

Wenig bekannte Tonminerale: Neufunde von Dickit, Palygorskit und Rectorit aus der Schweiz

Minéraux argileux peu connus: nouvelles découvertes de dickite, paly- gorskite et rectorite en Suisse

Beda Hofmann, Michael Soom, Peter Kürsteiner, Stefan Graeser

Die Geologen H. R. Keusen und R. Hänni fanden im Jahr 2009 beim Vortrieb des Entwässerungsstollens unterhalb des Unteren Grindelwaldgletschers in der autochthonen Sedimentbedeckung des Aarmassivs ein faserig erscheinendes Mineral. Bei der röntgenografischen Untersuchung stellte sich dieses als Rectorit heraus. Dabei handelt es sich nach unserem Wissen um einen Erstnachweis für die Schweiz. Im gleichen Jahr gelang es zwei der Mitautoren (P. Kürsteiner und M. Soom), im Ibachtobel (Steinegg, Appenzell), in Calcit-Adern der subalpinen Molasse, das Tonmineral Dickit zu finden. Anlass für den Fund bildete eine Mineralstufe in der Sammlung des Naturmuseums St. Gallen, welche mit der Bezeichnung «Calcit und Gips» aufbewahrt wurde, aus dem gleichen Gebiet stammt und von B. Hofmann als Dickit (und Calcit) bestimmt worden war.

Diese Neufunde nehmen wir zusammen mit mehreren neuen Vorkommen von Palygorskit zum Anlass, diese eher wenig bekannten Tonminerale aus der Schweiz zusammenfassend zu beschreiben. Tonminerale treten in der Regel in submikroskopischen Grössenordnungen als Hauptbestandteil von Tonsteinen und Mergeln auf und werden deshalb vom Sammler kaum beachtet.

Struktur und Eigenschaften der Tonminerale

Die nachfolgend beschriebenen Minerale Dickit, Palygorskit und Rectorit gehören in die Gruppe der Tonminerale. Tonminerale sind Gemengteile vieler Sedimentgesteine und Böden; sie entstehen durch Verwitterungsprozesse oder werden hydrothermal gebildet. Als «Ton» wird in der Sedimentologie der Korngrössenanteil unter $2\ \mu\text{m}$ ($< 0,002\ \text{mm}$) bezeichnet. Viele Tonminerale bilden Kristalle in diesem Grössenbereich, gerade bei hydrothermalen Bildungen können aber durchaus auch grössere, in seltenen Einzelfällen auch makroskopische Kristalle auftreten (Nakrit). Wieder andere Minerale wie Chlorite treten sowohl in makroskopischen Kristallen wie in Tonmineralgrösse auf.

Chemisch betrachtet, handelt es sich um wasserhaltige Aluminium-Magnesium-Eisensilikate, oft zusätzlich mit Alkali-Elementen (K, Na, Li). Mit Ausnahme von Allophan (amorphes, wasserhaltiges Aluminiumsilikat) gehören die Tonminerale zu den Phyllosilikaten (Schichtsilikaten) und sind strukturell eng mit Talk, den Glimmern, Serpentin und mit Chlorit

