

Zeitschrift: Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft
Herausgeber: St. Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft
Band: 91 (2008)

Artikel: Ein radioaktiver "Hotspot" im Verrucano des Weisstannentals
Autor: Bützer, Peter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-832615>

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: 07.02.2026

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

Ein radioaktiver ‹Hotspot› im Verrucano des Weisstannentals

Peter Bützer

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	317
1. Einleitung.....	318
2. Hintergrund zur Entdeckung des natürlichen, radioaktiven ‹Hotspots›	318
2.1 Uran und seine Strahlen.....	318
2.2 Uran-Vorkommen.....	319
3. Die Bedeutung von Uran in der Schweiz	320
4. Uransuche im Weisstannental	321
4.1 Der ‹Hot-Spot› auf dem Risetengrat (Augstcham, Oberer Plattnerboden).....	323
4.2 Die Strahlenexposition bei den ‹Hotspots›.....	325
4.3 Die Radioaktivität von Gesteinsproben.....	326
Anmerkungen	327
Literaturverzeichnis	327

Zusammenfassung

Im Kanton St.Gallen findet man im hinteren Weisstannental, im Verrucano, lokal die höchste natürliche Radioaktivität. Die wissenschaftlichen Voraussetzungen für die Entdeckung dieses radioaktiven ‹Hotspots› waren die Kenntnisse über Uran und die technischen Entwicklungen zur Messung der Radioaktivität. Mit einem historischen Einstieg wird die Frage beantwortet, weshalb, wann und wie man in der Schweiz an diesem abgelegenen Ort die stark erhöhte Radioaktivität gefunden hat. Schliesslich geben die eigenen Messungen Aufschluss über die Homogenität der Verteilung im Verrucano und die geschätzten Mengen an Uran an diesem Ort. Dabei wird auf die Besonderheiten der geologischen, mineralogischen und radiologischen Situation eingegangen. Schliesslich wird die Strahlengefährdung an diesem spezifischen Ort und von radioaktiven Gesteinsproben abgeschätzt und mit den aktuellen Grenzwerten beurteilt.

1. Einleitung

Radioaktivität ist ein emotionsbeladenes Wort, auch wenn wir etwas davon natürlicherweise in uns tragen und gleichzeitig von Aussen ohne menschliches Zutun bestrahlt werden. Diese Verteilung der Belastung durch diese Strahlen ist von Ort zu Ort verschieden. Und so stellt sich die Frage: Warum ist diese natürliche Strahlenbelastung im Kanton St. Gallen im hinteren Weisstannental (Abbildung 1) am höchsten und wann und wie wurde dieser ‹Hotspot› gefunden?

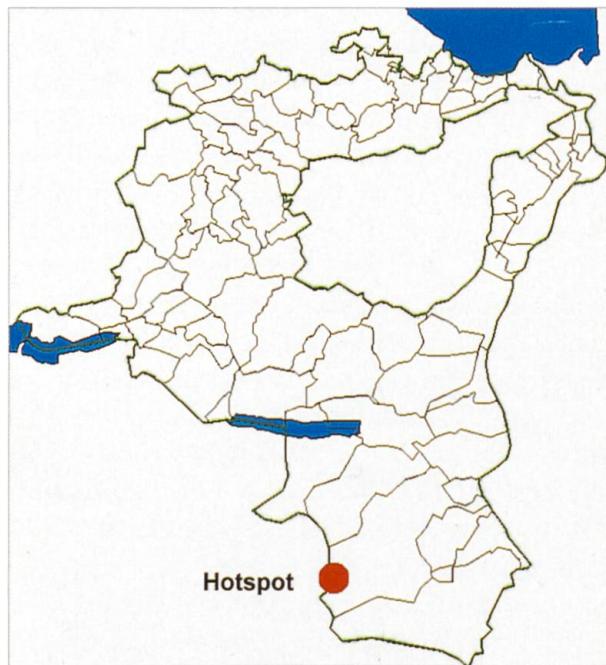


Abbildung 1:
Der radioaktive ‹Hotspot› im südlichen Zipfel des Kantons St. Gallen im hinteren Weisstannental (Koordinaten Hotspot Nr. 8: 738451.0/204160.6/2040.3).

2. Hintergrund zur Entdeckung des natürlichen, radioaktiven ‹Hotspots›

2.1 Uran und seine Strahlen

Acht Jahre nachdem der Planet Uranus entdeckt wurde, 1789, gab am 24. September der Chemiker und Apotheker Martin Heinrich Klaproth die Entdeckung des Elements Uranium – heute nur noch Uran – in der Pechblende in einer Ansprache vor der Preussischen Akademie der Wissenschaften in Berlin bekannt. Was er jedoch gefunden hatte, war ein Uranoxid und nicht der Urstoff (WEBER 1896) Uran, wie die Elemente noch bis 1896 genannt wurden. Das Material hatte wohl eine bis ins 1. Jahrhundert n. Chr. reichende, trotzdem aber nur bescheidene Bedeutung zum Färben von grün-gelb fluoreszierendem Glas (TRUEB 1996). Erst fünfzig Jahre später, im Jahre 1841, gelang es dem französischen Chemiker Eugène Melchior Péligot reines Uranmetall zu gewinnen.

Die Uransalze weckten mit ihren fluoreszierenden und phosphoreszierenden Eigenschaften das Interesse vieler Wissenschaftler. Der Chemiker Otto Hahn beschrieb den Durchbruch 1932, der mit diesen Forschungen erfolgte, mit den Worten (HAHN 1932): ‹Zu Beginn des Jahres 1896 untersuchte H. Becquerel, ob in dunkles Papier lichtdicht eingewickelte photographische Platten von fluoreszierenden Uransalzen geschwärzt würden. Er wollte damit eine von ihm und anderen Forschern vermutete Beziehung zwischen Fluoreszenzerscheinungen und den wenigen Monaten vorher von Röntgen entdeckten X-Strahlen prüfen, die ja ebenfalls durch lichtdichtes Papier hindurch photographische Platten zu schwärzen vermochten. Becquerel erhielt in der Tat die erwartete Einwirkung der Uranstrahlen auf die Platte. Aber schon wenige Wochen später erkannte er, dass die von ihm gefundenen unsichtbaren Strahlen mit der Fluoreszenz der Uransalze in keinem ursächlichen Zusammenhang stehen konnten.›

Diese neuen Strahlen wurden von Antoine Henri Becquerel selbst als Uranstrahlen bezeichnet und erhielten später den Namen ihres Entdeckers, Becquerelstrahlen. Marie Skłodowska-Curie schreibt dazu (CURIE 1904): ‹Das Uran, das Thor und ihre Verbindungen emittieren also Becquerelstrahlen. Ich habe Substanzen, die eine derartige Strahlung aussenden, radioaktiv genannt, ein Name, der seitdem allgemein angenommen worden ist.› Die Gewinnung von Radium aus Uran von Marie Curie machte dessen Anwendung in der Leuchtfarbenindustrie interessant. Bis etwa 1950 erfolgte z.B. die Leuchtausstattung von Anzeigen und Uhrzeigern hauptsächlich durch Radium 226, das zur Leuchtanregung des Zinksulfids (ZnS) verwendet wurde. Mesothorium 1 (Radium 228) und Radiothorium (Thorium 228) wurden seltener angewendet. Ihre α -Teilchen werden von der Leuchtfarbe absorbiert und bewirken die Lumineszenzanregung (JENDRITZKI 1987).

