



Pfirter Geologie

Dr. Urs Pfirter, Geologe | Dorfmat 3 | CH – 4426 Lauwil

Geologischer Kurzbericht zu den Belastungen mit Thallium und Arsen im Kanton BL

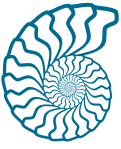
Von Dr. Urs Pfirter

31.8.2020



Geologischer Kurzbericht zu den Belastungen mit Thallium und Arsen im Kanton BL

Inhalt	S.
1. Einleitung	3
2. Hohe Thallium- und Arsen-Werte	3
3. Bildungsbedingungen von Thallium- und Arsen- haltigen Mineralien auf einem Hartgrund	3
4 Verwitterung und Erosion, geologische Situation der erzhaltigen Schicht	5
5. Der Weg in den Boden	6
6. Standorte in BL nachgewiesen mit Geologie	7
7. Standorte in BL für Arsen/Thallium Belastungen potentiell, Schlussfolgerungen	7
8. Literatur	9
9. Weblinks	10



1. Einleitung

Aufgrund von Wahrnehmungen, insbesondere von Landwirten und Förstern, von reduziertem Pflanzenwachstum, analysierte das AUE (Amt für Umweltschutz und Energie, Basel-Landschaft) Bodenproben im Kanton Basel-Landschaft. Die Untersuchungsergebnisse zeigten Flächen mit hohen Thallium- und Arsen- Werten in Buus, Erzmatt und Bretzwil, Häxeblätz.

Schon früh wurden Untersuchungen an Böden in Buus durchgeführt (TRUNINGER 1922). Neuere Untersuchungen (SCHMUTZ 2016) ergaben Hinweise auf offenbar geogene Gründe für die Bodenbelastungen mit dem Schwermetall Thallium und dem Halbmetall Arsen.

Der vorliegende Bericht geht den geologischen Bildungsbedingungen von Arsen- und Thallium- Mineralien nach und gibt Hinweise auf mögliche weitere Verbreitungsgebiete von Belastungen aus geologischer Sicht.

2. Hohe Thallium- und Arsen- Werte

Hohe Werte in Böden wurden im Gebiet Erzmatt Buus und im Gebiet Häxeblätz in Bretzwil nachgewiesen. Weitere Belastungen mit Arsen wurden in rotgefärbten Böden der Region um Laufen festgestellt (Amt für Umweltschutz und Energie, Schmutz D. 2016) .

Die Verteilung der festgestellten erhöhten Gehalte in Böden in Buus und Bretzwil spricht eher nicht für ein ausgedehntes, flächenhaftes Vorkommen der Anreicherungen dieser Mineralien, sondern für enger begrenzte Vorkommen.

Die hohen Werte von Arsen in Liesberg und in der Region Laufen dürften auf eozäne Bohnerzformation- Vorkommen zurückzuführen sein.

Das Erzlager in Wölflinswil- Herznach illustriert eine solche begrenzte Verbreitung von Schwermetallbildungen, dort in Form eines einst bauwürdigen Eisenerzlagers, deutlich. Die Schicht ist mit ihrem rostigen Aussehen jedoch in einem grösseren Raum im nordschweizerischen Jura wahrnehmbar und dient dem kartierenden Geologen als Leithorizont. Der bauwürdige Eisengehalt (Eisenerz) jedoch hält sich ausser in der engeren Umgebung von Wölflinswil- Herznach in Grenzen. Erhöhte Arsen- und Thallium- Werte sind von diesem Vorkommen bisher nicht bekannt geworden.

3. Bildungsbedingungen von Thallium- und Arsen- haltigen Mineralien auf einem Hartgrund

Es sind in Sedimenten nach der Ablagerung gewöhnlich ein reduzierendes Milieu und alkalische Bedingungen vorhanden. Thallium ist als mineralische Beimengung in tonig-mergeligen Ablagerungen, insbesondere in Tonen vorhanden. Es wird zusammen mit andern Schwermetallen in gelöster Form als Thalliumkarbonat innerhalb des Sedimentstapels zur Sedimentoberfläche verlagert, wo es ausfällt und Thalliumminerale bilden kann (Wikipedia/ Thallium). Ähnlich wird auch das Halbmetall Arsen aus Tonablagerungen zur Sedimentoberfläche verlagert, wo es Arsenminerale bilden kann.



