

Geologische und mineralogische Besonderheiten im Fels des Gletschergartens in Luzern

Des particularités géologiques et minéralogiques dans les roches du Jardin des Glaciers de Lucerne

Franz Schenker

Der Gletschergarten in Luzern ist um eine Attraktion reicher: den Gang durch den Fels. In der spektakulär aus dem Sandstein gehauenen Untertagewelt wurden auch Strömungsrippeln freigelegt und Germanium in hoher Konzentration entdeckt.

Der Vortrieb für die Anlage im Luzerner Fels erfolgte im schonenden Sprengvortrieb, da auf keinen Fall der nur rund 100 Meter vom Stollen entfernte Löwe des weltberühmten Löwendenkmals «aufgeweckt» werden durfte. Beim Sprengen löste sich das Gebirge präferentiell entlang der Schichtung und der mehr oder weniger dazu senkrecht verlaufenden Hauptklüftung. Dabei wurden diese Flächen so freigelegt, dass die Strömungsrippeln sichtbar und berührbar und die Migrationspfade des Bergwassers entlang von Klüftflächen erlebbar werden. Nicht eine klassische Gewölbeform wurde ausgebrochen, sondern Firste und Stösse begrenzen orthorhombische Räume (Bild 1).

Le Jardin des Glaciers de Lucerne présente une nouvelle attraction: une galerie creusée dans le grès. Dans ce monde souterrain spectaculaire ont été découverts des rides de courant ainsi que du germanium à haute concentration.

Le percement destiné au nouveau site dans les roches lucernoises s'est fait par avancement prudent à l'explosif afin de ne pas «réveiller» le lion du très célèbre monument lucernois qui repose à une centaine de mètres de la nouvelle galerie. Lors du minage, la roche s'est détachée de manière préférentielle en suivant les couches et le long de la faille principale plus ou moins perpendiculaire. En dégagant ainsi ces surfaces, les rides de courant ont été rendues visibles et accessibles aussi aux mains curieuses des visiteurs. Ceux-ci peuvent faire également l'expérience des parcours de l'eau de montagne le long des surfaces des failles. L'excava-



Bild 1: Stollendurchschlag am 3. Dezember 2019: Roli Imfeld bringt die Hl. Barbara wieder ans Licht.

Illustration 1: Percement de la galerie le 3 décembre 2019: Sainte-Barbe refait surface en compagnie de Roli Imfeld.

📷 Franz Schenker

Vererzung

Nach einem Abschlag im April 2019 zeigte sich auf einer hangenden, das heisst sich nach unten öffnenden Schichtfläche im First eine Pyrit-Vererzung mit Kohle im Zentrum und Pyrit in den Randbereichen (Bild 2). Die Form der Kohle liess die Hoffnung aufkeimen, dass es sich um einen fossilisierten Fisch handeln könnte. Als ich mit dem Petrohammer Proben vom Sandstein, vom Pyrit und der Kohle schlug, habe es Funken gegeben, sagte später Roli Imfeld, welcher unten im dunklen Stollen die wackelige Leiter hielt – ein weiteres Beispiel dafür, dass Quarz zusammen mit Pyrit Funken schlägt. Das Dosisleistungsmessgerät begann nicht zu knistern: Also kein Uran wie in Molasse-Kohlen häufig (vgl. Artikel im «Schweizer Strahler» 4/2020 zu den Uranvorkommen bei Trubschachen).

Unter dem Binokular zeigte sich, dass der «Fisch» Ligninstrukturen aufwies und es sich somit um ein einge-

tion n'a pas la forme voûtée classique, mais est constituée d'espaces orthorhombiques délimités par des faïtes et des empilements de couches (Illustration 1).

Minéralisation

Un cycle d'avancement en avril 2019 a mis au jour une minéralisation de pyrite avec du charbon au centre et de la pyrite en bordure, sur la surface d'une couche située vers le faîte. (Illustration 2). La forme du charbon laissa germer l'idée qu'il pouvait s'agir d'un poisson fossilisé. Lorsque j'ai prélevé des échantillons de grès, de pyrite et de charbon avec un marteau, des étincelles ont giclé, raconta plus tard Roli Imfeld qui tenait l'échelle bancale dans la sombre galerie; un exemple de plus qui démontre que le quartz et la pyrite font des étincelles ensemble. L'appareil de mesure du débit de dose quant à lui resta silencieux: contrairement à d'autres charbons trouvés dans la molasse, celui de Lucerne ne

Bild 2: Pyritvererzung mit Kohle im Zentrum, frisch nach dem Abschlag. Länge der Vererzung ca. 50 cm.