2.2 Uran-Vorkommen

Der durchschnittliche Urangehalt der obersten, 16 km dicken Erdkruste wird auf 1,8 parts per million (ppm) geschätzt (ROEMPP 2006), Granit im Durchschnitt 13–22 ppm (LABHART & RYBACH 1974). Es ist also fast so häufig wie Zinn oder beispielsweise häufiger als Iod, Bismut, Cadmium oder Silber. Im Meerwasser sind etwa 2–3 parts per billion Uran enthalten - (1 ppb = 1 Teil pro Milliarde, also 2–3 Milligramme Uran pro Tonne Meerwasser).

Uran kommt nur in Form von Erzen vor. Von etwa 150 bekannten Uranmineralen haben jedoch nur wenige eine wirtschaftliche Bedeutung erlangt: Uranit (Uranpecherz, Uranpechblende) UO_2 ist am wichtigsten. Weitere, weniger bedeutende Kupfer-Uranminerale sind Torbernit (Uranglimmer) $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$, Zeunerit $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$, Autunit (Uranit) $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$, sowie Euxenit (U, Th, Ce, Ca, Y) $(\text{Nb}, \text{Ta}, \text{Ti}_2)\text{O}_6$ und Carnotit $\text{K}_2\text{UO}_2[\text{VO}_4] \cdot 1,5 \text{H}_2\text{O}$. Erze mit einem Gehalt ab 1000 ppm (1%) Uran sind im 21. Jahrhundert wirtschaftlich nutzbar, wobei lediglich drei Isotope von Interesse sind (Tabelle 1).

Die häufigsten Isotope, Uran-238 und Uran-235, zerfallen mit mehreren α - und β -Zerfällen bis zum stabilen Blei-206, respektive zum Blei-207 (Abbildung 2). Somit ist es nicht möglich, mit einfachen Messgeräten ein radioaktives Isotop oder Uran isoliert von Thorium zu erfassen.

Im menschlichen Körper ist der Gehalt an Uran ca. 1,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Körpergewicht (EMSLEY 1994), das entspricht einer durchschnittlichen Aktivität von 7–16 Milli-Becquerel pro Kilogramm Körpergewicht (NAGRA 1995), was bei einer Person von 70 kg in einer Minute zu etwa 30 Zerfällen führt. Der bei Aufnahme in den Körper (Ingestion) für den Menschen bedeutsamste Anteil an der Äquivalentdosis (physiologisch wirksame Dosis) liefert dabei das Isotop ^{234}U .

Einige Eigenschaften der wichtigsten Uranisotope in Natururan

Uran Isotop	Anteil an Natururan (%)	α -Energie ‹wichtigste› (MeV) ^{a)}	Halbwertszeit (Jahre)	Spezifische Aktivität ^{c)} (Bq/g) ^{b)}	Aktivität bezogen auf 1 Gramm Natururan (Bq) ^{b)}
$^{238}\text{Uran}$	0,005	4,856	$4,5 \cdot 10^9$	12450	12360
$^{235}\text{Uran}$	0,720	4,6739	$7 \cdot 10^8$	78576	566
$^{234}\text{Uran}$ ⁴⁾	99,275	4,039	$2,4 \cdot 10^5$	$2,075 \cdot 10^8$	10375

^{a)} MeV: Mega-Elektronenvolt, Zum Vergleich: Eine chemische Bindung im Gewebe hat eine Bindungsenergie von 2–10 eV, also rund eine Million mal weniger.
^{b)} 1 Bq (Becquerel) entspricht einem radioaktiven Zerfall pro Sekunde.
^{c)} Spezifische Aktivität: Radioaktive Zerfälle pro Gramm Uran

Tabelle 1:
Eigenschaften der wichtigsten Uranisotope.

	⁸¹ Tl	⁸² Pb	⁸³ Bi	⁸⁴ Po	⁸⁵ At	⁸⁶ Rn	⁸⁷ Fr	⁸⁸ Ra	⁸⁹ Ac	⁹⁰ Th	⁹¹ Pa	⁹² U
238												4,5•10 ⁹ y
235												7,13•10 ⁸ y
234										24,5 d	1,25 m 67 h	2,7•10 ⁵ y
231										24,6 h	3,2•10 ⁴ y	
230										8,3•10 ⁴ y		
227									13,5 y	18,9 d		
									13,5 y			
226								1590 y				
223							21 m	11,2 d				
222						3,82 d						
219						3,92 s						
218				3,03 m								
215				2•10 ⁻³ s								
214		26,8 m	19,7 m	1,4•10 ⁻⁴ s								
			19,7 m									
211		36 m	2,16 m	5•10 ⁻³ s								
210	1,32 m	22 y	50 d	140 d								
207	4,16 m	stabil										
206		stabil										

s: Sekunden, m: Minuten, h: Stunden, d: Tage, y: Jahre, \square α - Zerfall (${}^{-4}_{2}\text{He}$), \blacksquare β - Zerfall (${}^{0}_{-1}\text{e}$)

Abbildung 2:

Die Zerfallsreihen der beiden wichtigsten Isotope ${}^{235}\text{U}$ und ${}^{238}\text{U}$ von Natururan mit ihren Halbwertszeiten (PAULING 1962).

Dieses Uran, das auf Grund seiner Radioaktivität entdeckt wurde, enthält mit ${}^{235}\text{U}$ ein Isotop, das sich unter grosser Energiefreisetzung spalten lässt. Daher wurde und wird es als Rohstoff gesucht.