Eisen verlagert sich in der sedimentären Umgebung mit dem Kompaktionsstrom ebenso in sulfidischer Form und wird an der Sedimentoberfläche zu eisenoolithischen Aggregaten (Eisenooiden) oxidiert (s. auch Abb. 2, S.5, aus BITTERLI 2001).

Thallium und Arsen kommen also meist zusammen mit Eisen in sedimentären Erzen oder Metallkrusten vor. Gehalte sind abhängig vom primären Thallium- und Arsengehalt der unterlagernden Tone und von allfälligen, tieferliegenden hydrothermal gespeisten Quellen (aufdringendem Tiefenwasser).

Wo das Tiefenwasser aufdringt, hängt von der tektonischen Situation ab. Bei Bruchzonen sind die entsprechenden Wegsamkeiten für eine Wasserzirkulation vorhanden. Es ist also eine Quelle für das gelöste Material und ein geeigneter Aufstiegsweg zur Sedimentoberfläche notwendig. Es fällt auf, dass die festgestellten hohen Gehalte von Schwermetallen und Thallium und dem Halbmetall Arsen im Bereich der Ränder des Nordschweizerischen Permokarbondrogs liegen: Die Region Buus liegt am Nordrand und Bretzwil am Südrand des Troges. In dieser Trog-Einmündung in den Gesteinen des kristallinen Untergrunds (rosa in Abb 1) liegen mächtige permokarbonische Sedimente (orange in Abb 1). Der Graben weist Begrenzungen in Form von Bruchzonen auf, längs welchen ein Aufdringen von Tiefenwasser erleichtert stattfinden kann.

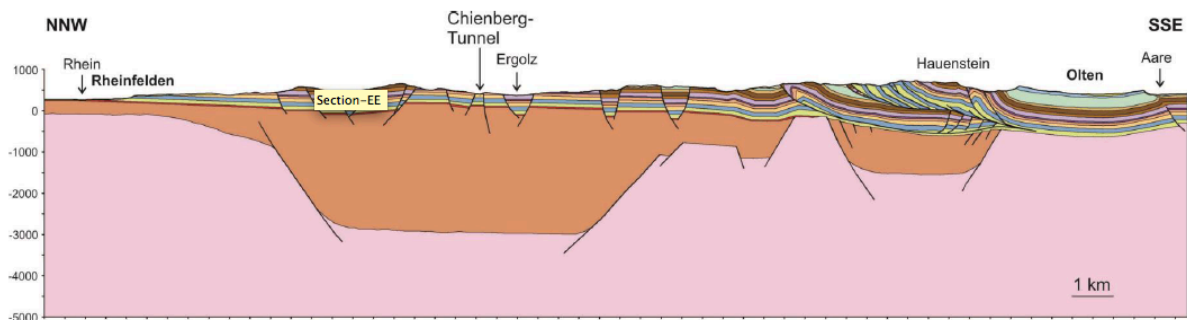
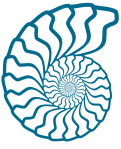


Abb.1: Aus Butscher 2009 Projekt Astra Chienbergtunnel , Querschnitt Rhein- Aare mit Permokarbondrog

Thallium- und Arsenminerale, sowie weitere Erzminerale bilden sich unter speziellen sedimentären Bedingungen am Meeresboden in unterschiedlicher Wassertiefe (und wohl bei reduzierter Strömung). Durch den Kompaktionsstrom und allenfalls hydrothermal getriebener Aufwärtsströmung gelangt das Tiefenwasser an die Sedimentoberfläche. Der sedimentäre Kompaktionsstrom besteht aus dem Formationswasser, welches nach oben ausgepresst wird, wenn die Sedimente (v.a. Tone) durch überlagernde Sedimente zusammengedrückt werden. Zusätzlich kann entlang von Störungszonen hydrothermales Tiefenwasser aufdringen.