Illustration 2: Minéralisation de pyrite avec du charbon au centre, juste après le minage. Longueur de la minéralisation, env. 50 cm.

📷 Franz Schenker



Bild 3: Durch Sprengung freigelegte Strömungsrippel im Sandstein. Auf der rechten Bildhälfte oben ein schwarz-graues Kohlestück, unten mit Pyrit, welcher an der Luft schnell oxydiert und den Fels rostig verfärbt.

Illustration 3: Rides de courant mises au jour dans le grès par le minage. Sur la moitié droite de l'illustration, en haut avec un morceau de charbon gris-noir en bas avec de la pyrite qui s'oxyde rapidement au contact de l'air et donne sa couleur rouille au rocher.

📷 Franz Schenker



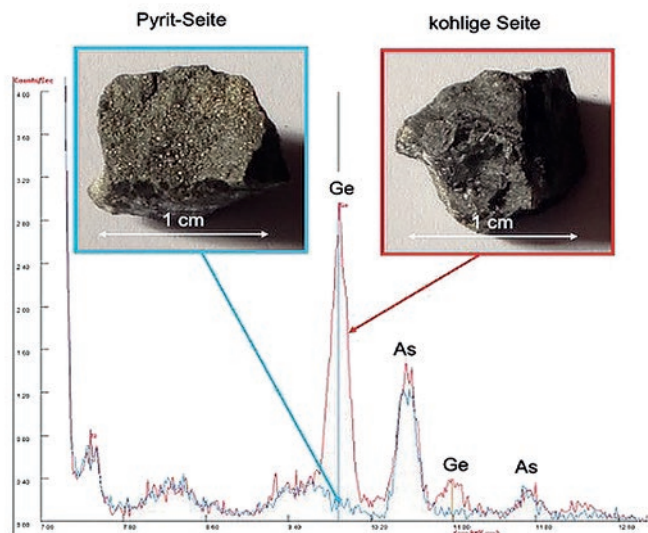


Bild 4: Spektrogramm der XRF-Messung von Pyrit und Kohle. Die Kohle zeigt einen ausgeprägten Peak für Germanium.

Illustration 4: Spectrogramme SFX avec de la pyrite et du charbon. Le charbon présente un pic bien marqué de germanium.

Dr. Heinz Surbeck

schwemmtes Stück Holz handelte. Dies passt gut, denn Beat Keller¹ hat die Ablagerung der Gesteine an einem gezeitendominierten, gemischtenenergetischen interdeltaischem Strand platziert.

Im Verlauf der Ausbruchsarbeiten wurden weitere kleinere und auch eine noch viel grössere Pyrit-Vererzung mit pflanzlicher Kohle im Zentrum angeschossen. Pyrit in Kontakt zur Luft oxydiert schnell und in ein paar Monaten werden vom glänzenden Katzensgold nur mehr braun-schwarze Flecken übrig bleiben (Bild 3).

Eine erste Analyse des Pyrits mittels mobiler Röntgenfluoreszenzspektroskopie (mXRF) ergab neben viel Eisen (> 50-Gew.%) auch geringe Konzentrationen² von Kobalt (1900 ppm), Antimon (1200 ppm), Zinn (1000 ppm), Arsen (800 ppm), Mangan (700 ppm), Blei (400 ppm), Cadmium (300 ppm), Nickel (250 ppm) und Silber (170 ppm). Eine ebenfalls mit der gleichen Methode durchgeführte Analyse des Sandsteins ausserhalb der Vererzung ergab für diese Elemente keine erhöhten Konzentrationen.