3. Die Bedeutung von Uran in der Schweiz

Am 22. Dezember 1938 veröffentlichten die Chemiker Otto Hahn und Fritz Strassmann in der Zeitschrift *«Naturwissenschaften»* die fantastische Entdeckung der Bildung von Barium aus Uran durch Neutronenbeschuss (SEELMANN-EGGEBERT 1979). Im Februar 1939

erschienen in der Fachzeitschrift *«Nature»* zwei Zuschriften von Liese Meitner und Otto Robert Frisch, welche dieses Experiment physikalisch als Kernspaltung interpretierten (HERBIG 1976, S.73). Die ersten, sehr genauen Abschätzungen (200 MeV pro Spaltung (COTTI 1998) machten rasch klar, welche ungeheure Energie mit dieser Art Kernreaktion freigesetzt werden kann. Das lässt sich mit dem folgenden Vergleich verdeutlichen: Aus 1 Tonne Kohle können 9400 kWh, aus einer Tonne Uran-235 21500 Millionen kWh Energie gewonnen werden (LIESER 1969).

Die Entdeckung der Kernspaltung führte dazu, dass am 2. Dezember 1942 unter der Westtribüne der Squashhalle auf dem Campusgelände der Universität von Chicago der erste Reaktor (*«Pile-1»*) aus 340 Tonnen Graphit, 37 Tonnen Natururanoxid, 5 Tonnen Natururanmetall und einigen Steuerstäben

aufgebaut und kritisch gemacht wurde (FARMELO 1992). Damit waren vom Menschen erstmals grössere Mengen Energie durch Kernspaltung aus Uran freigesetzt worden.

Wie auch immer heute die Geschichte interpretiert wird oder werden will (Bsp. LAMONT 1965, HERBIG 1976, S. 106ff, RHODES 1986, MENGE 1991, RECHENBERG 1994, KARLSCH 2005), hatten kurz vor und im 2. Weltkrieg bedeutende Wissenschaftler in den USA die Befürchtung, dass Hitler die Atombombe bauen könnte. Einen von Leó Szilárd verfassten Brief, datiert vom 2. August 1939, unterschrieb der Pazifist Albert Einstein und sandte ihn an den Präsidenten der Vereinigten Staaten Franklin Delano Roosevelt. Damit wurde das Manhattan Projekt zum Bau der Atombombe gestartet. Parallel zur Waffenentwicklung lief jedoch in den USA ab 1943 in Oak Ridge (Tennessee) auch ein Projekt mit dem Namen «Pile-2», welches die Wärmeenergie der Uran-Spaltung für friedliche Zwecke nutzbar machen sollte (GAEBERT 1974). Mit der Explosion der Uran-Atombombe «Little Boy» in Hiroshima am 6. August 1945 wurden der ganzen Welt die gewaltigen Energien sichtbar, welche mit der Kernspaltung freigesetzt werden können.

Am Dienstag, 8. Dezember 1953 kündigte der ehemalige General Dwight D. Eisenhower als Präsident der Vereinigten Staaten von Amerika vor der UNO-Vollversammlung im letzten Abschnitt seiner Rede die friedliche Nutzung der Kernenergie mit den Worten an (EISENHOWER 1953): «To the making of these fateful decisions, the United States pledges before you, and therefore before the world, its determination to help solve the fearful atomic dilemma – to devote its entire heart and mind to finding the way by which the miraculous inventiveness of man shall not be dedicated to his death, but consecrated to his life.» Am 21. Januar 1954 wurde die Taufe des ersten Atom U-Boots, der USS Nautilus (SSN-571), von Mamie Eisenhower, der Frau des Präsidenten Dwight D. Eisenhower vorgenommen.

Danach folgte die legendäre Konferenz «Atoms for Peace» in Genf am 8. August 1955. Nach deren Abschluss übernahm die Schweiz das Ausstellungsobjekt der Amerikaner, den Forschungsreaktor «Saphir», ein Schwimmbadreaktor. Er blieb bis Dezember 1993 in Würenlingen in Betrieb und diente vor allem als Neutronenquelle für Aktivierungs- und Strahlrohrexperimente. Ebenfalls im Jahre 1959 wurden in der Schweiz mit dem Atomgesetz (ATOMGESETZ 1959)¹ Richtlinien für den Schutz gegen ionisierende Strahlen erlassen (RICHTLINIEN 1955)². Ein zweiter Forschungsreaktor, ebenfalls in Würenlingen, der Schwerwasserreaktor «Diorit», von einer Gruppe der Industrie geplant und gebaut, konnte 1960 in Betrieb genommen werden. Dieser Reaktor war in der Lage waffenfähiges Plutonium zu erbrüten. Die von diesem Reaktor erworbenen Kenntnisse bildeten eine wichtige Grundlage für das spätere unterirdische Versuchsatomkraftwerk in Lucens (Kanton Waadt) (KERNFACHLEUTE 1992). Dazu gründeten 1957 fünf bedeutende Schweizer Unternehmen die «Suisatom» mit dem Ziel, zu Versuchszwecken dieses kleinen, schweizerische Kernkraftwerk zu bauen – im selben Jahr, in welchem in Windscale (England) in einem Kernkraftwerk ein schwerer Unfall ablief (ARNOLD 1992). Auch der Bau einer eigenen Atombewaffnung wurde vom Bundesrat 1958 ernsthaft erwogen (VON FALKENSTEIN 1997).

In diesen 50iger und 60iger Jahren wurde Atomenergie in der industrialisierten Welt zu einem Hoffnungsträger für eine sichere Energieversorgung (JUILLARD 1961).

4. Uransuche im Weisstannental

In den Glarner Ratsprotokollen wird 1608 erstmals ein Kupferbergwerk auf der Mürtischenalp erwähnt. In Handstücken von Erzen aus diesen Stollen wies H. Hirschi 1925 Radioaktivität nach und 1948 bestätigte O. Grütter im Auftrag der «Studienkommission für Atomenergie (SKA)» die erhöhten Radioaktivitäten im Feld (RYBACH & AEBERLI 1974).