Für die Bildung von Erzmineralen (inkl. Thallium und Arsen) und entsprechender Anreicherung ist ferner wesentlich, dass keine oder lediglich eine minimale Ablagerung von Sediment erfolgt, d.h. der Meeresboden über längere Zeit freiliegt. Die Sedimentoberfläche ist oft früh zementiert, dass ein sogenannter Hartgrund (engl. hardground) vorliegt. Das aufdringende Wasser ist sauerstofffrei und alkalisch. Die darin gelösten Stoffe sind beim Aufstieg mit dem Wasser im Gleichgewicht. An der Sedimentoberfläche wird dieses Gleichgewicht gestört (Temperatur, Löslichkeit) und es bilden sich neben andern Erzmineralen auch Thallium- und Arsenminerale.



Abhängig von der Zusammensetzung des aufdringenden Kompaktionswassers und der allfällig vorhandenen, hydrothermalen Beimengungen ist die Erzmineralzusammensetzung lokal eine wechselnde.

Es kann so zur Bildung einer mächtigeren Erzsicht an diesem Hartgrund kommen, wie z.B. bei der Eisenoolithbildung im Erzlager von Herznach-Wölflinswil (Abb 2). Der Hartgrund kann im Gelände lediglich mit einer dünnen Eisenoxidkruste kenntlich sein oder es treten eisenschüssige Kalke auf, die dem Verwitterungsgestein ein rostiges Aussehen verleihen. Hartgründe kommen im Sedimentstapel des Juras verbreitet vor.

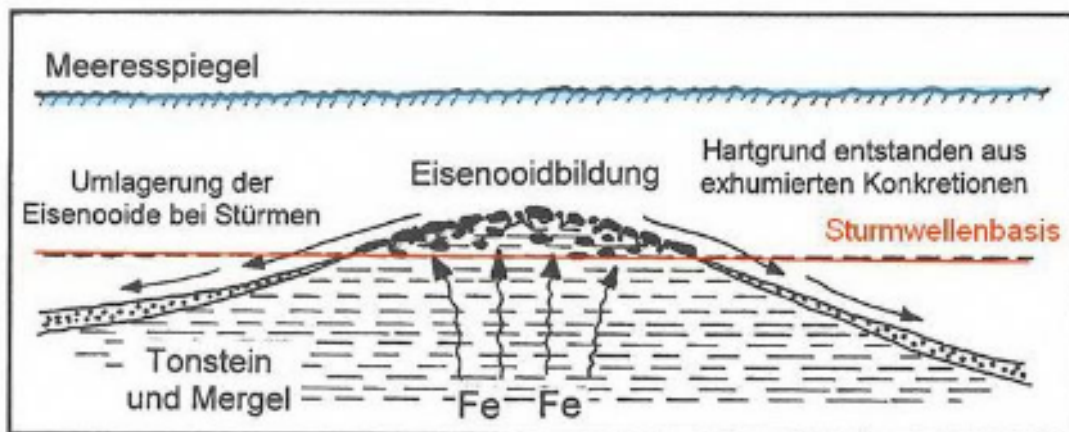


Abb 2: Modell der Eisenoolithbildung/ Erzbildung an einem Hartgrund über tonigen Abfolgen des Doggers, aus BITTERLI 2001. Die Thallium- Arsenbildung ist vom Mechanismus her ähnlich ablaufend: Aufdringendes Tiefenwasser bringt Stoffe zur Sedimentoberfläche wo diese sich am Hartgrund anreichern.

4. Verwitterung und Erosion, geologische Situation der erzhaltigen Schicht

Unterliegt nun ein Thallium- oder Arsen- haltiger Hartgrund der Erosion, so trägt die geologische Situation wesentlich dazu bei, ob diese Stoffe in hohen Konzentrationen vorliegen oder verdünnt werden.

Der Anschnitt der Schicht und deren Bedeckung bestimmt das Areal mit Bodenbelastungen und deren Ausmass:

Liegt die belastete Schicht ohne Bedeckung durch Hangschutt/Hanglehm, Löss/Lösslehm, Moräne o.a. flächig in Oberflächennähe, resultiert durch Verwitterung eine Bodenbildung mit verbreitet hohen Schadstoffanteilen (Abb. 3, S. 6).