Der Umstand, dass wider Erwarten kein Uran gemessen werden konnte, gab Anlass dazu, die Proben an Heinz Surbeck zu schicken. Wie wohl kein anderer kennt Heinz sich mit radioaktiven Mineralen, Kohle und Wässern der Schweiz aus, und er wendet das mXRF als Physiker viel professioneller an als wir. Und tatsächlich: Uran kam nur in sehr geringen Konzentrationen vor (9 ppm im Pyrit, 5 ppm in der Kohle). Das Spektrogramm der Kohle wies bei 9,85 keV einen seltenen Peak auf (Bild 4). Vermutlich Germanium, doch das musste mittels Zweit-Analyse in einem akkreditierten Laboratorium bestätigt werden. Und tatsächlich, die Kohle im Zentrum der Vererzung enthält 380 g/Tonne Germanium. Unseres Wissens wurde an Kohlen der Schweiz erst einmal auf Germanium untersucht, nämlich von Theo Hügi et. al. 1993³. Damals wurden die höchsten Germanium-Werte (40 ppm) in der «Molasse à Charbon» bei Oron gemessen, die Kohle vom Sonnenberg zwischen Kriens und Malters enthielten 10 ppm Germanium. Interessant wäre es wohl, den Germaniumgehalt der grössten Kohlelagerstätte der



Bild 5: Aus dem Pilgerbüchlein von Rudolf Pfyffer von Altishofen, 159. Am rechten Bildrand ist der nackte Fels sichtbar. Dort wurde wohl bereits im Mittelalter der Steinbruch bei S. Antonij Capell betrieben.

Illustration 5: Extrait du livre de pèlerinage de Rudolf Pfyffer d'Altishofen, 1592. Le rocher nu est visible à droite de l'image. A cet endroit était exploité la carrière près de S. Antonij Capell dès le Moyen-Âge.

enthielt pas d'uranium (voir l'article du «Cristallier Suisse» 4/2020 sur les gisements d'uranium près de Trubschachen). Le binoculaire révéla des structures ligneuses, le «poisson» n'était donc qu'un morceau de bois flotté. Cela concorde puisque Beat Keller¹ a situé le dépôt des roches près d'une plage interdeltaïque, d'énergie mixte et soumise à l'action de la marée.

Au cours des travaux d'excavation, on a découvert une minéralisation de pyrite au noyau de charbon végétal de plus grande taille encore ainsi que de nombreuses autres plus petites. En contact avec l'air, la pyrite s'oxyde rapidement et en quelques mois, de ce minéral également appelé l'or des fous, il ne restera plus que des taches brun-noir (Illustration 3).

Une première analyse au moyen d'un spectromètre portable de fluorescence des rayons X (SFX) a révélé, outre une forte teneur en fer (> 50 % en masse), qu'elle contenait de plus faibles concentrations² de cobalt (1900 ppm), d'antimoine (1200 ppm), d'étain (1000 ppm), d'arsenic (800 ppm), de manganèse (700 ppm), de plomb (400 ppm), de cadmium (300 ppm), de nickel (250 ppm) et d'argent (170 ppm). Une analyse du grès ne jouxtant pas la minéralisation au moyen de la même méthode, n'a montré aucune concentration élevée de ces éléments.

Le fait, contre toute attente, de ne pas avoir décelé d'uranium a incité à envoyer les échantillons à Heinz Surbeck. Ce dernier connaît mieux que personne les minéraux, charbons et eaux radioactifs suisses et utilise, en tant que physicien, le SFX de manière bien plus professionnelle que nous autres. Et en effet, il a découvert de faibles concentrations d'uranium (9 ppm dans la pyrite, 5 ppm dans le charbon). Le spectrogramme du charbon a indiqué un rare pic à 9,85 keV (Illustration 4). Probablement du germanium, mais cela a dû être confirmé par une deuxième analyse dans un laboratoire accrédité. Et en effet, le charbon au centre de la minéralisation avait une teneur en germanium de 380 g/tonne.

A notre connaissance, le germanium n'a été analysé qu'une seule fois dans des charbons en Suisse, à savoir par Theo

Schweiz, nämlich dem Nordschweizerischen Permokarbon-trog zu kennen.