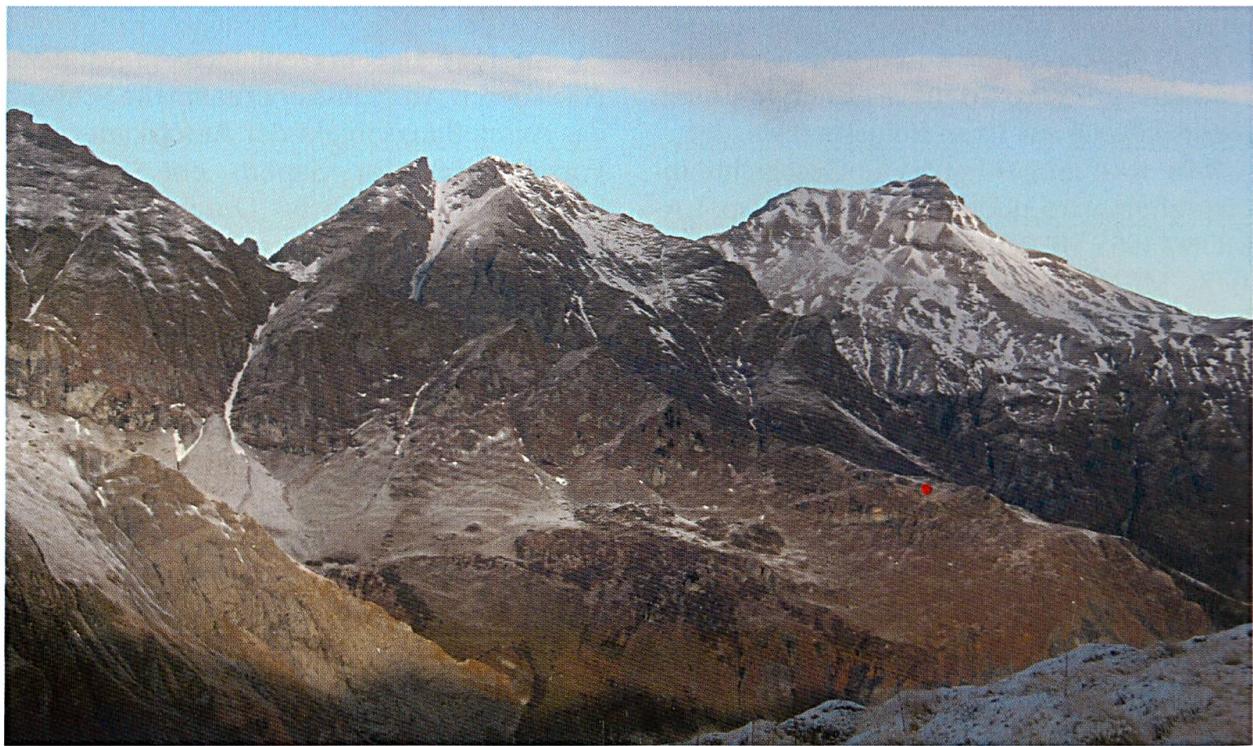


Abbildung 3:
Rot markiert, der «Hotspot» auf dem Risetengrat (Foto: Ines Guntli, Herbst 2006) Die Messungen der Radioaktivität (Abbildung 4) sind auf dem Aufstieg von links unten zum «Hotspot».

Erste Urannachweise in Verrucano, in Verbindung mit Kupfererzen, waren in der Schweiz kurz nach dem 2. Weltkrieg aus dem Jahre 1950 bekannt (AMSTUTZ 1950), bedeutendere Vorkommen sind 1960 (BÄCHTIGER 1960) und 1963 (BÄCHTIGER 1963) beschrieben worden. Anlässlich der Sitzung des Bundesrates vom 5.6.1964 bewilligte dieser die notwendigen Mittel zur Uranprospek-

tion in der Schweiz (SPILLMANN & KÜNZI 1997) mit der Absicht, eine gewisse Autonomie bei der Versorgung mit dem «Brennstoff» Uran zu erreichen (WOLLENMANN 2005). So suchte man auch in der Schweiz intensiv nach Gesteinen, die allenfalls Minerale für die Aufbereitung als Spaltmaterial enthalten könnten (z.B. Uraninit, Pechblende etc.). Der «Arbeitsausschuss der Schweizerisch Geotechnischen Kommission für die Untersuchung schweizerischer Mineralien und Gesteine auf Atom-Brennstoffe und seltene Elemente» kümmerte sich um diese Uran suche (SGTK 2007). Über 780 km Stollen (DIETRICH & HUONDER & RYBACH 1967) wurden untersucht, grosse Oberflächenareale übersichtsmässig kartiert, interessante Teilgebiete im Detail radiometrisch vermessen und tausende von Proben im Labor analysiert. Zu diesen Gebieten gehörte auch der «Obere Plattnerboden» und der Augstchamm⁴ im hinteren Teil des Weisstannentals. 1970 fanden W. Balderer im «Oberen Plattnerboden» und N. Leflef im Gebiet «Obersiez» eine stark erhöhte Radioaktivität (ENGI 1974), die auf Uranvorkommen schliessen liess (RYBACH 1973). Die Schürf-Konzessionärin

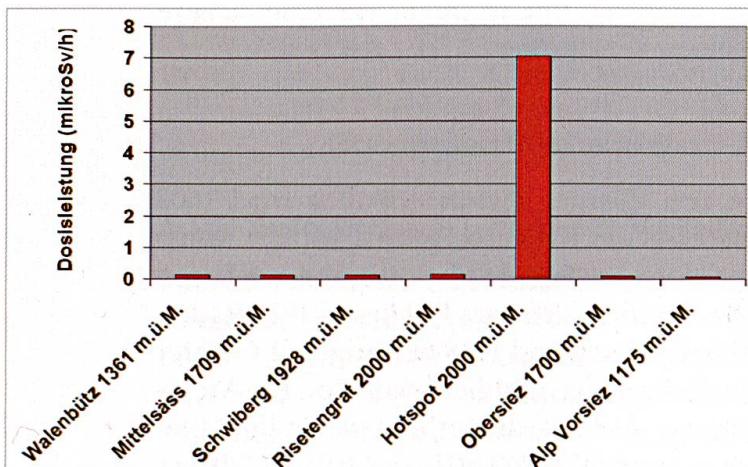


Abbildung 4:
Dosisleistungsmessungen⁵ 1 m über dem Boden (Mittelwerte aus 6 Messungen pro Punkt). Die stark erhöhte Radioaktivität am «Hotspot» ist im Wesentlichen durch das Uranerz bestimmt.