Beisst die Schicht im angeschnittenen Schichtstapel als schmales Band an der Oberfläche aus, ist Ihr Beitrag zur Bodenbelastung minimal oder es resultiert wegen Verdünnung in der Deckschicht keine wesentlich erhöhte Bodenbelastung (Abb. 4, S. 6).

Es ist auch denkbar, dass eine Erzsicht in der Erosionsphase längere Zeit freiliegt und insbesondere in den Eiszeiten mit minimaler Vegetation eine Verlagerung von Stoffen durch den Wind / Staub erfolgen kann.

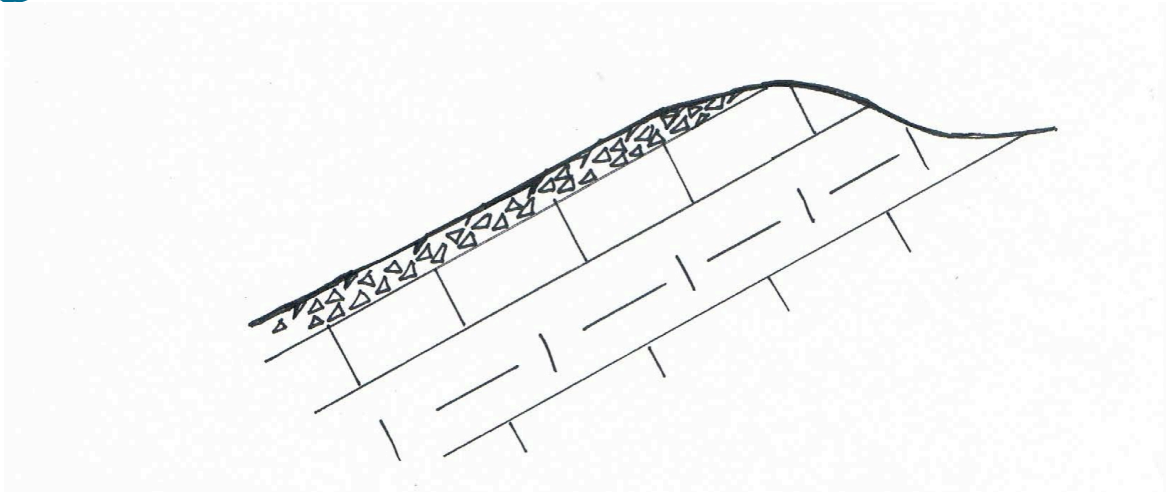


Abb.3: Schicht mit Hartgrund hangparallel (Fälle Bretzwil und Buus), Hartgrund direkt unter dem Humus, kein oder nur minimaler Gehängeschutt/-Lehm

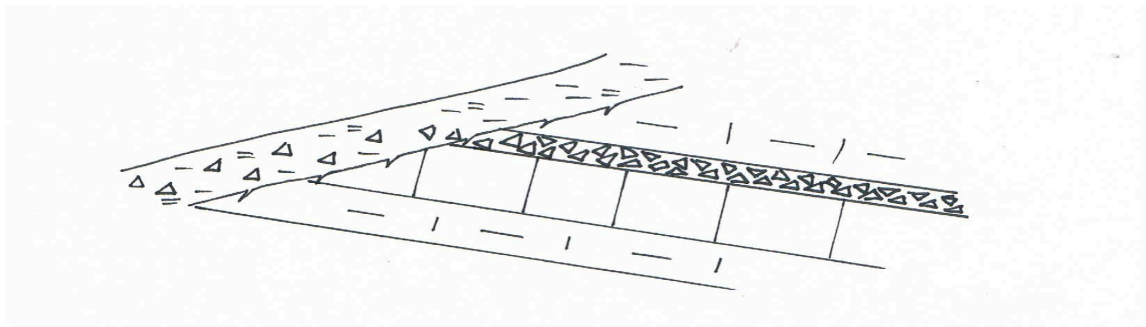


Abb. 4: Schicht mit Hartgrund im Hang angeschnitten, Verwitterungsprodukte gelangen in den Gehängeschutt / Gehängelehm, oder in Moräne und werden hangabwärts verfrachtet und verdünnt

5. Der Weg in den Boden

Einmal im Erzlager gebildet (kann auch in geringmächtiger Kruste sein), werden Thallium und Arsen durch Verwitterung der entsprechenden Mineralien frei und gelangen in den Boden. Sie sind dort v.a. an Tonmineralien und an Manganoxide gebunden (WICK et al, 2018 und 2019). Die Mobilisierung von Schwermetallen erfolgt in sauren Böden generell leichter.



