zu rasche Temperaturänderungen im Freien verhindern, zusätzlich ist das Rohr durch eine Schaumstoffumhüllung vor (im Feld unvermeidlichen) Schlägen und Erschütterungen geschützt.



Abb. 6: Der Geiger-Müller-Zähler «Inspector» mit externem Pancake-Zählrohr (Mitte) zeigt aktuell eine Äquivalenzdosisleistung von 0.113 Mikrosievert/Stunde an. Das Zählrohr verfügt über ein Fenster mit einer 8 Mikrometer dünnen Mica-Folie, welche durchlässig für Alphastrahlung ist. Gegen mechanische Beschädigung ist sie mit einem Gitterchen geschützt. Wenn man das Fenster mit dem Aludeckel (rechts) abdeckt, wird nur noch Gammastrahlung gemessen.

Siehe zum typisch eidgenössischen «Hin und Her» um den NPT auch WOLLEMAN (2004). Der Kreis schloss sich, als im Jahr 2016 die rund 20 kg des vom Schwerwasserreaktor Diorit erbrüteten im Prinzip waffenfähigen Plutoniums den USA übergeben wurden (HAUSMANN 2016).

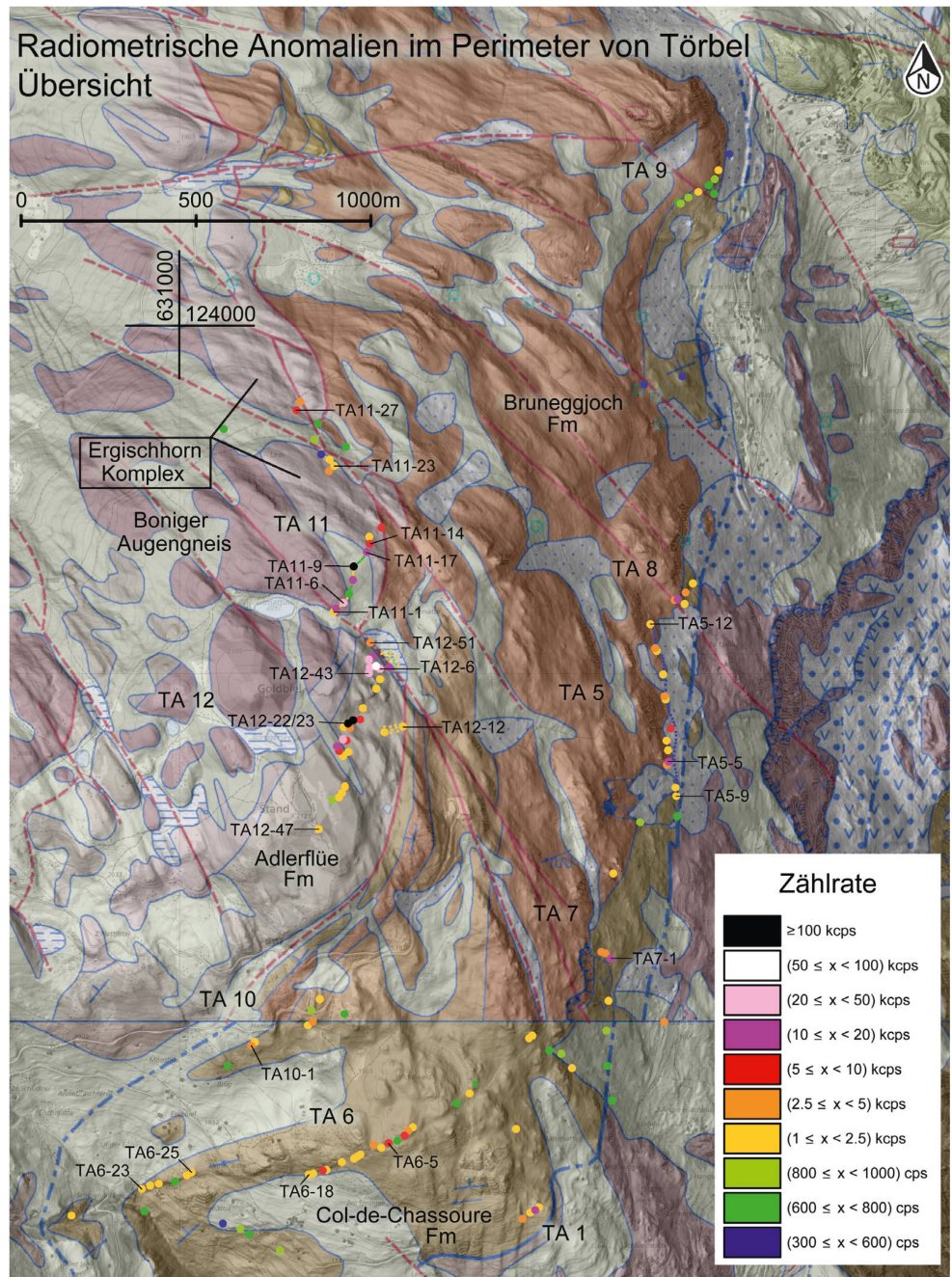


Abb. 7: Übersichtskarte des Untersuchungsgebiets mit Indikationen und deren Zählraten. Die farbigen Kreisscheibchen entsprechen Indikationen mit Zählraten in cps (counts per second) bzw. kcps (kilocounts per second). Es wurden dazu «Landeskarte 1:10 000 (grau)», «GeoCover» sowie «swissALTI3D multidirektionales Relief» übereinandergelegt und bearbeitet. Die oberen vier Fünftel stammen aus dem 2017 erschienenen geologischen Atlas, Blatt Raron (SARTORI ET AL. 2017), das unterste Fünftel aus dem etwas weniger ausdifferenzierten Blatt St. Niklaus, (BEARTH 1978), (MAP.GEO.ADMIN.CH 2022b). Bemerkung: Ein guter Teil des Gebiets nordwestlich der Zone TA6 entspricht nicht der Col-de-Chassoure-Formation, wie eingefärbt, sondern der Bruneggjoch-Formation, bzw. dem Sous-le-Rocher-Member.

Etwas Physik

Natururan, d.h. Uran, wie es in der Natur vorkommt besteht zu 99.2742% aus dem Isotop U-238. Siehe dazu auch den Ausschnitt aus der Karlsruher Nuklidkarte (MAGILL ET AL. 2006) in *Abb. 3* und die Erläuterungen dort. Diese Urankerne sind instabil und zerfallen über eine Kaskade von weiteren Isotopen – die «Natürliche radioaktive Familie» – schliesslich in die stabilen Kerne Blei-206, das sogenannte Zerfalls-Blei, siehe dazu die *Abb. 4* aus der Nuklidkarte von 1981 (SEELMANN-EGGEBERT ET AL. 1981). Dabei wird ionisierende Strahlung in Form von Alpha-, Beta-, Gamma- und Röntgenstrahlung erzeugt. Die gebräuchlichen Nachweisgeräte für diese Strahlung sind Geiger-Müller-Zähler (GM-Zähler) sowie Szintillationszähler. In beiden Detektoren erzeugt ein wechselwirkendes Strahlungsteilchen schlussendlich einen elektrischen Impuls. Die Impulssumme pro Sekunde in cps (counts per second) oder kcps (kilocounts per second) definieren wir als Zählrate. Bei vergleichbarem Detektorvolumen ergibt sich beim Szintillationszähler gut die 100-fache Rate verglichen mit dem GM-Zähler. Die radioaktiven Zerfälle erfolgen zeitlich «unregelmässig», sie folgen den Regeln der Poisson-Statistik.

Alpha- und Betastrahlung kann vollständig abgeschirmt werden. Bei Alphastrahlung reicht bereits ein Blatt Papier; Betastrahlung benötigt je nach Energie einige mm Aluminium. Gamma- und Röntgenstrahlung hingegen kann man nur abschwächen. Für die Abschwächung von Gammastrahlung durch Materie verwenden wir die Grösse «Halbwertsdicke» (HWD). Die erste HWD halbiert den Gammastrahlungspegel, die nächste HWD wieder, also misst man hinter 2 HWD noch ein Viertel des Pegels und so geht das (exponentiell) weiter. Zum Beispiel ergibt sich für 10 HWD gerade noch ein Tausendstel des Strahlungspegels. Die HWD hängt von der Energie der Gammastrahlung und der mechanischen Dichte der Materie ab; für Beton beträgt die HWD typisch 5 cm und für Wasser typisch 10 cm (SEELMANN-EGGEBERT ET AL. 1981).

Ausrüstung

Zum Auffinden der Anomalien wurden in erster Linie Natrium-Iodid-Szintillationszähler verwendet.

Einerseits handelte es sich um die professionelle Sonde «Graetz 2002» (GRAETZ 2023) in Kombination mit der «SEA Scinto» Basiseinheit (siehe *Abb. 18*).

Neuerdings wurde die speziell zum Auffinden von Anomalien optimierte NaI-Szintillationszähler-Eigenentwicklung «HAL-2022» des Autors eingesetzt (STUCKI 2023), siehe *Abb. 5*. Dieser Zähler liefert dem NaI-2002 vergleichbare Zählraten. Beide Zähler sind konstruktionsbedingt vor allem für Gamma- und energiereichere Röntgenstrahlung sowie für nicht zu energiearme Betastrahlung empfindlich.

Ein weiteres verwendetes Gerät war der «Inspector» GM-Zähler mit einem sogenannten «Pancake»-Zählrohr, welches über ein hauchdünnes (nur acht Mikrometer dickes!) Glimmerfenster verfügt und damit auch für Alphastrahlung empfindlich ist, siehe *Abb. 6* (INTERNATIONAL MEDCOM INC. 2023).

Zur Bestimmung der Koordinaten und für das Tracking-Protokoll diente ein «Garmin Montana 610» Navigationsgerät.

Im Gymnasium Lerbermatt standen ein NaI-Gamma-Spektrometer zur Verfügung, sowie ein Röntgenfluoreszenz-Spektrometer der Firma AMPTEK (2023a). Mit diesem XRF-Spektrometer konnten allerdings (noch) keine absoluten, sondern nur relative Vorkommen der Elemente gemessen werden.

Technische Details zu den Geräten finden sich im Anhang.

Strahlungs-Background

Um Anomalien beurteilen zu können, muss man die Hintergrundstrahlung, den sogenannten Background (BG) kennen.

Der BG am Standort Lerbermatt 60 cm über dem Boden betrug am 1. Dezember 2022 um 16h:

NaI-2002:	(96.3 +/- 0.8) cps
HAL-2022:	(90.8 +/- 0.8) cps
Inspector:	(0.130 +/- 0.008) µSv/h (Mikrosievert pro Stunde)



Abb. 8: Anstehende Felswand des Ergischhorn-Komplex, Koordinaten 631450 / 123020. Die Schichten fallen für Walliser-Verhältnisse ungewöhnlich regelmässig ein, gemäss dem Geologischen Atlas mit einer Einfallrichtung von 304° (also gegen Nordwesten) und einem Einfallswert von 35° (MAP.GEO.ADMIN.CH 2022c).