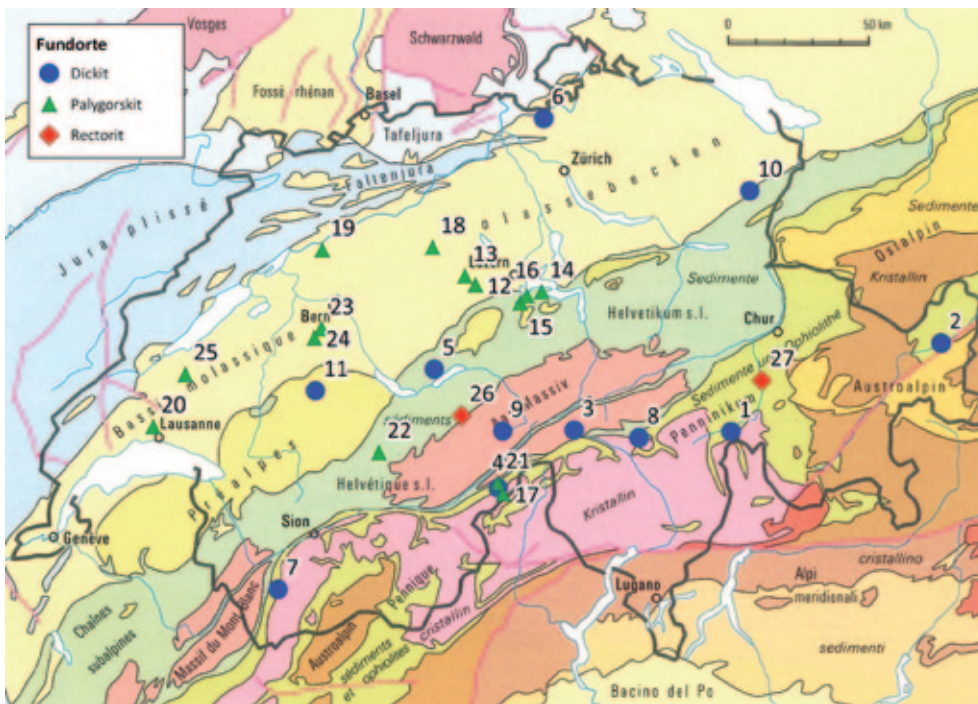
En 2009, les géologues H. R. Keusen et R. Hänni ont trouvé, lors du percement de la galerie d'évacuation des eaux en dessous du glacier inférieur de Grindelwald, dans la couverture sédimentaire autochtone du Massif de l'Aar, un minéral à l'apparence fibreuse qui s'avéra être de la rectorite suite à l'analyse aux rayons X. Il s'agit d'une première pour la Suisse à notre connaissance. Au cours de la même année, deux des coauteurs (P. Kürsteiner et M. Soom) sont parvenus à trouver le minéral argileux dickite dans des veines de calcite de la Molasse subalpine à Ibachtobel (Steinegg, Appenzell). Un spécimen de la collection du Naturmuseum de Saint-Gall a été à l'origine de cette trouvaille. Provenant de la même région, il était conservé avec la notice «calcite et gypse» et a été déterminé par B. Hofmann comme étant de la dickite (et calcite).

Nous profitons de ces nouveautés ainsi que de plusieurs nouveaux gisements de palygorskite pour décrire ces minéraux argileux généralement peu connus en provenance de la Suisse. Les minéraux argileux apparaissent d'habitude dans un ordre de grandeur submicroscopique comme composant principal des roches argileuses et des marnes, les collectionneurs ne leur accordent pour cette raison que peu d'importance.

Structure et propriétés des minéraux argileux

Les minéraux dickite, palygorskite et rectorite décrits ci-dessous appartiennent au groupe des minéraux argileux. Les minéraux argileux sont des éléments constitutifs de nombreuses roches sédimentaires et sols; ils se forment lors de processus d'érosion ou de manière hydrothermale. En sédimentologie, «argile» désigne la fraction des grains dont la grandeur est inférieure à $2\ \mu\text{m}$ ($< 0,002\ \text{mm}$). Beaucoup de minéraux argileux forment des cristaux de cette taille; par contre c'est justement lors de formation hydrothermale que peuvent aussi apparaître, dans de rares cas, des cristaux macroscopiques plus grands (nacrite). D'autres minéraux tels que les chlorites apparaissent aussi bien sous la forme de cristaux macroscopiques que de la taille des minéraux argileux.

Du point de vue chimique, il s'agit de silicates hydratés d'aluminium-magnésium-fer contenant souvent en plus des éléments alcalins (K, Na, Li). A l'exception de l'allophane

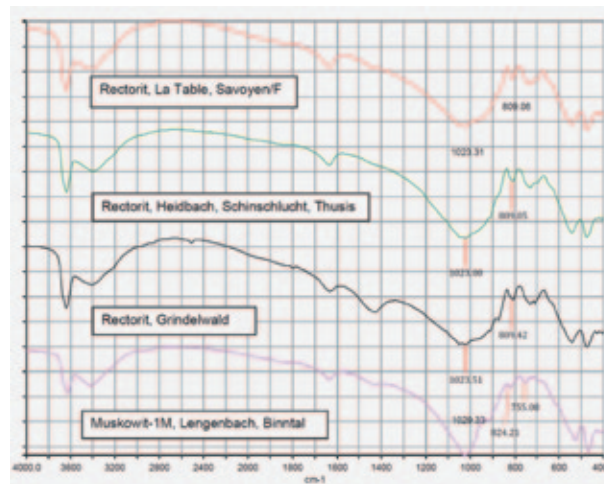


Karte der Fundstellen von Dickit, Palygorskit und Rectorit in der Schweiz. Grundlage ist die Geologische Übersichtskarte der Schweiz (Swisstopo). Erstellt mit QGIS.