6. Standorte in BL nachgewiesen, mit Geologie

Im **Häxeblätz in Bretzwil** sind die Schichten der Passwang- Formation, im Besonderen das obere Brüggli- Member (ehem. Humphriesi Schichten) und das Rothenfluh- Member (ehem. Blagdeni- Schichten) an der Geländeoberfläche, anstehend. Sichtbar sind eisenschüssige, biogene Kalke mit Mergelzwischenlagen.

Die Schichten liegen überkippt südfallend, flächig im nach Süden einfallenden Hang (sog. Dip-Slope) in Oberflächennähe und eine Bedeckung durch Hangschutt fehlt (vgl. Abb 3). Funde von Eisenkrustenmaterial belegen eine Hartgrundsituation. Der geringmächtige Oberboden liegt also weitgehend direkt auf dem Felsuntergrund mit dem Hartgrund (evtl. mit einer geringmächtigen Erz-Akkumulation mit unbekannter, jedoch eher geringen Mächtigkeit, schätzungsweise im dm- Bereich). Die Aufschlussverhältnisse sind so, dass der Schichtaufbau nicht Schicht für Schicht zutage tritt, sondern nur Verwitterungsprodukte als z.T. rostfarbiger Boden vorliegen, wie das gewöhnlich im Jura im heutigen Klima mit Vegetationsbedeckung der Fall ist. Hartgründe sind bisher im Rothenfluh Member nicht beschrieben worden. Es muss sich um eine lokale Bildung handeln.

In der **Erzmatt in Buus** ist die geologische Situation so, dass dort offenbar die hohen Arsen- und Thallium- Werte in einer wenige dm-mächtigen Erzschiebt im Stamberg Member (früher Trigonodus- Dolomit) festgestellt wurden. Die Schichtlage der dolomitischen Schichten ist +-horizontal und die Hangneigung ist gering. Die Schicht ist also auf einem grösseren Areal flächig angeschnitten. Erzlager oder Hartgründe im Trigonodus- Dolomit sind bisher nicht beobachtet und rapportiert worden. Der Trigonodus- Dolomit zeigt jedoch im oberen Teil eine rötliche Färbung. Diese Verfärbung ist im Nordostteil von Blatt Sissach zu beobachten. Es besteht die Vermutung, dass diese Verfärbung die Spur darstellt, die zu den hohen Arsen- und Thallium-Werten führt. Bei Buus scheint in einem begrenzten Umfang ein eigentliches Erzlager vorhanden zu sein. Die Verteilung der Analysen- Befunde lässt im Bereich bei Buus auf eine lokale Anreicherung von Arsen und Thallium schliessen (SCHMUTZ 2016).

Zu erwähnen ist, dass sowohl im Rothenfluh-Member, wie im Stamberg-Member, bituminös riechende Gesteine (eingeschlossener organischer Gehalt) wahrgenommen werden.

In nordöstlichen Teil von Liesberg sind die Formationen des Tertiärs, die sog. Elsässer Molasse (Oligozän) mit Sanden und mergeligen Tonen verbreitet und kartiert worden. Der sudwestliche Dorfteil liegt auf den Kalken des oberen Malms. Möglich ist, dass die Tertiärschichten des Eozäns (rote Bolustone), die über den Malmkalken weit verbreitet sind und in Liesberg damals nicht haben kartiert werden können, aber bei Grabarbeiten als rote, sandige Tone zum Vorschein kommen und als Quelle für die hohen Werte in Frage kommen. Bei diesen Bildungen handelt es sich um Residuate, d.h. um sedimentär entstandene Zusammenschwemmungen von Verwitterungsprodukten (dem unlöslichen konzentrierten Rest) von abgetragenen Schichten.