Germanium

Germanium gehört mit Kohlenstoff und Silizium zur 4. Hauptgruppe des Periodensystems. Diese Elemente haben eine vergleichbare Elektronen-Konfiguration und ähnliche Atomgrösse, was ermöglicht, dass beispielsweise bei der Versteinigung von Holz der Kohlenstoff durch Silizium ohne Veränderung der Struktur ausgetauscht wird. Möglicherweise beruht die Anreicherung von Germanium in Kohle auf ähnlichen Prozessen – eine noch offene Frage. Die wichtigsten Germanium-haltigen Minerale sind Sulfide, nämlich Argyrodit, Renierit und Germanit.

Für die Herstellung von Glasfaserkabeln, Photovoltaikpanels und der Infrarottechnik ist der Bedarf von Germanium steigend. So werden auch Halbleiter aus Galliumarsenid immer mehr durch solche aus Silicium-Germanium ersetzt. Linsen aus Germanium-haltigen Gläsern lassen Licht im Infrarot-Bereich durch und werden deshalb für Wärmebildkameras und Spionagesatelliten verwendet.

Während früher Germanium aus Zinkblende extrahiert wurde, gewinnt man es heute aus der Aufbereitung von Flugasche von Kohlekraftwerken. In China wurden Kohlevorkommen systematisch auf ihren Germaniumgehalt untersucht und jene mit den grössten werden nun abgebaut, zur Energieerzeugung genutzt und aus der Kohlenasche wird das Germanium gewonnen. Dadurch ist China seit Jahren führender Germaniumproduzent mit rund 100 Tonnen metallischem Germanium (2018), und jedes Jahr steigt der Bedarf um rund 15 % Prozent⁴. Im Jahr 2018 kostete ein Kilogramm metallisches Germanium in den USA rund 1500 US\$.

Schwefel

Es ist reizvoll, darüber nachzudenken und zu spekulieren, woher der Schwefel und das Eisen des Pyrits stammen und weshalb und wann der Pyrit sich um die Kohle herum auskristallisiert hat. Hypothese: Im küstennah abgelagerten Sandstein wirken die Proteine von abgelagertem Zoobenthos als Schwefel-Lieferant. Das Protoplasma dient Sulfat-reduzierenden Bakterien als organisches Substrat, beim Stoffwechsel entsteht Schwefelwasserstoff. Dieser wirkt als Säure und löst Metalle und Arsen aus den Mineralkörnern des Sediments. Das so mit Metallen angereicherte Porenwasser wird mit zunehmendem Druck und leicht ansteigender Temperatur – hervorgerufen durch die Überlagerung von weiterem Sediment – durch die sich verkleinernden Porenräume gepresst. Gelangen die gelösten Stoffe ins Umfeld des sedimentierten Holzes, verändert sich das Redoxpotential und Pyrit kristallisiert aus.

Die Pyritbildung im Sandstein des Gletschergartens ist somit ein biogeochemischer Prozess, welcher kurz nach der Sedimentation des Sandsteins eingesetzt hat. Ohne absterbende Kleinlebewesen, ohne eingeschwemmtes Holz und ohne Bakterien käme es nicht zu solchem Katzensgold.

Das Projekt

Wie kam es überhaupt zu diesem Projekt im Gletschergarten Luzern mit dem Gang durch den Fels? Die Besucherzahlen gingen in den letzten Jahrzehnten ständig zurück. Es brauchte neue Attraktionen und zudem musste auch viel Bestehendes erneuert werden. Studien wurden durchgeführt, unter anderem der Bau eines «Ice-Cubes» auf dem Areal zur Thematisierung des Klimawandels; dieser scheiterte an Geld- und Platzmangel. Neue Ideen waren gefragt.

Hügi et. al. 1993³. A cette époque, les valeurs les plus élevées de germanium (40 ppm) avaient été mesurées dans la Molasse à Charbon près d'Oron, les charbons du Sonnenberg entre Kriens et Malters quant à eux, contenaient 10 ppm de germanium. Il serait sans doute intéressant de connaître la teneur en germanium du plus grand gisement de charbon de Suisse, à savoir le fossé permocarbonifère du nord de la Suisse.