Abb. 9: Augiger Glimmerschiefer «schistes oeilés à porphyroblastes d'albite, SOPA» (SARTORI ET AL. 2017), der Adlerflüe-Formation, Koordinaten 631295 / 122208



Abb. 10: Boniger Augengneiss, Koordinaten 630576 / 122430



Abb. 11: Die Col-de-Chassoure-Formation ist vielgesichtig, hier mit den typischen weissen Quarzgeröllen (SARTORI ET AL. 2017) und typischem Strahlungspegel von (510 ± 7) cps, Koordinaten 631539 / 121079

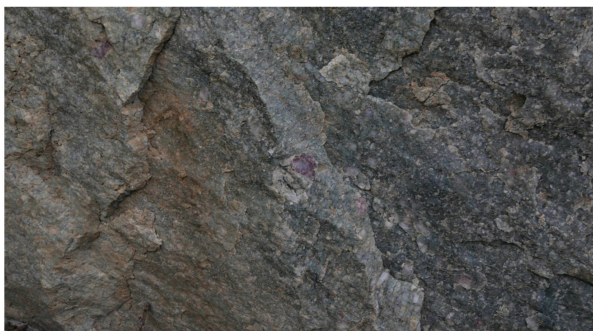


Abb. 12: Quarzit der Bruneggjoch-Formation mit charakteristischen violetten Quarzkieseln (SARTORI ET AL. 2017), Strahlungsrate (238 ± 5) cps, Koordinaten 631035 / 121448. Bildbreite ca. 20 cm



Abb. 13: Am Wegrand anstehende Bruneggjoch-Formation; im Liegenden die weissen Quarzite des Sous-le-Rocher-Member: die Schichtung ist also verkehrt! Koordinaten 631646 / 122380

Hinweis: Die Äquivalentdosis-Leistung, hier angegeben in [$\mu\text{Sv/h}$], ist eigentlich ein Mass für die biologische Schädlichkeit der ionisierenden Strahlung und hängt von einigen Parametern ab; der systematische Fehler kann sich problemlos im 50%-Bereich bewegen. Die Angaben in unserem Bericht sollten daher als «Arbeitseinheiten» und nur vergleichsweise betrachtet werden. Im Übrigen entsprechen die $0.130 \mu\text{Sv/h}$ einem typischen Wert für die Molasse des Mittelandes.

Der Strahlungsbackground in den Alpen kann je nach Gesteinsart und Tektonik deutlich höher, aber auch deutlich tiefer sein.

Ein extrem tiefer Wert wurde beispielsweise in einer der weiter unten erwähnten ehemaligen Asbestgruben bei Zeneggen mit nur (24.7 ± 1.5) cps gemessen. Dies dürfte auch darauf zurückzuführen sein, dass dem dort anstehenden Serpentin im Gegensatz zu Gneisen und Graniten die Kalifeldspate fehlen; natürliches Kalium beinhaltet das langlebige radioaktive Isotop Kalium-40.

Am anderen Ende können Durchschnittswerte in den Graniten bis gegen 1 kcps betragen, wie Messungen am Montblanc-Granit auf dem Mont Chemin zeigten. Sie sind vor allem auf Thorium-232 und Uran-238 nebst Kalium-40 zurückzuführen, siehe dazu auch [RYBACH ET AL. (1966), LABHART & RYBACH (1971), LABHART & RYBACH (1974)].

Für die Gesteine des Untersuchungsgebiets ergaben sich etwa folgende typische Raten:

Col-de-Chassoure-Formation: 500 cps bis 700 cps

Bruneggjoch-Formation (incl. Sous-le-Rocher-Member): 250 cps bis 450 cps

Adlerflüe-Formation: 350 cps bis 450 cps

Der Übergang zu «Anomalien» ist natürlich fließend. Manchmal sind eher Unterschiede von direkt benachbarten Stellen interessant. Wir setzen hier ziemlich willkürlich einmal eine Grenze bei 1 kcps.

Geologische Übersicht – Gesteine des Untersuchungsgebietes

Die Geologie des Penninikums ist enorm komplex; man braucht nur einen Blick auf die geologischen Karten südlich der Rhone

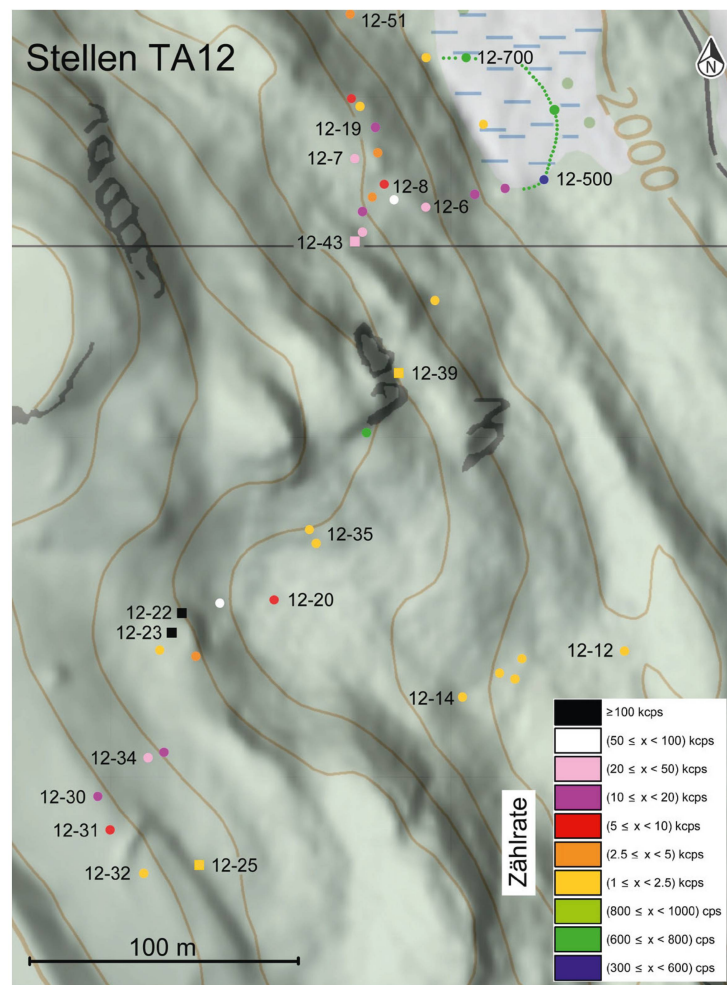


Abb. 14: Detailkarte der Vererzungszone TA12. Es wurden dazu «Landeskarte 1:10 000 (farbig)» sowie «swissALTI3D multidirektionales Relief» übereinander gelegt und bearbeitet (MAP.GEO.ADMIN. CH 2022d). Nur die Quadratscheiben sind sicher anstehende Stellen, insbesondere TA12-22, 12-23 und 12-43. Beispielsweise rührt TA12-20 von einem Fallblock des Aufschlusses oberhalb her. TA12-30 ist die südlichste der starken Anomalien. Am oberen rechten Bildrand befindet sich das Flachmoor mit deutlich erhöhten Messwerten bis über 1 kcps. Die Zone zwischen TA12-12 und 12-14 liegt ebenfalls in einem Sumpfgebiet.

oder Abb. 7 zu werfen, oder aus SCHEIBER ET AL. (2013) zu zitieren: «Although intensely studied, the finite geometry of the basement-bearing Penninic nappes in western Switzerland has remained a matter of debate for decades (...) and the paleogeographic origin of various nappes has been disputed.»



Abb. 15: Stelle TA1 befindet sich in der Col-de-Chassoure Formation, Koordinaten 631987 / 121429, Zählrate 4.1 kcps. Rechts sind Bohrlöcher erkennbar.



Abb. 16: Stelle TA10-1 befindet sich in der Col-de-Chassoure-Formation, Koordinaten 631203 / 121928, Zählrate (4.49 \pm 0.02) kcps



Abb. 17: Stelle TA5-5 befindet sich am tektonischen Kontakt von Bruneggjoch-Formation (oben) und Col-de-Chassoure-Formation im Liegenden, der Übergang ist «fliessend», Koordinaten 632403 / 122747. Der rote Rahmen ist etwa der Bildausschnitt von Abb. 18.



Abb. 18: Detail der Stelle TA5-5. Die Indikationen liegen im dunklen Band oberhalb der roten gestrichelten Linie. Der höchste Messwert liegt bei (15.5 \pm 0.1) kcps. Rechts unten ist der SEA Szintillationszähler mit der Graetz-2002-Sonde zu sehen. In den bräunlichen Bändern kommen gemäss FELDMANN (1986) Karbonate vor, die als Ankerit auftreten.



Abb. 19: Detail der Stelle TA5-5. Die starke Krenulation weist auf die gewaltigen tektonischen Kräfte hin, die gewirkt haben.

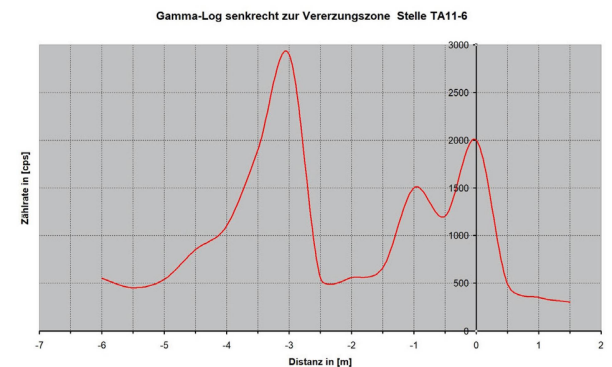


Abb. 20: Dass die Anomalienzone schmal ist, zeigt das Gamma-Log der Stelle TA11-6 (Koordinaten 631478 / 123197) senkrecht zur Indikationszone. Alle 0.5 Meter wurde direkt auf der Bodenoberfläche (Moräne/Vegetation) gemessen. Ein kleiner, 15 cm tiefer Schürffgraben zeigte einen nicht anstehenden Block, auf dem eine Rate von (34.7 \pm 0.1) kcps gemessen wurde.

In den letzten 50 Jahren haben sich zunehmend klarere Vorstellungen über die Alpenbildung herauskristallisiert, welche – bis auf Details – mit grösster Wahrscheinlichkeit nun die endgültigen sein dürften. (Der Autor kann sich erinnern, dass Ende der Siebzigerjahre in einer Einführungsvorlesung zur Geologie die Plattentektonik noch kein Thema war...). Eine ausführliche und sehr reichhaltig mit Karten und Profilen versehene Darstellung der Alpengeologie gibt PIFFNER (2010).