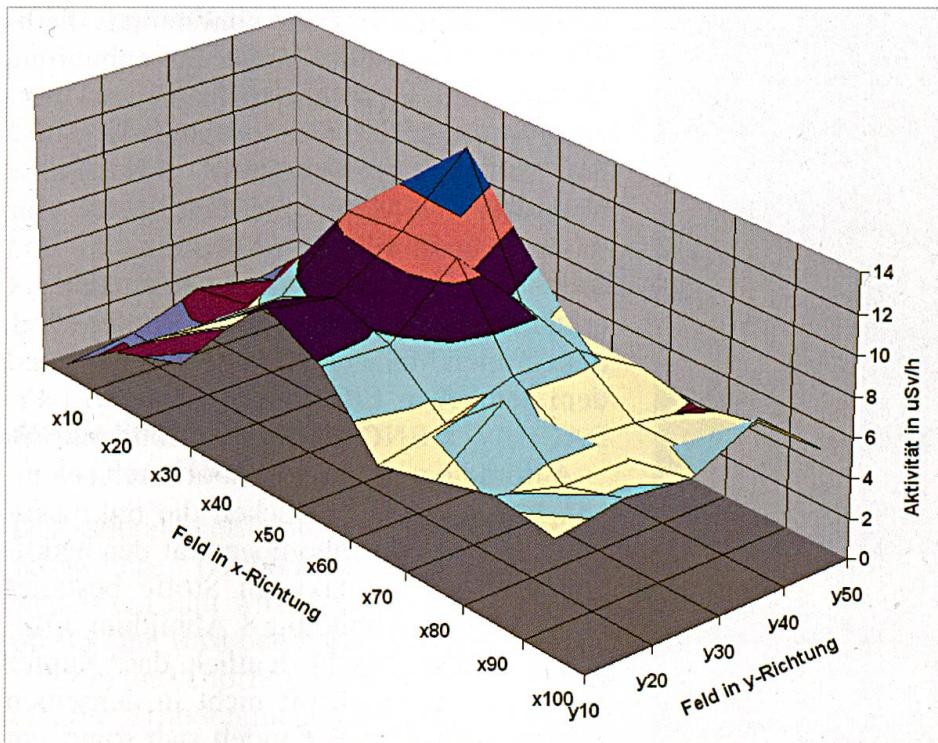


Abbildung 5:
Oberflächliche Radioaktivitätsverteilung (Dosisleistung) der aktiven Zone in einem Messfeld von 50 x 100 cm mit 10 x 10 cm Feldern. Das markierte Zählrohr lag direkt auf dem Gestein in der Mitte der quadratischen Felder⁵. Selbstverständlich werden bei der Messung der γ -Aktivität alle Uran- und alle Thoriumisotope integral bestimmt (Farben von unten nach oben in $\mu\text{Sv}/\text{h}$: 0–2: lila, 2–4: burgunderrot, 4–6: hellgelb, 6–8: hellgrün, 8–10: violett, 10–12: rostbraun, 12–14: blau).

für diese Arbeiten war die Eisenbergwerk Gonzen AG (RYBACH & AEBERLI 1974). Selbst die Extraktion von kleinen Konzentrationen Uran aus Granit wurde untersucht (HUVYLER & RYBACH & TAUBE 1975).

4.1 Der ‹Hot-Spot› auf dem Risetengrat (Augstcham, Oberer Plattnerboden)

Bei jedem α - und β -Zerfall von Uran (auch von Thorium) wird gleichzeitig auch weitreichende, gut messbare γ -Strahlung abgegeben. Anhand dieser ionisierenden Strahlen können höhere Urankonzentrationen in geologischen Formationen leicht gefunden werden. Das war auch im Weisstannental der Fall – mit Ausnahme der Aeroradiometrie, wie Flüge der Nationalen Alarmzentrale im Jahre 1997 in diesem Gebiet gezeigt haben (BUCHER et al. 1998).

Der ganze Kanton St.Gallen wurde 1992 im Rahmen einer Zivilschutzübung bezüglich Radioaktivität vermessen, um die ‹Nullwerte› zu bestimmen (NAZ 1992) (siehe zum Vergleich LOERTSCHER 2005). Gleichzeitig wurden alle verfügbaren Daten über die natürliche radioaktive Belastung aufgenom-

men und deren relative Anteile durch die Höhenstrahlung, Tritium (^3H), Beryllium (^7Be), Kohlenstoff (^{14}C), Kalium (^{40}K), Thorium (Th) und Uran (U) bestimmt (BÜTZER & FRISCHKNECHT 1996). Da zeigte sich eine Besonderheit. Wenn man im hinteren Weisstannental (Kt. St.Gallen, Schweiz) von Walenbütz über Mittelsäss und Schwiberg den Risetengrat beim ‹Hotspot› nach Obersiez und der Alp Vorsiez (Abbildung 3) überquert und dabei die Dosisleistung 1 m über dem Boden misst, dann ist augenfällig, weshalb man hier von einem ‹Hotspot› der Radioaktivität sprechen kann (Abbildung 4) (BÜTZER & FRISCHKNECHT 1997).

Der ‹Hotspot› auf dem Risetengrat (Augstcham, Oberer Plattnerboden) liegt gemäss Gilliéron (GILLIÉRON 1988) im tiefen unteren Verrucano rund 40–50 m über der Glarner Hauptüberschiebung, im oberen Drittel der ‹Plagioklas-Gneis›-Schicht (RYBACH 1973). Verrucano ist ein rotes bis violettes, mitunter grünes, schiefriges bis grobbankiges Gestein. Dieses bildete sich in der Permzeit (vor ca. 280–250 Mio. Jahren) in einer etwa 50 km breiten, von Südwesten gegen Nordosten ziehenden Binnensenke, in



Abbildung 6:
Ein Handstück vom ‹Hotspot› mit dem blauen Band der Messpunkte und Messlinie (Messungen: Abbildung 7).

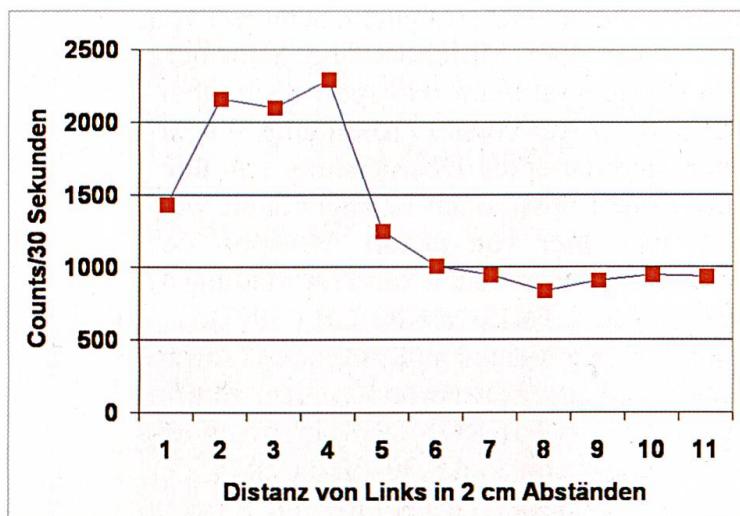


Abbildung 7:
Inhomogene Aktivitätsverteilung bei dem Stein (ca. 20 x 20 cm, Abbildung 6) vom ‹Hotspot›. Zählrohr⁶ bei jeder Marke auf der Mitte des blauen Messstreifens und der Messmarke (siehe Bild). Auffällig ist die gute Übereinstimmung von türkisfarbenem Kupfererz und der Radioaktivität.

der sich bis zu 1600 m kontinentale Sedimente und Laven des Verrucano anhäuften. Die in diesem Verrucano vorhandenen Uranerze, hauptsächlich Uranpechblende (UO_2) und Autunit ($\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$), sind über mehrere Meter und Centimeter sehr unregelmässig verteilt (Abbildung 5) und treten makroskopisch zusammen mit den gut erkennbaren, türkisfarbenen Kupfererzen, dem grünen Malachit ($\text{Cu}_2[(\text{OH})_2|\text{CO}_3]$) und dem gelblichen Chalkopyrit (CuFeS_2) (RYBACH 1973, ENGI 1974) auf (Abbildung 6).