Germanium

Avec le carbone et le silicium, le germanium appartient au 4^e groupe principal du tableau périodique. La configuration électronique de ces éléments ainsi que la taille de leurs atomes sont comparables, ce qui permet par exemple au silicium de remplacer le carbone lors de la pétrification du bois, sans modifier la structure. Il est possible que l'enrichissement du germanium dans le charbon se fasse de manière similaire, mais cette question est actuellement sans réponse. Les principaux minéraux contenant du germanium sont des sulfures notamment l'argyrodite, la renièrite et la germanite. La demande en germanium augmente pour la production de câbles à fibres optiques, de panneaux photovoltaïques et pour la technologie de l'infrarouge. Ainsi, les semi-conducteurs en arséniure de gallium sont de plus en plus remplacés par ceux en silicium-germanium. Les lentilles en verre contenant du germanium laissent passer le spectre infrarouge de la lumière et sont donc utilisées pour les caméras thermiques et les satellites-espions.

Si par le passé, le germanium était extrait de la sphalérite, il est obtenu aujourd'hui à partir du traitement des cendres volantes des centrales thermiques au charbon. En Chine, les gisements de charbon ont été systématiquement analysés quant à leur teneur en germanium. Les plus riches sont à présent exploités pour la production énergétique et le germanium est extrait des cendres de charbon. Avec environ 100 tonnes de germanium métallique (2018), la Chine est le premier producteur de germanium depuis des années et la demande augmente d'environ 15 % par an⁴. En 2018, un kilogramme de germanium métallique coûtait aux Etats-Unis près de 1500 \$US.

Soufre

Il est intéressant de réfléchir et de spéculer sur l'origine du soufre et du fer de la pyrite trouvée dans la galerie ainsi que sur la raison et le moment de sa cristallisation autour du charbon. Hypothèse: dans le grès déposé près des côtes, les protéines du zoobenthos déposé agissent comme un fournisseur de soufre. Le protoplasme sert de substrat organique pour les bactéries sulfatoréductrices, et l'hydrogène sulfuré est produit pendant le métabolisme. Celui-ci agit comme un acide et dissout les métaux et l'arsenic des grains minéraux du sédiment. L'eau interstitielle ainsi enrichie en métaux, est pressée à travers les interstices qui se rétrécissent avec l'augmentation de la pression et la légère hausse de la température – causées par la superposition de couches de sédiment. Si les substances dissoutes arrivent à proximité du bois sédimenté, le potentiel redox change et la pyrite se cristallise.

La formation de la pyrite dans le grès du Jardin des Glaciers est donc un processus biogéochimique qui a débuté peu de temps après la sédimentation du grès. L'or des fous ne pourrait se former sans la mort des petits organismes, sans le bois flottant et sans les bactéries.



Bild 6: Erster Abschlag am 3. September 2018 mit der Hl. Barbara, Eva Brandin in schwarz, reformierte Pfarrerin, und Claudia Nuber, im Messgewand und mit Weihrauchgefäss, Pfarreiseelsorgerin St. Leodegar im Hof, und dem Polier Roli Imfeld von Gasser Felstechnik.

Illustration 6: Le 3 septembre 2018 a eu lieu le premier coup de pioche avec Sainte-Barbe, en présence d'Eva Brandin en noir, pasteure réformée, et de Claudia Nuber, en aube, avec l'encensoir, aumônière de la paroisse Saint-Leodegar im Hof (Lucerne), et du contremaître Roli Imfeld de Gasser Felstechnik.

📷 Franz Schenker

Das Areal des Gletschergartens wie jenes des Löwendenkmals liegt in einem der zahlreichen ehemaligen Abbaugelände für Sandstein, welcher zum Bau von Gebäuden in der Stadt Luzern verwendet wurden⁵ (Bild 5). Da ein Drittel des Gletschergarten-Grundstücks aus nicht abgebautem Fels besteht, lag es für mich als neues Stiftungsratsmitglied und Geologen auf der Hand resp. im Blut, eine Lösung des Platzproblems im Untergrund zu suchen. Das beim Publikum sehr beliebte Spiegellabyrinth soll mit einem Felsenlabyrinth einen attraktiven Zwilling erhalten.

Im Frühjahr 2012 genehmigte der Stiftungsrat die Durchführung einer Machbarkeitsstudie zum Projekt FELS mit dem Motto «Staunen und Erleben». Mitten in der Stadt sollte es den Besuchern möglich sein, eine Untertagewelt zu begehen, die Strömungsrippeln auf den schiefgestellten feuchten Felswänden zu streicheln und die Wärme im Winter und die Kühle im Sommer zu spüren. Auch das unheimliche Gefühl beim Begehen eines Gesenks, also eines nach unten führenden Stollens, soll vermittelt werden wie auch die Freude beim Wiedereintreten an das Licht. Möglicherweise wird es den Leuten im Sommer beim Austritt aus der ozonfreien Stollenluft kurzzeitig in der Nase brennen ...