7. Standorte in BL für Arsen/Thallium Belastungen potentiell, Schlussfolgerungen

Es sind zur Auffindung weiterer Standorte mit hohen Thallium oder Arsen- Gehalten das Augenmerk auf das Stamberg-Member des oberen Muschelkalks und auf das obere Brüggli-Member und auf das Rothenfluh-Member der Passwang- Formation zu richten. Da in den Teil-Formationen jedoch bisher ausser in Buus-Erzmatt und in Bretzwil, Häxeblätz in der Literatur keine Erzlager mit möglichen, erhöhten Thallium- und Arsenwerten erwähnt wurden und bisherige Untersuchungen in Buus eher auf eine lokale Anhäufung in einer begrenzten



Umgebung schliessen lassen, ist zu untersuchen, ob noch weitere problematische Vorkommen vorhanden sind.

Falls über den Grabenrändern des Permokarbondrogs weitere punktförmige Vorkommen allenfalls entstanden sind, ist längs dieser Grabenränder, allenfalls an Orten wo allenfalls bei der Sedimentation lokal Wässer aufgedrungen sind und eine Akkumulation von Thallium und Arsen hinterlassen haben, Nachschau zu halten. Problematisch ist, dass der Permokarbondrog in seiner Geometrie in der Norwestschweiz noch wenig bekannt ist. Er scheint aber für die Entstehung des Nordrandes des Faltenjuras ein Auslöser gewesen zu sein (Sockelsprung). Am Nordrand des Permokarbondroges scheinen sich die Adlerhofstruktur, die Mandacher Linie und im Zwischenbereich auf einer Linie Magden-Buus- Hemmiken- Schupfart durch den Fernschub der Jurafaltung die jüngst erkannten, südvergenten Überschiebungen (PFIRTER et al. 2019), gebildet zu haben (ebenfalls Sockelsprung durch Absenkungen der Permokarbondrogfüllung).

Des weiteren kommt das Stamberg- Member (ehem. Trigonodusdolomut) im Oberen Muschelkalk (Trias) für allfällige, weitere Untersuchungen in Frage. Verbreitungsgebiete können der geologischen Karte Atlasblatt Sissach-Rheinfelden (PFIRTER et al.2019). entnommen werden Sie liegen im Tafeljura nordöstlich von Wintersingen bis zur NE-Kantonsgrenze und im Faltenjura in den schräggestellten Schuppen (Blatt Hauenstein: BLÄSI et al. 2018 und Blatt Laufen-Mümliswil: KOCH et al. 1936). In diesen Verbreitungsgebieten ist allenfalls zuerst stichprobenartig und, bei Antreffen von hohen Werten, detaillierter zu untersuchen.

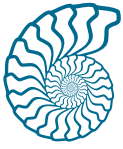
Da im Kanton Basel- Landschaft im Tafeljura- Gebiet ein Schollenbau vorherrscht sind die Ausbisslinien von Stamberg-Member und ob. Brüggli-Rothenfluh-Member nur so lange zu verfolgen, wie die Scholle breit ist.

Bezüglich des ca. 20-25 m mächtigen Rothenfluh-Members ist im Tafeljura meist viel Schutt aus dem Hauptrogenstein über diese Formation geschüttet worden. Sehr gute Aufschlüsse von Rothenfluh-Member sind in Sissach- Limberg in der Grube Grüssi und unter der Roti Flue in Rothenfluh (Typlokalität) vorhanden.

Um weitere Daten aus der eozänen Bohnerzformation in Bezug auf die roten Böden im Laufental zu gewinnen sei eine Beprobung der Huppergruben in Lausen empfohlen und allenfalls eine Untersuchung der roten Tone in der Grube Eichhölzli/Bolberg in Liesberg. Hier sind die roten, sandigen Tone rein vorhanden und unvermischt zu beproben.

Es ist zu beachten, dass eine mehr oder weniger mächtige Verwitterungs-/Gehängeschuttschicht, eine Moränen- oder Lösslehmbedeckung eine Verdünnung oder Kaschierung des Gehaltes an Thallium und Arsen bedeuten (gemäss Abb. 4).

Für die Verbreitungsgebiete all dieser Formationen sei auf die geologischen Atlasblätter der Schweiz 1:25'000 Hauenstein (Nr. 158 von BLÄSI et al.2018), Sissach- Rheinfelden (Nr. 161, von PFIRTER et al. 2019) und auf die älteren Blätter Arlesheim und Laufen-Mümliswil (LK Passwang), welche erstere beide in jüngerer Zeit neu aufgenommen und herausgegeben wurden, verwiesen.