Autoradiografien und Laboruntersuchungen haben bei Handstücken die mikroskopisch sehr grosse Inhomogenität der inaktiven und der radioaktiven Stoffe bestätigt (ENGI 1974) (Abbildung 8, Abbildung 10).

Die Analyse macht deutlich, dass Kupfer und Uran chemisch oft nicht in denselben Phasen vorliegen, es handelt sich somit um reine Uran- und Kupfererze.

Das Vorkommen von Uran im Sedimentmaterial lässt sich chemisch so erklären, dass im Laufe der Erdgeschichte unlösliche Uran-(IV)-salze zu löslichen Uran-(VI)-salzen oxidiert und in Binnenseen abgelagert worden sind. Durch reduktive Prozesse mit Mikroorganismen konnte diese Reaktion umgekehrt, und die Uran-(IV)-salze wieder ausgefällt werden (analog den geologischen Prozessen in Gabun, Afrika (PFIFFELMANN 1975)).



Abbildung 8:
Mikroskopische Aufnahme (50x) von einem Bereich mit viel Kupfererz.

Die gefundene Verteilung der Aktivität schwankt im Plagioklasgneis zwischen 250 ppm und 28000 ppm Uran (RYBACH 1974, S.16), ist aber auch makroskopisch und mikroskopisch ausserordentlich inhomogen, was die grobe Abschätzung der Mächtigkeit von 6–14 Tonnen Uran auf dem Risetengrat ziemlich unsicher macht (ENGI 1974, S.16) (Abbildung 6, Abbildung 7, Abbildung 8).

4.2 Die Strahlenexposition bei den <Hotspots>

Das schmale Felsband in welchem die <Hotspots> liegen (Abbildung 11), lädt zum Verweilen ein und wird von Wanderern sicher oft für eine Rast benutzt.

Uran und Thorium können im Gestein als externe Strahlenquellen α - und γ -Strahlen aussenden. Die α -Strahlen haben in der Luft oder durch die Haut eine so kurze Reichweite, dass sie für eine Exposition nicht berücksichtigt werden müssen – sie können 7 bis 20 Zellen durchdringen, bleiben somit in der Kleidung oder der toten Epidermis der Haut stecken. Das radioaktive Edelgas Radon, welches von Uran gebildet wird, führt

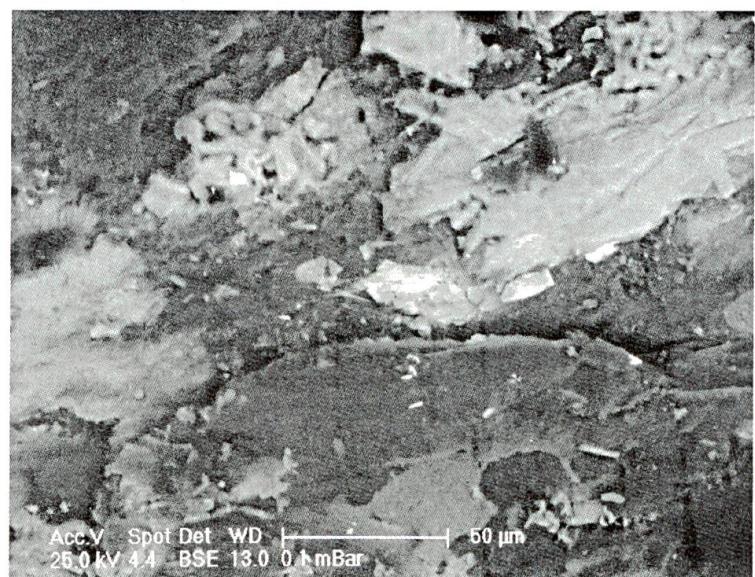


Abbildung 9:
Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Handstücks mit mittlerer Aktivität (zugehörige XPS-Auswertung: Abbildung 10).

im Freien ebenfalls nicht zu einer wesentlichen Gefährdung. Somit bleiben die γ -Strahlen mit ihrer selbst in einem Meter oberhalb der Oberfläche messbaren Dosisleistung. Die Ortsdosisleistungen bei den <Hotspots> sind nach alten Messungen mit