Aus der zunehmenden Konkretisierung der Planung ergab sich ein attraktives Bauprojekt, welches bei Sponsoren und beim Stadt- und Kantonsparlament Wohlgefallen auslöste mit der Folge, dass die nötigen finanziellen Mittel – rund 20 Millionen Franken – zusammenkamen.

Am 3. September 2018 erfolgte der erste Abschlag. Die Tage zuvor waren kalt und regnerisch. Bei der Übergabe der

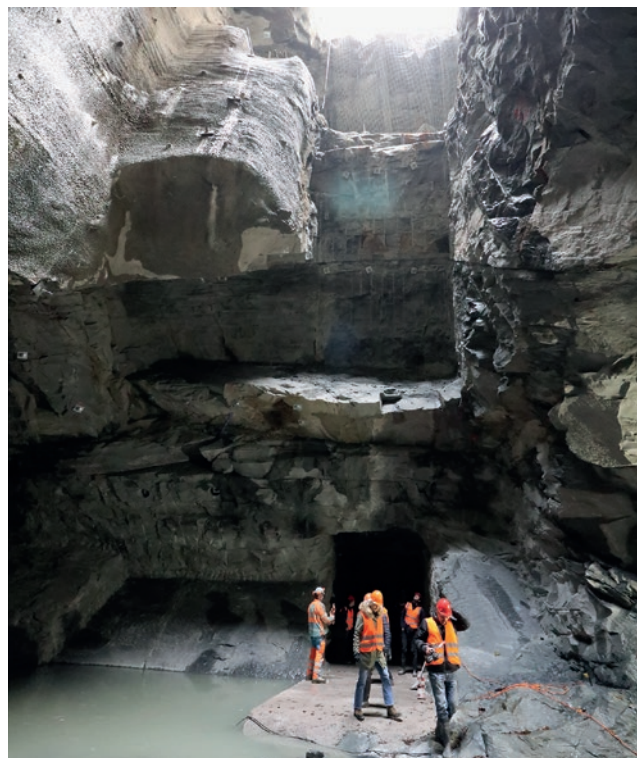


Bild 7: Am tiefsten Punkt des Besucherstollens sammelt sich das Bergwasser zum Bergsee, und darüber befindet sich der 34 Meter hohe Schacht, der zur Oberfläche hinaufführt.

Illustration 7: Au point le plus bas de la galerie des visiteurs, l'eau de la montagne s'accumule pour former un lac, au-dessus de celui-ci se trouve le puits de 34 mètres de haut qui mène à la surface.

📷 Robert Wicki

Le projet

Comment est né ce projet de galerie à travers le rocher? Ces dernières décennies, le nombre de visiteurs du Jardin des Glaciers de Lucerne n'a cessé de diminuer. De nouvelles attractions devenaient nécessaires, de plus une rénovation s'imposait. Des études ont été faites, l'idée de construire un «Ice-Cubes» qui aurait dû thématiser le réchauffement climatique a été entre autres abandonnée faute de place et d'argent. Il fallait donc de nouvelles idées.

Le site du Jardin des Glaciers, tout comme celui du Lion de Lucerne, se trouve dans l'une des nombreuses anciennes carrières de grès qui ont été exploitées pour la construction des bâtiments de la ville de Lucerne⁵ (Illustration 5). Comme un tiers du site du Jardin des Glaciers est constitué de roche non exploitée, il était évident pour moi, en tant que nouveau membre du conseil de fondation et géologue, qu'il fallait chercher à résoudre le problème de l'exiguïté en creusant le sous-sol. Le public qui adore le labyrinthe des glaces, pourra s'amuser à l'avenir dans un labyrinthe de roches.