Das Untersuchungsgebiet liegt vollständig in der Siviez-Mischabel-Decke, einem Teil des St. Bernhard-Deckenkomplexes südlich der Rhone. Die Siviez-Mischabel-Decke entstammt paläogeographisch einem Mikrokontinent im Piemontezean, der sogenannten Briançonnais-Schwelle, einige 100 km südöstlich der heutigen Lage. Sowohl auf der Südseite, wie (wahrscheinlich) auch auf der Nordseite der Schwelle wurde Ozeanboden gebildet. Relikt des nördlichen Ozeanbodens wäre eine Serpentinitschuppe (SARTORI ET AL. 2017) unterhalb Zeneggen, in der mehrere ehemalige (Chrysotil-)Asbestgruben zu finden sind. Diese Schuppe gehört nicht zur Siviez-Mischabel-Decke.

Die Gesteine der Siviez-Mischabel-Decke wurden in wegweisenden Arbeiten durch SARTORI ET AL. (2006) über die ganze Decke parallelisiert und in den stratigraphischen Zusammenhang gestellt. Die Deckenbasis bildet der Ergischhorn-Komplex (siehe Abb. 8); im Hangenden befindet sich die Adlerflüe-Formation (siehe Abb. 9), beide sind im Untersuchungsgebiet (siehe Abb. 7) aufgeschlossen.

Anschliessend folgen Lirec-, Distulberg- und Métailler-Formation, welche im Untersuchungsgebiet fehlen. Alle diese Formationen gehören zum kontinentalen Sockel, früher als «untere Casannaschiefer» bekannt. Sie sind polymetamorph, haben also mehrere Gebirgsbildungen erlebt und sind damit karbonischen Alters oder älter. Mit dem Boniger-Augengneis (siehe Abb. 10) findet sich im Untersuchungsgebiet eine Intrusion, die vielleicht im Frühpaläozoikum Platz nahm (SARTORI ET AL. 2017). Das Hangende der Adlerflüe-Formation bildet im Untersuchungsgebiet die permische Col-de-

Chassoure-Formation (siehe Abb. 11) und darüber die triadische Bruneggjoch-Formation (siehe Abb. 12), in deren Dach noch das Sous-le-Rocher-Member ausgeschieden wird (siehe Abb. 13).

Eine aktuelle strukturelle Betrachtung des St. Bernhard-Deckenkomplexes geben SCHEIBER ET AL. (2013).

Übersicht über die Anomalien im Gebiet Törbel-Zeneggen-Moosalp

Grosso Modo lassen sich die Anomalien in vier Kategorien einteilen; alle Ortsangaben beziehen sich, falls nicht anders notiert, auf Abb. 7 und/oder Abb. 14. Die Indikationen sind mit der Bezeichnung «TA» apostrophiert.

Kategorie 1: Mehr oder weniger zufällig verstreute, meistens punktförmige Anomalien, wie sie GILLIÉRON (1988) erwähnt, meistens in der Col-de-Chassoure Formation liegend, beispielsweise TA1.

Kategorie 2: Eine Anomalienzone von meistens eher punktförmigen Indikationen, die sich mit Unterbrüchen von Zeneggen (TA9) bis zum Törbelbach (TA6) über fast 4 km erstreckt. Diese Zone enthält meistens relativ schwache Anomalien um einige kcps bis maximal 15 kcps.

Kategorie 3: Besonders interessant im Rahmen dieser Arbeit ist die sehr schmale Anomalienzone (TA11 und TA12) unterhalb der Moosalp mit streckenweise ausserordentlich hohen Pegeln bis über 150 kcps; sie erstreckt sich mit Unterbrüchen über mindestens 1.5 km.

Kategorie 4: Die Sumpfgebiete/Flachmoore unterhalb der Anomalienzonen TA11 und TA12, welche deutlich erhöhte Pegel bis gegen 2 kcps aufweisen.

Kategorie 1

Ortsangaben beziehen sich auf Abb. 7.

Als Beispiel (siehe Abb. 15) diene eine Stelle, welche GILLIÉRON (1988) ohne genaue Ortsangabe anführt; sie befindet sich am SW-Ende von TA1 in der Col-de-Chassoure-Formation. Es sind Bohrlöcher erkennbar, offenbar wurde ein Teil des Felsens weggesprengt. Ebenfalls gesprengt wurde am NE-

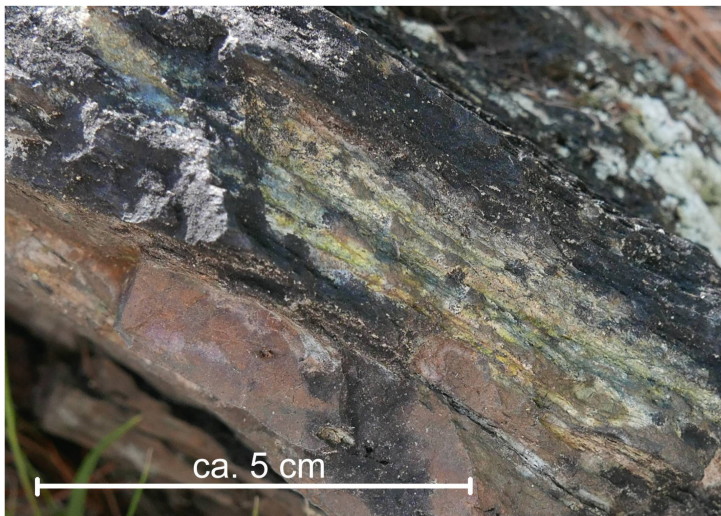


Abb. 21: Die Stelle TA12-22 mit sichtbarer gelber Uran-Sekundärmineralisation liegt in der Adlerflüe-Formation.

Die Zählrate beträgt 150 kcps, der Messwert des GM-Zählers 0.21 mSv/h. Koordinaten 631484 / 122861



Abb. 22: Hier tauchen die Glimmerschiefer der Vererzungszone TA12-22 in den Boden. Es ist gelbe Uran-Sekundärmineralisation erkennbar.

Ende der mit einem Unterbruch 50 m langen Zone. Dort kann mit der Lupe etwas Chalkopyrit festgestellt werden. Die Zählrate beträgt 10.3 kcps. Die Anwesenheit von Kupfer, wie Yttrium und natürlich Uran wird durch eine grobe XRF-Untersuchung an einer Gesteinsprobe bestätigt, siehe Abb. 26, letzte Spalte. TA1 ist die einzige der drei

Stellen in der Arbeit von KÖPPEL (1964), die mit Sicherheit identifiziert werden konnte. In seiner Arbeit finden sich Angaben zu Erzmineralien zweier weiterer Stellen im Untersuchungsgebiet.

Ein zweites Beispiel (TA10-1, siehe Abb. 16) befindet sich wahrscheinlich ebenfalls in der Col-de-Chassoure-Formation, die hier einen brekziösen Charakter aufweist, Zählrate (4.49 \pm 0.02) kcps.

Kategorie 2

Auch hier beziehen sich Ortsangaben auf Abb. 7. Die Anomalien erstrecken sich, von Norden her gesehen, von TA9 über TA8, TA5, TA7 und TA6 bis mindestens zur Stelle TA6-18. Bis zur Stelle TA6-5 können auf dem Anstehenden gelegentlich rote Markierungen aus den Sechzigerjahren ausgemacht werden.

Es fällt sofort auf, dass sich die Anomalien am Kontakt zwischen Bruneggjoch-Formation (im Westen) und Col-de-Chassoure-Formation (im Osten) befinden. Die Höhenreliefschattierung lässt zudem bei der Zone TA6 eine Störungslinie vermuten, mit der Bruneggjoch-Formation im Nordwesten und der Col-de-Chassoure-Formation im Südosten. (Diese Formationen wurden im geologischen Atlas, Blatt St. Niklaus noch nicht unterschieden).

Bei den Anomalien TA6-23 bis TA6-25 in der unteren linken Bildecke ist es unklar, ob man sie derselben Struktur zuordnen kann. An zwei Stellen konnte im Südosten der Zone anhand der violetten Quarzkiesel (siehe Abb. 12) eindeutig Bruneggjoch-Formation festgestellt werden, was dagegen spricht.

Indikationen über 1 kcps sind in der Regel punktförmig, tiefere Werte linienförmig. Beispielsweise werden über die ganze 500 m lange Strecke von TA5-9 bis TA5-12 auf dem Fussweg durchwegs 400 cps bis 600 cps gemessen.

Die Lücke zwischen TA9 und TA8 ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass der Kontakt durch Moräne überdeckt wird; schon wenige Dezimeter Material schwächt die ohnehin relativ schwache Strahlung weiter derart ab, dass keine Unterschiede mehr wahrgenommen werden können. Die Flöhe

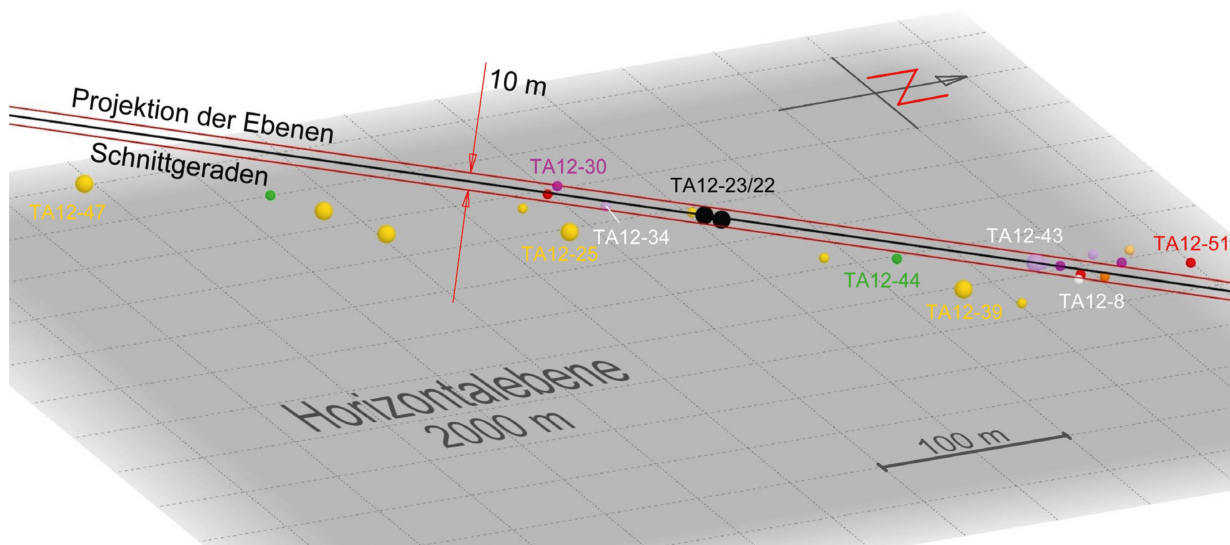


Abb. 23: Projektion dreier paralleler Ebenen, welche durch die anstehenden Stellen TA12-23 und TA12-43 gelegt wurden und die mit einem Azimut von 315° um 28° (gegen Nordwesten) einfallen. Die Ebenen erscheinen in dieser Projektion als Schnittgeraden. Die zwei Parallelebenen (rot) haben einen Abstand von je 5 m von der Hauptebene (schwarz). Grosse Kugeln sind anstehende Anomalien, kleine können Fallblöcke sein. Die Farben entsprechen den Ratenwerten in den Abb. 7 und 14. Die starken Indikationen liegen ausgezeichnet im Bereich der Ebenen.

nördlich der Stelle TA8 liegen in sehr steilem Gelände und wurden (noch) nicht abgesehen.