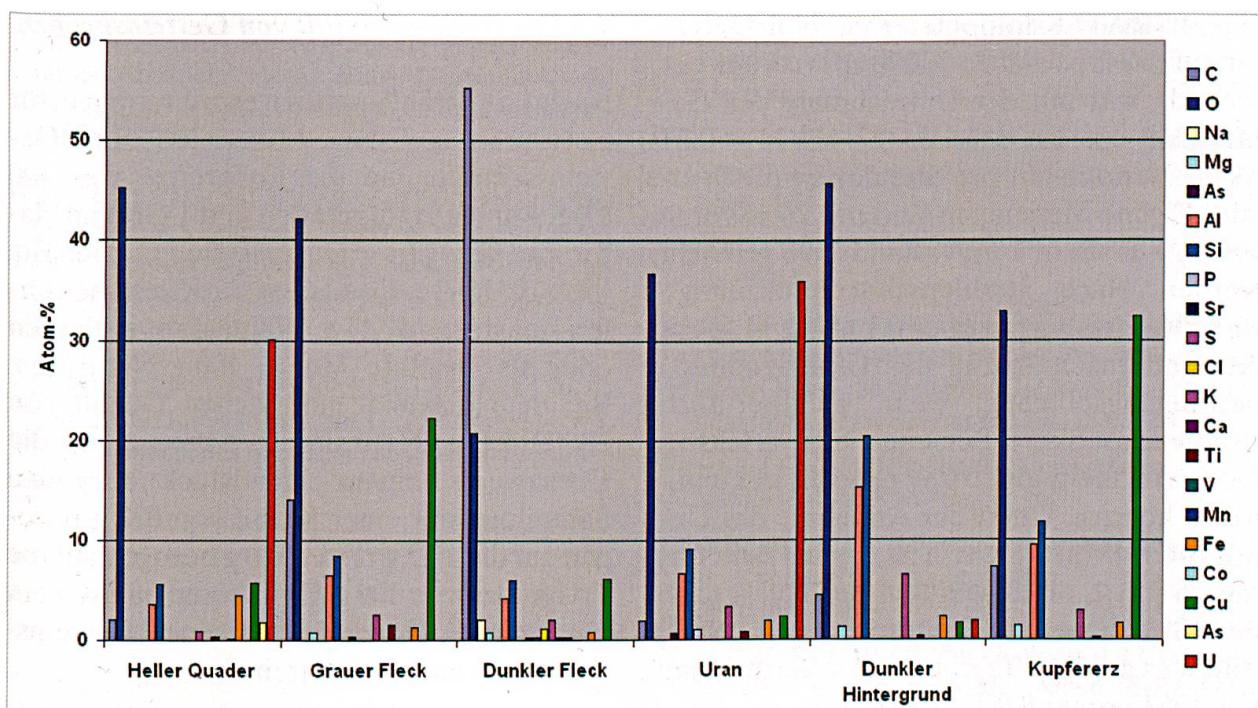


Abbildung 10:
XPS-Auswertung (X-ray photoelectron spectroscopy, Auflösung ca. 5 μm) der verschiedenen Phasen eines Steins. Schwere Elemente werden hell, leichte dunkel abgebildet (Zugehöriges REM-Bild: Abbildung 9).



Abbildung 11:
Das Felsband auf dem Risetengrat links
oberhalb der Mitte, mit dem radioaktiven
Verrucano.

einem SRAT⁹-Szintilometer mit NaI-Detektor auf der Oberfläche 20000 cps (counts per second), was mit der Umrechnung des Geräts (100 cps entsprechen 27 nSv/h = 0,27 μ Sv/h, Nanosievert pro Stunde), 54 μ Sv/h ergibt. Eigene Messungen sind mit 26 μ Sv/h in 10 cm, 6 μ Sv/h in 1 m Abstand 1996 gemacht worden. Nach Strahlenschutzverordnung¹⁰ sind Dosisleistungen über 0,1 μ Sv/h in 10 cm Abstand (nach Abzug des Untergrundes!) bewilligungspflichtig, wenn nichtberuflich strahlenexponierte Personen eine effektive Dosis von mehr als 10 μ Sv pro Jahr akkumulieren können. Unter der Annahme des Untergrundes von 0,1 μ Sv/h ist das bei dem Ort mit 26 μ Sv/h in 23 Minuten der Fall – nach den Strahlenschutz-Richtlinien von 1955¹¹ wären es noch 4,8 Tage, nach der Verordnung von 1963¹² sogar 8,8 Tage gewesen.

4.3 Die Radioaktivität von Gesteinsproben

Nach der Strahlenschutzverordnung gilt für Natururan in Erzen, Mineralien- und Gesteinssammlungen die Freigrenze von 400 kBq. Auf die Häufigkeiten und 1 Gramm Natururan bezogen: ²³⁸U: 12360 Bq, ²³⁵U: 566 Bq, ²³⁴U: 10375 Bq. Das heisst die Gesteine dürfen maximal 17,17 g Natururan enthalten oder als absolute Menge 100 g Natururan. Bei dem maximal gefundenen Gehalt von 28000 ppm Natururan¹³ entsprechen die Grenzwerte einem Handstück für eine Sammlung mit einer Masse von 632 g bezogen auf die 17,7 g resp. 3570 g bezogen auf die Freigrenze von 100 g. Es ist somit zulässig ein faustgrosses Handstück in einer Gesteinsammlung aufzubewahren.

Anmerkungen

¹ ATOMGESETZ (1959): BUNDESGESETZ VOM 23.12.1959 ÜBER DIE FRIEDLICHE VERWENDUNG DER ATOMENERGIE UND DEN STRAHLENSCHUTZ (ATOMGESETZ, ATG); SR 732.0

² RICHTLINIEN FÜR DEN SCHUTZ GEGEN IONISIERENDE STRAHLEN (1955) HRSG.: EIDG. GESUNDHEITSAMT BERN (01.09.1955)

³ Namen nach Landeskarte 1:25000, Blatt Elm, Nr. 1174

⁴ Messgerät: automess 6150 AD-2: Messbereich 60keV-1.3 MeV, Messbereich 0.–9.99 mSv/h

⁵ EG90: Bezeichnung für das Gerät der Firma Automess, 6150 AD 2, Anzeigebereich: 0,1 μ Sv/h – 10 mSv/h, Messbereich: 0,5 μ Sv/h–9,99 mSv/h, Energiebereich: 60 keV–1,3 MeV

⁶ Vernier Student Radiation Monitor: Halogen quenched glass Geiger-Mueller (GM) tube. The wall density of the GM tube is 50 mg/cm²

⁷ XPS-Messung:Forensisch-Naturwissenschaftlicher Dienst, Kantonspolizei St.Gallen (12.1.2007)

⁸ SRAT: Szintilometer der Société de Rechereche et d'Aplication Technique, Paris

⁹ STRAHLENSCHUTZVERORDNUNG(StSV) vom 22.Juni 1994 (Stand am 12.Juli 2005) 814.501, Art. 2, Absatz 2

¹⁰ RICHTLINIEN für den Schutz gegen ionisierende Strahlen. Hrsg.: Eidg. Gesundheitsamt Bern (01.09.1955); 300 mRem, entsprechen etwa 3 mSv = 3000 μ Sv

¹¹ STRAHLENSCHUTZVERORDNUNG, (StSV) von 1963; 0.5 rem; nach Hess W., Entwurf einer Eidg. Verordnung über den Schutz vor ionisierenden Strahlen, Schweiz. Laboranten-Zeitung, Nr.1, Januar 1962, S. 9

¹² STRAHLENSCHUTZVERORDNUNG, (StSV) vom 22.Juni 1994 (Stand am 12.Juli 2005) 814.501, Erze, Mineralien- und Gesteinssammlungen, Anhang 2, S. 59

Literaturverzeichnis

AMSTUTZ, G.C. (1950): Kupfererze in den silitischen Laven des Glarner Verrucano, Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 30, S. 182–191

ARNOLD, L. (1992): Windscale 1957, Anatomy of a Nuclear Accident, St. Martins Press, New York

BÄCHTIGER, K. (1960): Ein intermagmatisches Kupfervorkommen in den Keratophyrlaven des Gandstocks (Kanton Glarus, Schweiz), Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 40, S. 279–288

BÄCHTIGER, K. (1963): Die Kupfer- und Uranmineralisation der Mürtschenalp (Kanton Glarus, Schweiz). – Diss. Univ. Zürich, 114 S.