8. Literatur

- AMT FÜR UMWELTSCHUTZ UND ENERGIE BL, SCHMUTZ, D. (2015): Geogene Hintergrundbelastungen in den Oberböden im Kanton Basel-Landschaft.- Bau- und Umweltschutzdirektion, Liestal.
- AMT FÜR UMWELTSCHUTZ UND ENERGIE BL, SCHMUTZ, D. (2016): Faktenblatt: Arsen und Thallium in Landwirtschafts- und Waldböden im Gebiet Erzmatt bei Buus und Umgebung.- Bau- und Umweltschutzdirektion, Liestal.
- AMT FÜR UMWELTSCHUTZ UND ENERGIE BL, SCHMUTZ, D. (2020): Bodenuntersuchungen Häxeblätz, Bretzwil, Parzelle 1651.- Bau- und Umweltschutzdirektion, Liestal
- BITTERLI- DREHER P. (1977): Sedimentologie und Paläogeographie des Oberen Doggers im zentralen und nördlichen Jura. Mit einem Beitrag zur Eisenoolithbildung.- Diss. Univ. Basel.,
- BITTERLI- DREHER, P. (2001): Die Erdgeschichte des Paläozoikums und Mesozoikums der Region Schaffhausen im Lichte der Ergebnisse der Nagra-Bohrung Benken.- Mitt. Natf. Ges Schaffhausen 46, 7-53.
- BITTERLI- BRUNNER, P. et al. (1984): Blatt LK 1067: Arlesheim.- Geol. Atlas der Schweiz 1:25'000, Karte und Erläuterungen, Blatt 80.
- BLÄSI, H.R. et al. (2018): Blatt LK 1088 Hauenstein.- Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Karte und Erläuterungen, Blatt 161.
- HERRMANN, J., VOEGELIN, A., PALATINUS, L., MANGOLD, S., MAJZLAN, J. (2018): Secondary Fe-As-Tl mineralization in soils near Buus in the Swiss Jura Mountains. Eur.J.Min., doi 10.1127/ejm/2018/0030-2766
- KOCH, R. et al. (1936): Blatt LK 1087: Laufen-Bretzwil-Erschwil-Mümliswil.- Geol. Atlas der Schweiz 1:25'000, Karte und Erläuterungen, Blatt 3.
- MAJZLAN, J., PETRIKIS, J. & VOEGELIN, A. (2016): Arsen- und Thallium-Minerale bei Buus, Baselland.- SVSMF Schweiz. Vereinigung Strahler, Mineralien- und Fossiliensammler 1/2016.
- PFIRTER, U. et al. (2019) Blatt LK 1068 Sissach, mit Südteil von Blatt 1048 Rheinfelden.- Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Karte und Erläuterungen, Blatt 161.
- TRUNINGER, E. (1922): Arsen als natürliches Bodengift in einem schweizerischen Kulturboden. Der Boden der Erzmatt in Buus (Baselland).- Mitteilungen aus der schweizerischen agrikulturchemischen Anstalt Bern.
- VOEGELIN, A. ET AL. (2015): Thallium Speciation and Extractability in a Thallium- and Arsenic-Rich Soil Developed from Mineralized Carbonate Rock. Environ. Sci. Technol., 49 (9), 5390–98.
- WICK, S.; BAEYENS, B.; MARQUES FERNANDES, M.; VOEGELIN, A. (2018) Thallium adsorption onto illite, *Environmental Science and Technology*, 52(2), 571-580, doi:10.1021/acs.est.7b04485, Institutional Repository



WICK, S.; PEÑA, J.; VOEGELIN, A. (2019) Thallium sorption onto manganese oxides, *Environmental Science and Technology*, 53(22), 13168-13178,

9. Weblinks

<https://docplayer.org/113483020-Ueberblick-di-teil-2-tafeljura-do.html>

<https://www.eawag.ch/de/news-agenda/news-plattform/news/thallium-giftig-aber-wenig-bekannt/>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Thallium>