SARTORI ET AL. (2006) weisen darauf hin, dass der Kontakt der Col-de-Chassoure-Formation fast immer tektonischer Natur ist. Dies zeigt sich an den Aufschlüssen über die ganze Zone auch optisch: durch die kataklastische Struktur der Felswände (Abb. 17) und die starke Krenulation (Abb. 19) des Gesteins.

Wir greifen stellvertretend für die ganze Zone die Stelle TA5-5 heraus, von der auch mineralogische Ergebnisse bekannt sind. Abb. 17 zeigt die stark gestörten Gesteine exemplarisch. Innerhalb des roten Rechtecks liegt Abb. 18, dort wird der höchste Strahlungspegel der ganzen Zone von (15.5 ± 0.1) kcps gemessen. Auch in zwei Meter Luftabstand beträgt der Pegel immer noch 1.5 kcps. In Abb. 19 zeigt sich ebenfalls exemplarisch schön die Krenulation des Gesteins; der mechanische Zusammenhalt ist nur noch schwach.

Eine Gesteinsprobe dieser Stelle wurde im Rahmen einer Maturarbeit am Gymnasium Lerbermatt durch ZAUGG (2019) untersucht.

Mittels REM/EDX konnten die Minerale Monazit, Xenotim und Zirkon nachgewiesen werden, die Korngrösse dieser Mineralien beträgt ca. zehn Mikrometer. Ebenso wurde ein sehr feinkörniges Uranoxyd der Korngrösse 1 bis 5 Mikrometer nachgewiesen,

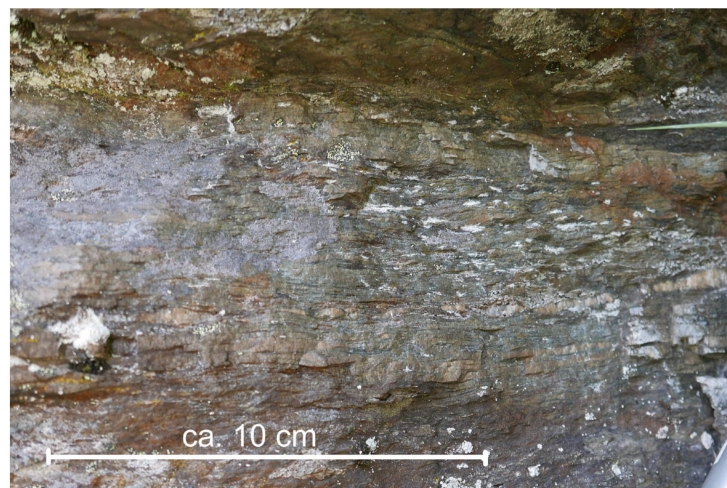


Abb. 24: Die Stelle TA11-14 liegt gemäss geologischem Atlas im Ergischhorn-Komplex. Die Zählrate beträgt (6.99 ± 0.03) kcps, Koordinaten 631553 / 123370

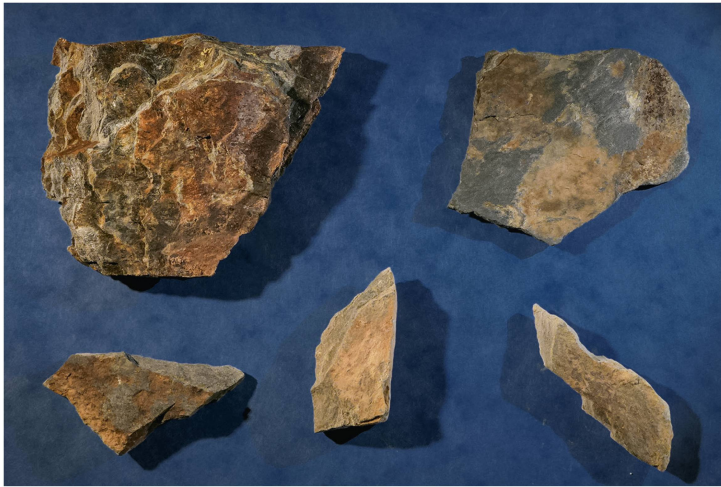


Abb. 25: Erzproben der Stellen TA12-22 (links oben), TA12-6 (rechts oben) und TA11-9 (die drei Stücke unten). Die Messwerte mit dem GM-Zähler direkt auf den Schiefeln betragen 0.13 mSv/h bis 0.25 mSv/h, die Urangehalte 0.7 bis 1.9 Gewichtsprozent. Die Zählraten an den Fundstellen TA12-22 und TA11-9 ergaben über 150 kcps für den Szintillationszähler. Bildbreite 25 cm.

das sehr unregelmässig im Gestein verteilt ist. Damit ist nebst Uran auch die Anwesenheit von Seltenen Erden belegt. FELDMANN (1986) hat im Rahmen seiner Lizentiatsarbeit die Zone untersucht, wahrscheinlich auch explizit die Stelle TA5-5 und ist zu denselben Ergebnissen bezüglich seltener Erden gekommen.

Die Stelle TA7-1 mit einem Messwert von (13.3 \pm 0.1) kcps, welche in einem Sackungsgebiet liegt, sich also nicht an Ort und Stelle befindet, wurde ebenfalls durch ZAUGG (2019) mittels REM/EDX untersucht. Die Ergebnisse zeigen ein Kupferarsenat sowie wieder eine unregelmässige Verteilung von mikrometergrossen Uranoxyd-Körnern. Für die Genese der Uran-Mineralisation gibt es im Prinzip zwei Vorgänge. Einerseits kann das Uran sedimentär abgelagert oder andererseits kann die Mineralisation hydrothermal gebildet werden. Für beide Prozesse muss man wissen, dass U in oxydativer Umgebung sechswertig, gut löslich und damit mit Wasser sehr beweglich ist, hingegen bei reduktiven Verhältnissen vierwertig wird und schlechte Löslichkeit aufweist, was die Fixierung mittels Mineralisation be-

günstigt (FÜCHTBAUER ET AL. 1988). Gemäss ZAUGG (2019) spricht die inhomogene Verteilung der Uranoxyd-Körner im REM-Bild eher für die hydrothermale Variante. Dafür spricht ebenfalls, dass sich insbesondere entlang eines tektonischen Kontakts Flüssigkeiten gut bewegen können. Für den dunklen Streifen in *Abb. 18*, in dem sich gemäss den Untersuchungen mit dem Pancake-Zählrohr das Uran befinden muss, könnte man sich hingegen auch eine sedimentäre Ablagerung vorstellen.

Fazit

Die eher schwachen radiometrischen Anomalien dieser Kategorie erstrecken sich von Zeneggen an südwärts bis zum Törbelbach grösstenteils entlang des Kontakts der Col-de-Chassoure-Formation mit der Bruneggjoch-Formation in tektonisch sehr beanspruchtem Gestein. Im südwestlichen Teil ist auf der Höhenreliefkarte die Struktur direkt als Störung erkennbar. Nur das Südwest-Ende der Zone, gegen den Törbelbach, gehört wahrscheinlich zu einem anderen Gefüge.

Kategorie 3

Alle Ortsangaben beziehen sich auf *Abb. 7* und/oder *Abb. 14*.

Die Vererzungszonen TA11 und TA12 wurden per Zufall entdeckt: Während einer Wanderung auf dem Fussweg vom Breitmattensee gegen die Breitmatte gab der auf eine Alarmschwelle von 450 cps gestellte NaI-Zähler ein Signal bei der Stelle TA11-1. Direkt auf der Oberfläche betrug die Rate bis 2 kcps.

Warum die bis dato eigentlich interessanteste Vererzungszone im Mattertal nicht bereits in den Sechzigerjahren entdeckt wurde, kann vielleicht darauf zurückgeführt werden, dass es im Untersuchungsgebiet viele vereinzelte Anomalien gibt und dass in TA11 und TA12 nur gerade vier sichere Aufschlüsse vorkommen, welche sich alle nicht in der Nähe von Wanderwegen befinden. Alles andere dieser sehr schmalen (siehe das Gamma-Log an der Stelle TA11-6 in *Abb. 20*) Zone liegt mehr oder weniger tief unter der Moräne, lässt sich aber mit der nötigen Ge-

duld und Sorgfalt meistens verfolgen. Die Zone TA11 wurde durch den Autor gefunden. Den Nordteil von TA12, der sich südwestlich des Flachmoors (siehe *Abb. 14*) befindet, entdeckte ZAUGG (2019). Dieses Moor weist flächig deutlich erhöhte Strahlungspegel auf; wir kommen in Abschnitt 4 darauf zurück. Der Autor hat anschliessend wiederum ausgehend von einem Sumpfgebiet mit flächig erhöhten Pegeln (Stellen TA12-12 bis TA12-14) hangaufwärts den südlichen Teil von TA12 gefunden.

Die Strahlungspegel sind streckenweise ausserordentlich hoch. Die anstehenden Stellen TA12-22/23 (*Abb. 21 und Abb. 22*)

messen direkt auf der Gesteinsoberfläche über 150 kcps. An einem wahrscheinlich nicht anstehenden Block TA11-9 in einem kleinen, ca. 30 cm tiefen Schürfgraben wurden ebenfalls 150 kcps gemessen. Der mittels Gammaspektroskopie gemessene Urangehalt einer kleinen Erzprobe (siehe *Abb. 25* ganz links unten) dieses Blocks beträgt denn auch 1.9 Gewichtsprozent. Unter Berücksichtigung, dass aus apparativen Gründen, siehe Anhang, solch hohe Zählraten systematisch unterschätzt werden, kann man festhalten, dass diese Pegel bis das 100-fache der typischen Raten der Kategorien 1 und 2 aufweisen.