Au printemps 2012, le conseil de fondation approuvait la réalisation d'une étude de faisabilité du projet «FELS» sous le thème «Staunen und Erleben» («S'étonner et expérimenter»). Au milieu de la ville, les visiteurs pourront se promener dans un monde souterrain, caresser les rides de courant sur les parois rocheuses humides et inclinées et ressentir la chaleur en hiver et la fraîcheur en été. Ainsi que cette inquiétante sensation de descendre dans une galerie et la joie de se retrouver au grand jour. Il est possible qu'en été, les gens aient une brève sensation de brûlure dans les narines lorsqu'ils quitteront l'air du tunnel exempt d'ozone ... La planification de plus en plus concrète a donné lieu à un

Heiligen Barbara durch die beiden Priesterinnen Eva Brandin und Claudia Nuber an den Polier Roli Imfeld von Gasser Felstechnik drang der seit langem fehlende Sonnenstrahl durch die Wolken und beleuchtete die Szene, den Fels, die Gäste, und die vergoldeten Partien der Barbara blitzen auf. Frauenpower (Bild 6).

Die Stollensohle fällt mit 3 Grad bergwärts, sodass sich das oben erwähnte mulmige Gefühl einstellt. Gerne hätte ich dies steiler gehabt, doch das war wegen der angestrebten Rollstuhltauglichkeit des Felsenlabyrinths nicht möglich. Auch das anfallende Bergwasser fliesst nun bergwärts und sammelt sich an der Ortsbrust in einem Bergsee (Pumpensumpf) und wird von dort an die Oberfläche geregelt abgeleitet. Eröffnet wird der neue, in den Fels gehauene Teil des Gletschergartens Luzern voraussichtlich im Juli oder im September 2021. Für genauere Angaben siehe www.gletschergarten.ch

Dank

Mein Dank geht an Roli Imfeld, Andreas Burri, Athathian Manikkapoodi, Heinz Surbeck und das ganze Geologenteams unseres Büros.

Anmerkungen

- 1 Beat Keller (1990): Wirkung von Wellen und Gezeiten bei der Ablagerung der Oberen Meeresmolasse. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern, 31. Band
- 2 Angaben in ppm resp. g/Tonne, gerundet, untere Bestimmungsgrenze < 50 ppm
- 3 Th. Hügi, J.J. Fardy, N.C. Morgan & D. J. Swaine (1993): Trace Elements in Some Swiss Coals. Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales, Vol. 126, pp.27-36.
An Theo Hügi kann ich mich sehr gut erinnern, er war während meiner Studienzeit Professor für Geochemie am mineralogisch-petrographischen Institut der Universität Bern. Im Parterre des Instituts betrieb er zusammen mit der Laborantin Lisu Regli und dem Assistenten Xändu Egger eine raumfüllende dröhnende Höllenmaschine für chemische Spuren-Analysen: ein Atomemissionsspektroskop. Mittels Graphitelektroden – unter Freisetzung von viel Kohlestaub – wurde ein Lichtbogen produziert, in welchem die Gesteinsproben in ein Plasma überführt wurden. Aufgrund der ausgesandten charakteristischen elektromagnetischen Strahlung konnten so die Elemente identifiziert und häufig auch quantifiziert werden. Theo Hügi hat uns Geologie-Studenten schon in den 70er-Jahren für die Umweltproblematik bei der Nutzung von mineralischen Rohstoffen sensibilisiert mit der Folge, dass vieler seiner ehemaligen Schüler eher im Umwelt- als im Rohstoffbereich engagiert sind.
- 4 Quelle US Geological Survey www.usgs.gov
- 5 Renward Cysat (1586): Collectanea chronica und denkwürdige Sachen pro chronica lucernensi et helvetiae. Bearbeitet von Josef Schmid (1969): Gesamtausgabe der Sammelbände. Diebold Schilling Verlag, Luzern. Der Stein bei «S. Anthonij capell vssrt dem Wägisthor vnd vssert der meereren statt Lucern glych an der statt porten gelegen. Diß gestein dient zuo allerhand gebüwen, allein in das wasser nit». Für den Bau von Gebäuden im Wasser schrieb der Stadtrat die Verwendung von Steinen vor, welche bei der Halbinsel Hertenstein gebrochen und über den See geschifft wurden. Diese härteren Sandsteine der subalpinen Molasse sind aufgrund des hohen Überlagerungsdruckes durch die überscho-bene Rigi weniger porös als jene von Luzern und deshalb weniger frostempfindlich.