BUCHER, B., RYBACH, L., SCHWARZ, G. & BÄRLOCHER, CHR., Aeroradiometrische Messungen im Rahmen der Übung ARM97, Bericht für das Jahr 1997 zuhanden der Fachgruppe Aeroradiometrie (FAR), April 1998, S. 15, 16, 36

BÜTZER, P. & FRISCHKNECHT, H. (1996): H., 4tc, Natürliche Radioaktivität im Kanton St.Gallen, Bericht der Koordinationsstelle für Katastrophenhilfe, Staatskanzlei des Kanton St.Gallen

BÜTZER, P. & FRISCHKNECHT, H. (1997): «Hot-spots» im Weisstannental, Terra Plana, Nr. 2, S. 8–13

COTTI, P. (1998): Der gespaltene Atomkern, Neue Zürcher Zeitung, Mittwoch, 23. Dezember, S. 52

CURIE, S. (1904): Radioaktive Substanzen (übersetzt von W. Kaufmann), Verlag Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, S. 6

DIETRICH, V., HUONDER, N., & RYBACH, L. , (1967): Uranvererzungen im Druckstollen Ferrera-Val Niémet, Beitr. Geol. Schweiz. Geotechn. Serie, Lieferung 44

EISENHOWER, D. D. (1953): Atoms for Peace, http://www.iaea.org/About/history_speech.html, 2006-12-17

EMSLEY, J., Die Elemente, Walter de Gruyter, Berlin 1994, S. 202–203

ENGI, M. (1974): Bericht über die Untersuchung der Uran-Mineralisationen im hinteren Weisstannental (Kanton St.Gallen), Geologische Informationsstelle, Bern, Bericht Nr. 336, 13.2.1974, S. 2

FARMELO, G. (1992): The day Chicago went critical, New Scientist, 28 November, p. 29

GAEBERT, H. W. (1974): Der grosse Augenblick in der Physik, Loewes Verlag Ferdinand Carl, Bayreuth, S. 193

GILLIÉRON, F. (1988): Zur Geologie der Uranmineralisation in den Schweizer Alpen, Beitr. Geol. Schweiz. Geotechn. Serie, Lieferung 77, S. 42

- HAHN, O. (1932): Atomumwandlungen und ihre Bedeutung für Chemie und Physik, in: Materie und Energie, Deutsche Buch-Gemeinschaft GmbH, Berlin, S. 103
- HERBIG, J. (1976): Kettenreaktion, Neue Schweizer Bibliothek, Carl Hanser Verlag, Wien
- HUWYLER, S., RYBACH, L. & TAUBE, M. (1975): Extraktion von Uran und anderen Metallen aus Granit. EIR-Bericht Nr. 289, Eidg. Inst. für Reaktorforschung, Würenlingen JENDRITZKI, H. (1987): Der moderne Uhrmacher, Berlin, S. 34f
- JUILLARD, J. (1961): Das Atom als Energiequelle, Verlag Hallwag, Bern
- KARLSCH, R. (2005): Hitlers Bombe, Deutsche Verlags-Anstalt, München
- KERNFACHLEUTE (1992): Schweizerische Gesellschaft der (Hg.): Geschichte der Kerntechnik in der Schweiz. Die ersten 30 Jahre 1939–1969, Oberbözberg: Olythus Verlag, Oberbözberg
- LABHART, T. P. & RYBACH, L. (1974): Granite und Uranvererzungen in den Schweizer Alpen, International Journal of Earth Sciences, Volume 63, Number 1 / January, p. 135–147
- LAMONT, L. (1965): Day of Trinity, Atheneum, New York, p. 20–31
- LIESER, K. H. (1969): Einführung in die Kernchemie, Verlag Chemie GmbH, Weinheim, S. 376
- LOERTSCHER, Y. (2005): Die automatische Überwachung der Ortsdosen mit NADAM, Umwelt-radioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz, Kap. 3.2, S. 22–28
- MENGE, W. (1991): Ende der Unschuld, Verlag Volk und Welt, Berlin
- NAGRA (1995), NAGRA informiert Nr. 25, Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Wettingen, S. 61
- NAZ (1992): Übung NARACH der Nationalen Alarmzentrale vom 31.8 bis 3.9.1992, Radioaktivitätsmessungen im Kanton St.Gallen, Zürich
- PAULING, L. (1962): Chemie eine Einführung, Verlag Chemie GmbH Weinheim, S.578
- PIFFELMANN, J.-P. (1975): L'Uranium dans le bassin de Fraceville, IAEA-SM-204/33, IAEA, Vienna, p. 37ff
- RECHENBERG, H. (1994): (Kommentar), Farm-Hall-Berichte, Supplement 2 zu Naturwissenschaftliche Rundschau, Heft 2, Februar
- RHODES, R. (1986): The Making of the Atomic Bomb, Penguin Books, London, p. 279ff
- RYBACH, L. (1973): Bericht über die Uran-Mineralisation im Oberen Weisstannental (Schürfstelle «Oberer Plattnerboden», Augst-Chamm) im Jahre 1973, Geologische Informationsstelle, Bern, Bericht Nr. 333, 20.12.1973
- RYBACH, L. & AEBERLI, U. (1974): Abschließender Bericht über die in den Jahren 1956–1973 durchgeführten Uran-Prospektionsarbeiten im Glarner und St.Galler Verrucano, Geologische Informationsstelle, Bern, Bericht Nr. 337, S. 3
- SEELMANN-EGGEBERT, W. (1979): Über die Entdeckung der Kernspaltung. Ein Historischer Rückblick, Chimia 33, Nr. 8, S. 275
- SGTK (2007), Schweizerische Geotechnische Kommission, <http://www.sgtk.ch/main.asp?content=inhalts geschichte/arbeitsgebiete/atombrennstoffe.htm&nav=5212,2007-03-06>
- SPILLMANN, K. R. & KÜNZI, H. (Hrsg.) (1997): Karl Schmid als strategischer Denker, Zürcher Beiträge zur Sicherheits- und Konfliktforschung, Heft Nr. 45, S. 42
- SRAT: Szintilometer der Société de Recherche et d'Application Technique, Paris
- TRUEB, L. F. (1996): Die chemischen Elemente, S. Hirzel Verlag, Stuttgart, S. 371
- Uran, Römpf Chemie Lexikon, Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart 2006
- VON FALKENSTEIN, R. (1997), Vom Giftgas zur Atombombe, Verlag Merker im Effingerhof, Baden, S. 246
- WEBER, C. (1896): Leitfaden für den Unterricht in der landwirtschaftlichen Chemie, Verlag von Eugen Ulmer, Stuttgart, S. 5
- WOLLENMANN, R. (2005): Zwischen Atomwaffe und Atomsperervertrag, Zürcher Beiträge zur Sicherheitspolitik und Konfliktforschung, Nr. 75, S. 28