Element	TA11-9	TA12-6	TA12-22	les Plans	CdM	TA1 NE
P	5.0	5.7	5.4	1.4	0.97	19
K	6.7	7.2	7.1	6.3	14	7.9
Ca	13	38	5.4	0.59	1.4	5.7
Ti	0.45	1.5	2.1	1.0	0.68	0.46
Mn	0.25	0.24	0.20	1.5	0.12	0.34
Fe	17	18	53	56	22	11
Co	0.18	0.20	0.44	0.45	0.23	0.24
Ni	0.73	0.64	0.77	0.61	0.72	1.33
Cu	0.12	0.03	0.10	1.5	6.0	3.2
Zn	0.02	0.02	0.04	0.05	0.02	0.04
Y	0.05	0.09	0.06	0.09	0.04	13
Zr	0.5	1.5	0.67	0.30	0.45	0.65
Ba	2.9	11	5.5	4.7	4.2	11
Pb	2.7	0.27	0.67	2.1	4.2	0.48
Th	0.17	0.12	0.10	keine Msg.	0.24	0.66
U	48	14	15	23	45	21

Angaben in Gewichtsprozent

Abb. 26: Zusammenstellung der XRF-Abschätzungen dreier Erzproben aus TA11 und TA12, zum Vergleich damit je einer Probe von «les Plans» und «Col-des-Mines» (CdM), sowie zusätzlich einer Probe der Stelle TA1, NE-Ende. Die Gesteinsproben wurden teils nass leicht angeschliffen. Es sind KEINE absoluten Messwerte und sie sind NUR in den Spalten untereinander vergleichbar. Es wird nur eine Auswahl der Elemente gegeben. Kommentar im Haupttext.

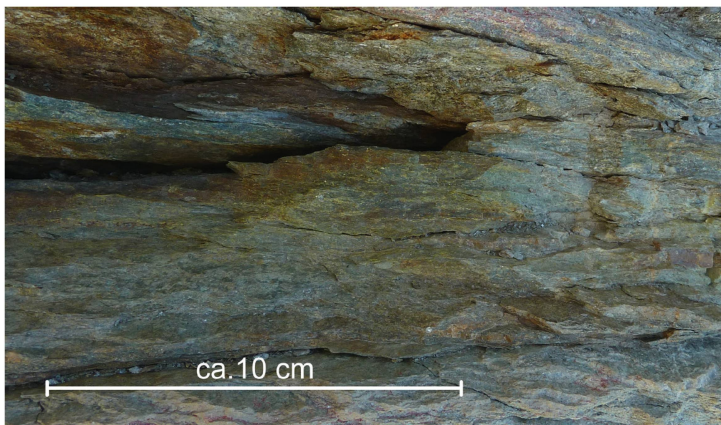


Abb. 27: Detail des markanten Felsaufschlusses von les Plans im Kessel von Chassoure, welcher in der Adlerflüe-Formation kartiert wird, Koordinaten 586750 / 106890. (MAP.GEO.ADMIN.CH, 2022e). Die Messwerte betragen (24.9 ± 0.1) kcps für den Szintillationszähler und 0.14 mSv/h für den GM-Zähler. Dieser Aufschluss wurde während der verschiedenen Prospektionsperioden reichlich mit Schlitzproben traktiert.

Ein weiterer wichtiger Unterschied ist, dass es sich nicht um punktförmig stärkere Anomalien handelt, wie üblicherweise in Kategorie 1 oder auch 2, sondern dass sich die Indikationen messbar «erstrecken», was auf einen veritablen Lagergang hindeutet.

Natürlich schwächt die Moränen-Bedeckung die Gammastrahlung ab, die Halbwertsdicke HWD wird sich irgendwo zwischen 5 cm und 10 cm bewegen, sagen wir 7 cm. Man kann also davon ausgehen, dass bei 70 cm Bedeckung, entsprechend 10 HWD, der Pegel noch gerade ein Tausendstel des ursprünglichen beträgt und daher kaum mehr von der Umgebungstrahlung zu unterscheiden ist. Trotzdem konnten vor allem entlang der Zone TA11 die Indikationen auch mit Moränenüberdeckung praktisch lückenlos verfolgt werden. Andernorts waren selbst kleine Unterschiede nicht mehr zu messen; hier muss offen bleiben, ob die Vererzung aussetzt oder die Überdeckung zu gross ist.

Zonen TA11 und TA12 als Lagergang?

Die Schichtung vor allem im Perimeter von TA12 ist deutlich ruhiger als anderswo, wie

Abb. 8 beispielhaft zeigt. Messungen mit dem Kompass am Anstehenden im ganzen Gebiet ergab zuverlässig ein Fallen in Richtung $\pm 310^\circ$ (Nordwesten) mit einem Fallwinkel um $\pm 30^\circ$. Es scheint auch, dass die vererzten Schichten in den wenigen Aufschlüssen konkordant zur allgemeinen Schieferung liegen.

Unter Berücksichtigung diese Umstandes und nachdem mit TA12-43 nebst TA12-22/23 eine zweite anstehende starke Anomalie vorlag, wurde es möglich, eine Ebene zu definieren und zu untersuchen, wie gut die anderen Fundstellen darauf passen. Dies wurde mit dem frei erhältlichen Programm GEOGEBRA unternommen, welches 3D-Darstellungen ermöglicht. Die Geometrie in Abb. 23 weist darauf hin, dass man für das Gebiet TA12 tatsächlich von einer dünnen Erzplatte ausgehen könnte, welche mit 28° bis 35° in eine Richtung zwischen 315° bis 310° einfällt. Einige schwächere, aber anstehende Anomalien wie TA12-25, 12-39 oder 12-47 müssten stratigraphisch um einige 10 m tiefer, vielleicht in einer Parallelebene liegen. In der Gegend der Stelle TA12-51 (nicht anstehend!) würde die Ebenenspur unter das Niveau des Flachmoors tauchen.

Bei den meisten Stellen von TA12 wird es sich um in der Moräne vergrabene Fallblöcke handeln, die seinerzeit vielleicht zusätzlich durch den Vispa-Gletscher (SARTORI ET AL. 2017) verschoben wurden. Die bis anhin (Herbst 2022) südlichste, schwache Anomalie TA12-47 befindet sich anstehend an einem Felsband, direkt unter dem Stand (Pt. 2121 auf LK 1:25000) und liegt ebenfalls stratigraphisch zu tief. Das Hangende ist entlang dieses Felsbands aufgeschlossen, ohne dass die starke Anomalienzone wieder auftritt.

Bei der Serie TA11 ist der Fall weniger klar. Erschwerend ist, dass sich alle Indikationen bis auf TA11-14 (siehe Abb. 24) unter der Moräne befinden. Die ganze Anomalienlinie von TA11-1 bis TA11-17 konnte trotzdem mit dem HAL-2022 praktisch lückenlos belegt werden teilweise mit nur wenigen hundert cps Unterschied quer zur Linie bei kleinen Pegeln.

Bezogen auf die oben postulierte Ebene liegt die Serie eindeutig zu hoch. Allerdings zeigt ein Blick auf Abb. 7 eine Störung, an

welcher sowohl TA11-1 wie TA12-51 anliegen; eine rein sinistrale Scherung müsste ca. 150 m betragen haben, um die heutige Lage von TA11 zu erzeugen. Zwischen TA11-1 und 11-9 müsste eine weitere kleinere Scherungszone erwartet werden. Zwischen TA11-9 und TA11-17 ist dann allerdings die 315°-Lage perfekt.

Am Rhododendron überwachsenen, recht steilen NE-Hang von TA11 wurde im Perimeter von TA11-23 über einige 100 Quadratmeter wieder teilweise Sumpfgebiet mit deutlich erhöhten Werten gefunden. Man kann auch den Austritt von Hangwasser beobachten. Etwas oberhalb konnte in den Rhododendren ein radioaktiver Fallblock aufgefunden werden, aber nichts Anstehendes. Diese Stellen liegen, bezogen auf eine Ebene durch TA11-9, ebenfalls deutlich zu hoch. Die im Moment (Herbst 2022) nördlichste Stelle TA11-27 ist anstehend, in einem Felsband laufend (Fallen: ca. 300°/30°) und mit einer roten Markierung versehen, also in den Sechzigerjahren bekannt. Die (höchste) Rate beträgt (5.3 ± 0.1) kcps.

Die Zone TA12 wird in der Adlerflüe-Formation kartiert, die Zone TA11 hingegen im Ergischhorn-Komplex. Die Erzproben, siehe Abb. 25, aus beiden Zonen sind dunkle feinkörnige Schiefer; man kann auch den Glimmerschiefer der Adlerflüe-Formation erkennen. Abb. 26 zeigt die Ergebnisse einer groben XRF-Untersuchung je einer Gesteinsprobe von TA11-9, TA12-6 und TA12-22. Es handelt sich buchstäblich nur um oberflächliche und daher ungenaue Messungen; die Proben wurden nur leicht angeschliffen und auf das XRF-Spektrometer gelegt. Man kommt nicht umhin, auch in der elementaren Zusammensetzung Ähnlichkeiten zwischen den Proben zu erkennen und zu vermuten, dass es sich ursprünglich um ein und denselben, gemäss obigen Überlegungen konkordant liegenden Erzgang gehandelt haben könnte. Wir möchten daher vorschlagen, dass sich auch TA11 in der Adlerflüe-Formation befindet (und nicht im Ergischhorn-Komplex).

Dazu werfen wir noch einen Blick weiter westwärts in das Gebiet des «Grand Alou» via «Plan du Fou» und «le Fou» bis «Col des Mines», welches während der Prospektions-

periode im letzten (und noch einmal durch die AURANIA-Gruppe in diesem) Jahrhundert äusserst sorgfältig, sogar mit einem Prospektionsstollen, untersucht wurde: Ein guter Teil der Uran-Fundstellen befindet sich in der Adlerflüe-Formation. Dies wird auch ersichtlich, wenn die entsprechenden Karten aus GILLIÉRON (1988) auf den GEOCOVER (MAP.GEO.ADMIN.CH) gelegt werden.

In die XRF-Abschätzung in Abb. 26 wurden zum Vergleich zwei Gesteinsproben dieses Gebietes einbezogen; die Stelle «les Plans» ist in Abb. 27 und die Erzprobe «CdM» in Abb. 28 dokumentiert.

Ein interessanter Aspekt: Die XRF-Abschätzungen zeigen einen erhöhten Bleianteil, verglichen beispielsweise mit Kupfer. Dies weist darauf hin, dass es sich dabei wenigstens teilweise auch um radiogenes bzw. Zerfallsblei handeln könnte. Mit Kenntniss



Abb. 28: Erzprobe (CdM) aus einem ehemaligen Schürfgraben südlich vom Col des Mines am Westhang des Mont Rognieux, welche in der Adlerflüe Formation kartiert wird, Koordinaten 586059 / 106121. (MAP.GEO.ADMIN.CH, 2022e). Man erkennt den Glimmerschiefer der Adlerflüe-Formation mit zwei sichtbaren dunklen Pechblendschnüren und eventuell etwas Gangart, sowie gelbe Sekundärmineralisation. Die Messwerte an der Fundstelle betragen >50 kcps (overflow) für den Graetz- Szintillationszähler und 0.35 mSv/h für den GM-Zähler direkt auf der Probe. Bildbreite 8 cm.

der Isotopenverhältnisse würde es möglich, das Alter der Vererzungszone zu bestimmen und obige Vermutungen abzuklären (zum Beispiel ob die Zone syngenetisch oder erst später erzeugt wurde oder ob die Vererzungen zur selben Zeit stattfanden oder nicht).