Franz Schenker
Dreilindenstrasse 3, 6045 Meggen

projet de construction attrayant, qui a reçu l'approbation des sponsors et des parlements de la ville et du canton, avec pour résultat que les ressources financières nécessaires – environ 20 millions de francs – ont été réunies.

Le 3 septembre 2018 a eu lieu le premier coup de pioche. Les jours précédents avaient été froids et pluvieux. Lorsque les deux représentantes des Églises Eva Brandin et Claudia Nuber remirent Sainte-Barbe au contremaître Roli Imfeld de l'entreprise Gasser Felstechnik, le soleil qui avait disparu depuis longtemps perça les nuages et illumina d'un rayon la scène, le rocher, les invités et fit briller les parties dorées de Sainte-Barbe (Illustration 6).

Le sol de la galerie est incliné de 3 degrés vers le bas ce qui engendre ce léger sentiment d'inquiétude décrit plus haut. J'aurais volontiers accentué cette pente mais le labyrinthe rocheux doit aussi rester accessible aux fauteuils roulants. En outre, l'eau de montagne accumulée, s'écoule maintenant vers le fond et s'accumule sur le front de taille dans un petit lac (bassin de pompage) pour être amenée à la surface de manière régulée.

La nouvelle attraction du Jardin des Glaciers de Lucerne sera vraisemblablement inaugurée en juillet ou en septembre 2021. Pour de plus amples informations, veuillez consulter le site www.gletschergarten.ch

Remerciement

Je remercie Roli Imfeld, Andreas Burri, Athathian Manikkapoodi, Heinz Surbeck et toute l'équipe de géologues de notre bureau.

Remarques

- 1 Beat Keller (1990): Wirkung von Wellen und Gezeiten bei der Ablagerung der Oberen Meeresmolasse. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern, 31. Band
- 2 Données en ppm resp. g/tonne, arrondies, limite de détermination inférieure < 50 ppm
- 3 Th. Hügi, J.J. Fardy, N.C. Morgan & D. J. Swaine (1993): Trace Elements in Some Swiss Coals. Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales, Vol. 126, pp.27-36.
Je me souviens très bien de Theo Hügi, il était professeur de géochimie à l'institut minéralogique-pétrographique de l'Université de Berne durant mes études. Au rez-de-chaussée de l'institut, assisté par la laborantine Lisu Regli et Xändu Egger, il exploitait une machine infernale énorme et vrombissante pour les analyses de traces chimiques: un spectromètre d'émission atomique. Au moyen d'électrodes de graphite – engendrant une grande quantité de poussière de carbone – un arc électrique était produit dans lequel les échantillons de roche étaient soumis à un plasma. En raison du rayonnement électromagnétique caractéristique émis, les éléments pouvaient ainsi être identifiés et souvent quantifiés. Dès les années 1970, Theo Hügi nous a fait prendre conscience, à nous les étudiants en géologie, des problèmes environnementaux liés à l'utilisation des matières premières minérales, si bien que nombre de ses anciens étudiants sont aujourd'hui plus impliqués dans le domaine environnemental que dans le secteur des matières premières.
- 4 Quelle US Geological Survey www.usgs.gov
- 5 Renward Cysat (1586): Collectanea chronica und denkwürdige Sachen pro chronica lucernensi et helvetiae. Bearbeitet von Josef Schmid (1969): Gesamtausgabe der Sammelbände. Diebold Schilling Verlag, Luzern. La pierre près de «la chapelle de Saint-Antoine au dehors de la porte de Wägi et au dehors de la ville de Lucerne mais quand même aux portes de la ville. Cette roche sert à toutes sortes de constructions, mais pas à celles dans l'eau». Pour la construction de bâtiments dans l'eau, le conseil municipal a stipulé l'utilisation de pierres qui étaient extraites sur la presqu'île d'Hertenstein et transportées par bateau jusqu'à Lucerne. En raison de la forte pression de recouvrement exercée par le chevauchement du Rigi, ces grès plus durs de la Molasse subalpine sont moins poreux que ceux de Lucerne et sont donc moins sensibles au gel.

Traduction: Véronique Petermann