Fazit

Die fast ausschliesslich unter der Moräne liegende Anomalienzone unterhalb der Moosalp weist streckenweise sehr hohe Zählraten auf, welche mit denjenigen im gut untersuchten Gebiet zwischen Nendaz und Verbier absolut vergleichbar sind. In den wenigen Aufschlüssen scheint die dünne vererzte Schicht konkordant zur allgemeinen Schieferung zu liegen. Im südlichen Teil ergibt sich zusätzlich eine ausgezeichnete Übereinstimmung mit einer Richtung Nord-west fallenden Ebene. Wir postulieren, dass wenigstens die starken Vererzungen des Südteils sich stratigraphisch in derselben Ebene befinden. Inwieweit sie zusammenhängen oder nur linsenförmig sind, kann ohne weitere Massnahmen nicht geklärt werden.

Drei verschiedene Erzproben aus beiden Zonen zeigen makroskopisch keine Unterschiede und eine oberflächliche XRF-Untersuchung ergibt vergleichbare Anteile der Elemente. Man könnte daher vermuten, dass bei der ganzen Zone es sich ursprünglich um eine einzige vererzte, ebene Platte gehandelt hat, die heute durch mindestens eine Scherungszone gestört ist.

Kategorie 4

Wir gehen auf die sehr interessanten Indikationen dieser Kategorie nur kurz ein und möchten dazu ebenfalls eine Hypothese aufstellen.

Die grossflächigen Anomalien bis 2 kcps in den Sumpfgebieten unterhalb der Zonen TA12 und TA11 sind sehr auffallend. *Abb. 29* zeigt das Flachmoor, welches sich in *Abb. 14* oben rechts am Bildrand befindet. Zwei weitere kleinere Sümpfe befinden sich je im Perimeter von TA12-12 und TA11-23 im Wald. An allen drei Orten tritt Hangwasser aus. Dieses wird von den zahlreichen Seelein

und Tümpeln, siehe *Abb. 7*, oben auf der Moosalp gespeist, welche bis auf den Breitmattusee keine oberirdischen Abflüsse haben. Insbesondere befindet sich der Bonigersee direkt oberhalb der Stelle TA12. Das Sickerwasser muss sich also zwangsläufig durch die Uran-Vererzungszone bewegen. Wie oben erwähnt, ist Uran in oxydativem Milieu sechswertig, seine Salze in Wasser gut löslich und damit sehr mobil. In der reduktiven Umgebung des Moorbodens am Hangfuss wird Uran im vierwertigen Zustand fixiert und angereichert. Ähnliche Verhältnisse wurden durch PREGLER ET AL. (2019) in den (Moor)-Böden nordwestlich des Mt. Vully im Seeland studiert. Man misst tatsächlich auch im Anthrazit als metamorphe Version solcher Paläoböden erhöhte Strahlungswerte, wie es MEISSER (2012) beschreibt. Eigene Messungen, beispielsweise in einem alten Kohlestollen bei Réchy, ergaben Raten bis gegen 900 cps.

Fazit

Die deutlichen Anomalien auf der Oberfläche der drei Flachmoore oder Sumpfgebiete unterhalb der Moosalp-Vererzungszone legen nahe, dass in deren reduktivem Milieu Uran fixiert wird. Wir schlagen daher vor, dass man in diesen Sumpfgebieten den aktuellsten Fall der Bildung einer Uranlagerstätte beobachten kann.

Zusammenhang zwischen Uranvorkommen und Zählrate

Wir geben in diesem Abschnitt noch eine Abschätzung – über den Daumen gepeilt, wie es Physiker:innen manchmal lieben – wie das absolute Uran-Vorkommen etwa mit der Zählrate zusammenhängen könnte. Die Autoren RYBACH ET AL. (1966), LABHART & RYBACH (1971), LABHART & RYBACH (1974) haben sich in ihren Arbeiten mit dem absoluten Uran- und Thoriumgehalt in den Graniten s.l. der Schweizer Alpen beschäftigt.



Abb. 29: Das Flachmoor am Hangfuss der Zone TA12, Koordinaten 631600 / 123060, Blickrichtung Nord. Im südlichen Abschnitt (Vordergrund) können flächenhaft erhöhte Raten von 600 cps bis über 1 kcps gemessen werden.

Beispiele aus LABHART & RYBACH (1974):

	Urangehalt in ppm	Thorium- gehalt in ppm
Mont-Blanc-Granit	10 bis 60	25 bis 50
Zentraler Aare-Granit	10 bis 20	30 bis 60
Grimsel-Granit	5 bis 10	10 bis 20
Giuv-Syenit	10 bis 50	50 bis 100

Vor allem in LABHART & RYBACH (1971) über den Giuv-Syenit werden auch Strahlungsmesswerte im Feld aufgeführt. Unter der Voraussetzung, dass das Th/U-Verhältnis etwa 3:1 beträgt und auch noch Strahlung vom Kalium-40 der Kalifeldspäte dabei ist, kann man aus den Angaben grob (Grössenordnung!) folgern, dass 1 $\mu\text{Sv/h}$ etwa 170 ppm Uran entspricht. Die Angaben zur NaI-

2002-Sonde (siehe Anhang) liefern den Zusammenhang 1580 cps entsprechen 1 $\mu\text{Sv/h}$. Also landen wir bei der «Faustregel»: 1 kcps entspricht 100 ppm Uran. Da bei stärkeren Anomalien die Strahlung ausschliesslich vom Uran herrührt, kommen wir bei den 150 kcps der Stellen TA12-22/23 und TA11-9 auf einen geschätzten Urangehalt in der Gegend von 1 % (Gewichtsprozent).

Gammaspektren der Erzproben und absoluter Urangehalt

Die Gammaspektren, siehe *Abb. 30*, wurden freundlicherweise durch Dr. Pierluigi Casolaro am HPGe-Spektrometer des LHEP Uni Bern gemessen und anschliessend vom Autor mit dem frei erhältlichen Programm INTERSPEC ausgewertet.

In a nutshell: Das Gammaspektrum ist ein Histogramm der Energien von Gamma-Photonen. Radioaktive Isotope, in unserem Fall die Familienmitglieder von U-238 und U-235, besitzen ihr eigenes, charakteristisches Energiespektrum – natürlich nur falls diese Isotope Gammastrahlung erzeugen (was lange nicht alle tun).

Die gemessenen Gammaspektren zeigen untereinander eine perfekte Übereinstimmung buchstäblich bis auf den letzten Peak. Das ist nicht weiter erstaunlich, da es sich um Natururan handelt. Weiter ist nichts zu sehen von Peaks der Thorium-232 Familie. Dies erstaunt ebenfalls wenig unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die XRF-Messungen, siehe *Abb. 26*, Verhältnisse U/Th > 120:1 zeigen. Mit dem Verhältnis der Halbwertszeiten von 1:3 folgt ein Aktivitätsverhältnis von sogar > 400:1. Das heisst: Allfällige Peaks der Th-Familie versinken im Background des U-Spektrums. Ebenfalls ist der Peak von K-40 absent.

Mit Hilfe der gezählten Gammapartikel im Peak von Protactinium-234m bei 1000 keV Energie lässt sich die absolute Menge von U-238 Kernen in der gemessenen Probe bestimmen. Die Messungen an den Erzproben, Details siehe Anhang, ergaben folgende

Erzprobe	Urangehalt in Gewichts-%
TA11-9	1.9 +/- 0.2
TA12-6	1.1 +/- 0.2
TA12-22	0.71 +/- 0.04
TA1	0.28 +/- 0.06
les Plans	4.6 +/- 0.8

Diese präzisen Werte bestätigen sehr schön die Abschätzung im vorangegangenen Kapitel.

Gesamtfazit

Neu gegenüber der Untersuchungen in den Sechzigerjahren ist die Erkenntnis, dass sich die Indikationen der Kategorie 2 grösstenteils entlang des tektonischen Kontakts zwischen Col-de-Chassoure- und Bruneggjoch-Formation erstrecken (neu insbesondere, da die Unterscheidung dieser Gesteine seinerzeit gar nicht vorgenommen wurde).

Mit grösster Wahrscheinlichkeit damals unentdeckt blieb die schmale Anomalienzone unterhalb der Moosalp mit Urangehalten bis deutlich über ein Prozent. Diese Zone ist gut zugänglich, man hätte problemlos Schürfgräben erstellen und/oder Kernbohrungen ansetzen können, wie das andernorts unter bedeutend schwierigeren Umständen geschah. Um die Genese dieser Vererzungen abzuklären wären hier unter anderem Altersbestimmungen hilfreich.

Interessant weiter zu verfolgen, auch aus biologischer Perspektive, wäre sicher das Thema der Anomalien in den Sumpfgebieten.

Zum Schluss ein Sicherheitsaspekt, immerhin befinden sich die Uranvorkommen in touristischem Gebiet. Dazu kann man festhalten, dass die ausserordentlich starken Indikationen sich abseits genug von in Karten verzeichneten Pfaden und Orten befinden – kaum jemand wird auf die Idee kommen dort ein Zelt aufzuschlagen. Alle andern Anomalien sind relativ unproblematisch. Allenfalls liesse es sich überlegen, im Gebiet des Flachmoors besser nicht Vieh weiden zu lassen. Das Radonproblem in Gebäuden ist natürlich wie vielerorts ein Thema; man sollte jedenfalls regelmässig lüften und gegebenenfalls im Keller eine Radonmessung vornehmen lassen.

Anhang

Einige Eigenschaften der verwendeten Apparate

a) Die Sonde **Graetz-2002** (*Abb. 18*) verfügt über einen $(70 \times 70 \times 13) \text{ mm}^3$ -NaI-Kristall als Detektor (GRAETZ 2023). Die maximale Zählrate beträgt 50 kcps. Die Herstellerfirma gibt im Prüfprotokoll (nur für die Strahlung von Cäsium-137) den Zusammenhang zwischen Dosisleistung und

Zählrate an: 1 $\mu\text{Sv/h}$ entspricht 1580 cps und 10 $\mu\text{Sv/h}$ entsprechen 13700 cps; es herrscht keine Linearität. Der (vermutete) Grund dazu wird im folgenden Absatz angeführt.

b) Der **HAL-2022** (Abb. 5) verfügt über einen 1.5"×3" NaI-Kristall als Detektor und kann sehr hohe Raten bis 262 kcps (18 bit) verarbeiten (STUCKI 2023). Tests zeigen eine Linearität innerhalb von ca. 1 % bis zu einer Rate von über 20 kcps. Bei sehr hohen Strahlungspegeln ergeben sich aber zunehmend zu kleine Zählraten, weil zwei zeitlich nahe beieinander liegende Impulse als nur einer gezählt werden. (Die Impulsbreite für ein 662 keV-Gamma von Cs-137 beträgt bei diesem Zähler 900 Nanosekunden). Dieser systematische Fehler könnte sich bei einer Rate von 262 kcps durchaus im zweistelligen

Prozentbereich bewegen. Weiter enthält der HAL-2022 einen einstellbaren Divider, mit dem die akustisch durch «Klicks» dargestellte Rate bis maximal um einen Divisor von 128 verkleinert werden kann. Aufgrund der Poisson-Statistik wird mittels des Dividierers die Zählrate deutlich regelmässiger; man kann damit im Feld sehr feine Ratenunterschiede (akustisch) wahrnehmen. Dies hat sich als ausserordentlich wertvoll zum Auffinden von Anomalien erwiesen. Schliesslich verfügt der HAL-2022 nebst einer optischen über eine – im Feldeinsatz praktische – Möglichkeit zur Sprachausgabe (in ziemlich chinesischem Englisch) der Messwerte. Die Steuerung erfolgt mit einem ARDUINO-Mikrokontroller.

c) Der «Inspector» GM-Zähler (Abb. 6) ist mit einem LND 7317 Pancake-Zählrohr

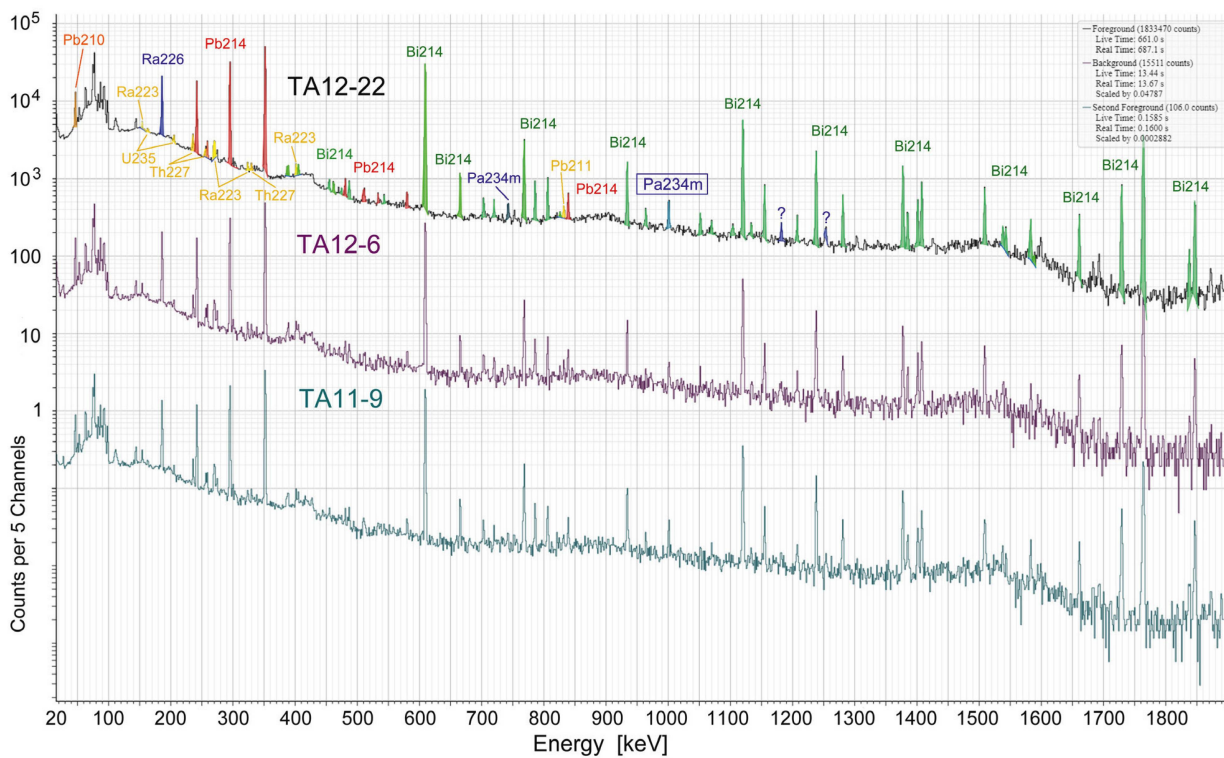


Abb. 30: Gammaspektren dreier Erzproben aus TA11 und TA12. Nur für TA12-22 sind die Zählraten wahr. Die beiden anderen sind zwecks Darstellung skaliert. Die Peaks stammen vor allem von den Isotopen Blei-214 (rot), Bismut-214 (grün), Radium-226 (blau) und Protactinium-234m (blau) der «Natürlichen radioaktiven Familie» von U-238, siehe auch Abb.4. Es sind weiter Peaks von Isotopen der Familie von U-235 (gelb) zu sehen, sowie ein Röntgen-Peak von Pb-210. Den blau gerahmten Peak von Pa-234m kann man zur Bestimmung des absoluten Gehaltes von Uran benutzen. Weitere Erläuterungen im Haupttext.

des aktiven Durchmessers von 45 mm ausgerüstet, die Flächenmasse des Mica-Fensters beträgt nur 2 mg/cm² entsprechend einer Dicke von ca. 8 µm (INTERNATIONAL MEDCOM INC. 2023).

- d) Das **Amptek-XRF-Spektrometer** verfügt über einen State-of-the-Art SDD-Detektor, Auflösung gemäss Herstellerangaben: 125 eV FWHM @ 5.9 keV-Linie von Fe-55 (AMPTEK 2023a). Dieser Detektor ist heute durch einen noch schnelleren Nachfolger ersetzt (AMPTEK 2023b). Die Mini-X-Röhre enthält eine Silber-Anode (daher lässt sich Ag nicht genau messen) und kann mit bis zu 50 kV Beschleunigungsspannung und 100 µA Anodenstrom betrieben werden. Das Modell ist weniger für die «Plug-and-Play»-Anwendung gedacht, sondern eher als Entwickler/Experimentierer-Device. Es verfügt über ein mächtiges Auswertungsprogramm von CROSSROADS SCIENTIFIC (2023). Für Absolutmessungen müsste es mit Kalibrierproben geeicht werden (im Moment nicht der Fall).

Bestimmung des U-238 Gehaltes aus dem Gammapeak von Pa-234m

Die Methode fusst darauf, dass 0.847 % der Beta-Zerfälle der Uran-Tochter Th-234 in einen so genannt metastabilen Zustand Pa-234m gehen. Beim Übergang in den Grundzustand Pa-234 wird ein Gamma der Energie von 1000.03 keV emittiert (SCHKADE ET AL. 2018). Misst man die Zählrate dieser Gammas und ist die «Efficiency» der Messvorrichtung bekannt, kann mit einfachen Dreisätzen die Aktivität des Mutternuklids U-238 berechnet werden. Efficiency heisst: Welcher Bruchteil der von einer Quelle emittierten Gammas wird im Detektor registriert. Diese Grösse hängt von der Geometrie der Anordnung und der Energie der Gammas ab.

Aus der Aktivität von U-238 kann wieder mit einfachen Rechnungen auf die vorhandene Anzahl U238-Kerne und daraus auf das Gewicht geschlossen werden. Indem man die Erzprobe auf die Waage legt, lässt sich anschliessend der gewichtsprozentuale Anteil von U in der Probe berechnen (Natur-

uran besteht, wie weiter oben erwähnt, zu 99.3 % aus U-238 und 0.7 % U-235).

Zahlenbeispiel: Für die Probe TA12-22 wurde mit Hilfe der Tools des Programms INTERSPEC V. 1.0.10 im 1000keV-Peak eine Zählrate von (0.9816 +/- 0.061) cps ermittelt. Gemäss CASOLARO (2023) beträgt die Efficiency = 0.01297 für eine punktförmige (welche die Erzprobe natürlich nicht ist) Quelle; daraus folgt eine Aktivität der Probe von 8935 Becquerel. Aus dieser lässt sich mit Hilfe der Halbwertszeit bzw. der Zerfallskonstanten von U-238 die Anzahl Kerne = 1.82E21 und daraus die Uranmasse von 0.723 Gramm bestimmen. Somit resultieren für die 102.51 Gramm schwere Probe schliesslich 0.71 +/- 0.04 Gewichtsprozent Natururan.

Koordinaten einiger Stellen

Stelle	LK-Koordinaten		Höhe
Lerbermatt	599774	197686	559
Asbestgrube	633273	125290	1261
Mont Chemin	574388	104155	1269
Réchy	604264	122535	624
TA1 NE	632022	121454	1778
TA5-5	632403	122747	1655
TA7-1	632243	122175	1741
TA11-1	631451	123177	2038
TA11-6	631478	123197	2041
TA11-9	631495	123297	2049
TA11-23	631444	123598	1952
TA11-27	631338	123756	1910
TA12-12	631648	122847	2021
TA12-14	631588	122830	2032
TA12-22	631484	122861	2061
TA12-23	631482	122849	2063
TA12-43	631548	123002	2033

Dank

An dieser Stelle sei dem Redaktor der NGB-Mitteilungen, Dr. Christoph Thalmann, für die angenehme Zusammenarbeit und die guten Tipps herzlich gedankt.

Herzlicher Dank geht auch an Dr. Pierluigi Casolaro vom LHEP Uni Bern für die freundliche Hilfe bei der Messung der Gamma-spektren und die Profs. Michele Weber und Saverio Braccini für die Ermöglichung.

Last but not least: Nach einem Tag durst-erzeugender Kraxelei in den Bergwäldern Törbels winkte auf der Terrasse des Restaurants Weisshorn – mit prächtigem Blick auf dasselbe – stets ein kühles Bier und anschliessend ein feines Nachtessen, zubereitet und serviert durch das Wirtehepaar Noemi und Frippi Lorenz-Abgottspon. Seit einem Jahr leben die beiden im wohlverdienten Ruhestand und haben mit Dominic Juon einen würdigen Nachfolger gefunden.

Literatur

- AMPTK, 2023a. <https://www.amptek.com/products/exp-2-complete-experimenters-kit>
- AMPTK, 2023b. <https://www.amptek.com/products/x-ray-detectors/faststd-x-ray-detectors-for-xrf-eds/faststd-silicon-drift-detector>
- ANSERMET S., 2001. Le Mont Chemin. Mines et Minéraux du Valais. Saint Maurice.
- ANSERMET S., 2012. Anniviers et Tourtemagne. Mines et Minéraux du Valais. Ayer.
- BÄCHTIGER K., 1963. Die Kupfer- und Uranmineralisationen der Mürtschenalp (Kt. Glarus, Schweiz). Beitr. Geol. Schweiz, Geotech. Ser. 38
- BEARTH P., 1980. Blatt 1308 St. Niklaus. Geol. Atlas Schweiz 1:25 000 , Erläut. 71. https://data.geo.admin.ch/ch.swisstopo.geologie-geologischer_atlas/erlaeuterungen/GA25-ERL-71.pdf
- BURRI M., 1992. Die Gesteine. Erkenne die Natur im Wallis. Martigny.
- CASOLARO PIERLUIGI, 2023. Mündliche Mitteilung.
- CROSSROADS SCIENTIFIC, 2023. <https://xrayscientific.com/>
- DIETRICH V., HUONDER N., RYBACH L., 1967. Uranvererzungen im Druckstollen Ferrera – Val Niemet. Beitr. Geol. Schweiz, Geotech. Ser. 44
- EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR REAKTORFORSCHUNG, 1973. Das Eidgenössische Institut für Reaktorforschung Würenlingen. Würenlingen. https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/06/185/6185893.pdf
- FELDMANN M., 1986. Uran und seltene Erden Mineralisationen im Raum Emmbd-Törbel, Mulde von St. Niklaus, Mattertal, Wallis. Diplomarbeit ETH. Zürich. Unveröffentlicht.
- FÜCHTBAUER H., HELING D., MÜLLER G., RICHTER D.K., SCHMINCKE H.-U., SCHNEIDER H.-J., VALETON I., WALTHER H.W., WOLF M., 1988. Sedimente und Sedimentgesteine. Stuttgart.
- GILLIÉRON F., 1988. Zur Geologie der Uranmineralisation in den Schweizer Alpen. Beitr. Geol. Schweiz, Geotech. Ser. 77
- GRAETZ, 2023. <https://graetz.com/produkte/sonden/nai-szintillationssonde-graetz-2002/>
- HABICHT C., 2008. Kanadier suchen im Wallis nach Uran, Tages Anzeiger 18. 11. 2008. Zürich. <https://www.derbund.ch/kanadier-suchen-im-wallis-nach-uran-964783134149>

- HAUSMANN K., 2016. Vergangenes wird wieder aktuell: Diorit-Plutonium. *Energieia Magazin des Bundesamtes für Energie*. <https://energeiaplus.com/2016/03/24/vergangenes-wird-wieder-aktuell-diorit-plutonium/>
- HÜGI TH., KÖPPEL V., DE QUERVAIN F., RICKENBACH E., 1967. Die Uranvererzungen bei Isérables (Wallis). *Beitr. Geol. Schweiz, Geotech. Ser. 42*
- INTERNATIONAL MEDCOM INC., 2023. <https://medcom.com/product/imi-inspector-alert-surface-contamination-meter/>
- KRAMERS J., 1973. Zur Mineralogie, Entstehung und alpine Metamorphose der Uranvorkommen bei Trun, Graubünden. *Beitr. Geol. Schweiz, Geotech. Ser. 52*
- KÖPPEL V., 1964. Bericht über die erzmikroskopischen Untersuchungen der Uranvererzungen bei Töbel und Embd im Visper- und Mattertal (Wallis). *InfoGeol-Nr. 36453. swisstopo.*
- LABHART T.P., 1967. Die Uranvererzungen am Südrand des Aarmassivs bei Naters (Kt. Wallis, Schweiz). *Beitr. Geol. Schweiz, Geotech. Ser. 43*
- LABHART T.P., RYBACH L., 1971. Abundance and Distribution of Uranium and Thorium in the Syenite of Piz Giuv (Aar-Massif-Switzerland). *Beitr. Geol. Schweiz, klein. Mitt. 55*
- LABHART T.P., RYBACH L., 1974. Granite und Uranvererzungen in den Schweizer Alpen. *Beitr. Geol. Schweiz, klein. Mitt. 60*
- LEU H., 1970. Radioaktivitätsmessungen über Uranvorkommen beim Scheibenstand Embd. *InfoGeol-Nr. 21164. swisstopo.*
- MAGILL J., PFENNIG G., GÄLY J., 2006. *Karlsruher Nuklidkarte 7. Auflage. Lage (Germany).*
- MAP.GEO.ADMIN.CH, 2022a. https://map.geo.admin.ch/?lang=de&topic=ech&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&layers_visibility=false&layers_timestamp=18641231&E=2715138.71&N=1205648.31&zoom=2
- MAP.GEO.ADMIN.CH, 2022b. https://map.geo.admin.ch/?lang=de&topic=ech&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-grau&E=2631845.26&N=1122984.05&zoom=7&catalogNodes=508,532,533&layers=ch.swisstopo.swissalti3d-reliefschattierung,ch.swisstopo.geologie-geocover&layers_opacity=0.8,0.4
- MAP.GEO.ADMIN.CH, 2022c. https://map.geo.admin.ch/?lang=de&topic=ech&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&E=2631306.46&N=1122823.58&zoom=10&catalogNodes=532,533&layers=ch.swisstopo.geologie-geologischer_atlas
- MAP.GEO.ADMIN.CH, 2022d. https://map.geo.admin.ch/?lang=de&topic=ech&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&E=2631553.01&N=1122896.58&zoom=11&layers=ch.swisstopo.swissalti3d-reliefschattierung&layers_opacity=0.65&catalogNodes=532,533
- MAP.GEO.ADMIN.CH, 2022e. https://map.geo.admin.ch/?lang=de&topic=ech&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&E=2586437.76&N=1106375.09&zoom=9&catalogNodes=532,533&layers=ch.swisstopo.geologie-geocover&layers_opacity=0.75
- MAP.GEO.ADMIN.CH, 2023. https://map.geo.admin.ch/?lang=de&topic=ech&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&layers_visibility=false&layers_timestamp=18641231&E=2631976.05&N=1122846.20&zoom=5
- MEISSER N., 2012. La Minéralogie de l'uranium dans le massif des Aiguilles Rouges. *Mater. Géol. Suisse, Sér. géotech. 96*
- PFIFFNER O.A., 2010. *Geologie der Alpen. Bern.*
- PINGUELY N., 2019. In den Alpen lagern versteckte Schätze. *Sonntagszeitung* 23. 6. 2019. Zürich. <https://www.derbund.ch/in-den-alpen-lagern-versteckte-schaetze-460526874237>
- PREGLER A., SURBECK H., EIKENBERG J., WERTHMÜLLER S., SZIDAT S., TÜRLE A., 2019. Increased uranium concentrations in ground and surface waters of the Swiss Plateau: A result of uranium accumulation and leaching in the Molasse basin and (ancient) wetlands? *Journal of Environmental Radioactivity*. Vol 208–209, 106026. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2019.106026>
- QUERVAIN F. DE, 1973. Die Uranvererzungen Valsoirey südlich Bourg St. Pierre (Wallis). *Beitr. Geol. Schweiz, klein. Mitt. 59*
- RYBACH L., RAUMER J. VON, ADAMS J.A.S., 1966. A Gamma Spectrometric Study of Mont Blanc Granite Samples. *Beitr. Geol. Schweiz, klein. Mitt. 37*
- RYBACH L., GRAUERT B., LABHART T.P., 1970. Non-destructive Determination of Uranium and Thorium in Accessory Minerals by Gamma Ray Spectroscopy. *Beitr. Geol. Schweiz, klein. Mitt. 48*
- SARTORI M., GOUFFRON Y., MARTHALER M., 2006. Harmonisation et définition des unités lithostratigraphiques briançonnaises dans les nappes penniques du Valais. *Ecologae*

- geol. Helv. 99 363-407. <http://doi.org/10.5169/seals-169246>
- SARTORI M., MARTHALER M., GOUFFRON Y., MEISSER N., 2017. Blatt 1288 Raron. Geol. Atlas Schweiz 1:25000, Erläut. 153. https://data.geo.admin.ch/ch.swisstopo.geologie-geologischer_atlas/erlaeuterungen/GA25-ERL-153.pdf
- SCHKADE U.-K., HECKEL A., WERSHOFEN H., 2018. Gammasspektrometrische Bestimmung der Aktivitäten natürlicher Radionuklide, Hrsg. Bundesamt für Strahlenschutz. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Strahlenschutz/strlsch_messungen_gamma_natrad_bf.pdf
- SEELMANN-EGGEBERT W., PFENNIG G., MÜNZEL H., KLEWE-NEBENIUS H., 1981. Nuklidkarte 5. Auflage. Lage, Lippe.
- SCHEIBER T., PFIFFNER O.A., SCHREURS G., 2013. Upper crustal deformation in continent-continent collision: A case study from the Bernard nappe complex (Valais, Switzerland). *Tectonics*, 32, 1320-1342, doi:10.1002/tect.20080. <https://doi.org/10.7892/boris.48588>
- STAUB T., 1983. Die Fahlerz- und Uranvorkommen bei Affeier (Vorderrheintal, Graubünden). *Beitr. Geol. Schweiz, Geotech. Ser.* 62
- STRATI.CH, 2023. <https://www.strati.ch/de/tectonic/siviez-mischabel>
- STUCKI R., 2023. Ein schneller Szintillationszähler für den Feldeinsatz. *VSMP Bull.* 151. St.Gallen.
- WOLLEMAN R., 2004. Zwischen Atomwaffe und Atomsperrvertrag. Hrsg. ANDREAS WENGER, Forschungsstelle für Sicherheitspolitik der ETH Zürich. *Zürcher Beiträge zur Sicherheitspolitik und Konfliktforschung* 75. <https://doi.org/10.3929/ethz-a-004899149>
- WOODTLI R., JAFFÉ F., RAUMER J. VON, & DELLA VALLE G., 1987. Prospection minière en Valais: le projet Uromine. *Mater. Géol. Suisse, Sér. géotech.* 72
- ZAUGG Z., 2019. Radiometrische Anomalien und «Seltene Erden» im Mattertal. Maturarbeit am Gymnasium Lerbermat. Köniz. Unveröffentlicht.
- ZEMAN A., 2009. War der Bau des schweizerischen Versuchs-Leistungsreaktors militärisch orientiert? Proseminararbeit am Historischen Institut Uni Bern, Abt. WSU. http://www.zeme.ch/userfiles/pdfs/War_der_Bau_von_Lucens_militaerisch_orientiert.pdf


Ruedi Stucki

Jahrgang 1957. Aufgewachsen und Volksschulen besucht im Berner Seeland in Ins. Lehrer:innenseminar, Sekundarlehramt und ab Herbst 1982 Physikstudium an der Uni Bern als «Werkstudent» mit ein paar Math-Lektionen an der Berufsmittelschule Bern. Diplomarbeit 1989 «Szintillationseigenschaften ausgewählter Materialien bei tiefen Temperaturen» im Labor für Hochenergie LHEP unter den Profs. Beat Hahn und Klaus Pretzl. Ein knappes Jahr als wissenschaftlicher Assistent am LHEP tätig. Dann drei Semester lang Physiklehrer am Gymnasium Kirchenfeld; am Staatlichen Seminar für Haushaltungslehrerinnen und -lehrer bis zu dessen Auflösung 2002 und ab 1997 zunehmend am Gymnasium Lerbermat bis zur Retirierung 2022. Nebst langjähriger Beschäftigung mit Astronomie, Audiotechnik, Elektronik und Weinbau im Jahr 2010 die alte Liebe zur Geologie/Mineralogie neu entdeckt und sich unzählige Tage in den ehemaligen Minen und Uranfundstellen des Südwallis und auch am Lötschberg herumgetrieben. Quasi als eine Frucht davon ergab sich obiger Bericht.

Kontakt: rudolfstucki@bluewin.ch