Carte des gisements de dickite, palygorskite et rectorite en Suisse. Sur la base de la carte géologique d'ensemble de la Suisse (Swisstopo). Elaborée au moyen de QGIS.

verwandt. Bausteine sind Lagen aus SiO_4 -Tetraedern und angrenzenden $(\text{Mg,Fe,Al})(\text{O,OH})_6$ -Oktaederschichten. Aus je einer Tetraeder- (T) und Oktaederschicht (O) bauen sich die Zweischicht-Tonminerale (1:1-Schichtsilikate, Abfolge TO-TO-TO-...) auf, zu denen die Serpentin- und Kaolinminerale (inklusive Dickit und Nacrit) gehören. Bei den Dreischichtmineralen (2:1-Schichtsilikate) ist die Oktaederschicht beidseitig von je einer Tetraederschicht umgeben (Abfolge TOT-TOT-...). Diese Gruppe zeichnet sich durch eine besonders grosse Vielfalt aus. Beispiele sind die Mineralien der Smektit-Gruppe (z.B. Montmorillonit) und Illit. Chlorite treten ebenfalls als Tonminerale auf. Bei dieser Mineralgruppe sind zwischen TOT-Baueinheiten eine zusätzliche Oktaederschicht eingebaut (Abfolge TOT-O-TOT-O-...).

Tonminerale mit Faserstruktur, bestehend aus Leisten der Dreischichtminerale, sind Sepiolith («Meerscham») und Palygorskit. Bei Tonmineralen mit Wechsellaagerungsstruktur («mixed layer minerals») sind einzelne Kristalle aus Schichten der verschiedenen Bautypen aufgebaut, z.B. aus Schichten von Kaolinit und Smektit oder von Illit und Smektit. Vertreter mit einer regelmässigen Wechsellaagerung dieser Art sind die Mineralarten Rectorit (Illit-Smektit) und Corrensit (Chlorit-Smektit). Einige Tonminerale, vor allem die Smekтите, sind durch eine hohe Ionen-Austauschfähigkeit und durch die Fähigkeit,



Infrarot-Spektren, aufgenommen am Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Basel. Die oberen drei Spektren zeigen Rectorite, das unterste zum Vergleich einen Muskowit-1M vom Lengenbach. Der mineralogisch ähnliche Muskowit-1M unterscheidet sich im IR-Spektrum bereits deutlich von den drei praktisch identischen Spektren der Rectorit-Proben.

Spektres infrarouges mesurés à l'Institut de minéralogie et pétrographie de l'Université de Bâle. Les trois spectres du haut montrent des rectorites, celui du bas en comparaison de la muscovite-1M de Lengenbach. Le spectre IR de la muscovite-1M, minéralogiquement semblable, se distingue nettement des trois spectres pratiquement identiques des échantillons de rectorite.

(silicate d'aluminium amorphe hydraté), les minéraux argileux appartiennent aux phyllosilicates et sont étroitement apparentés du point de vue structural au talc, aux micas, à la serpentine et à la chlorite. Les éléments constituants sont des couches de tétraèdres de SiO_4 et des couches attenantes d'octaèdres de $(\text{Mg,Fe,Al})(\text{O,OH})_6$. Les minéraux argileux à deux couches (phyllosilicates 1:1, succession TO-TO-TO-...) sont constitués à partir de chacune des couches de tétraèdres (T) et d'octaèdres (O), les minéraux de serpentine et de kaolin (dickite et nacrite incluses) en font partie. Quant aux minéraux à trois couches (phyllosilicates 2:1), la couche d'octaèdres est entourée de chaque côté par une couche de tétraèdres (succession TOT-TOT-...). Ce groupe se caractérise par une diversité particulièrement grande dont les minéraux du groupe de la smectite (montmorillonite p. ex.) et de l'illite font partie. Les chlorites apparaissent aussi sous forme de minéraux argileux. Ce groupe

minéral se caractérise par une couche d'octaèdres complémentaire insérée entre deux feuillets constituants TOT (succession TOT-O-TOT-O-...).

Les minéraux argileux à structure fibreuse composés de baguettes de minéraux à trois couches sont la sépiolite (écume de mer) et la palygorskite. En ce qui concerne les minéraux argileux ayant une structure à stratification changeante de la stratification «mixed layer minerals», les cristaux individuels sont constitués des couches des différents types constitutifs, p. ex. de couches de kaolinite et smectite ou d'illite et

Wasser zwischen die Mineralschichten einzulagern, gekennzeichnet, was bei zahlreichen technischen Anwendungen eine wesentliche Rolle spielt. Die Quellfähigkeit und damit die Plastizität von Tonen beruht auf der Einlagerung von Wasser in die Zwischengitterschichten. Das Quellvermögen dieser Mineralgruppe kann im Untertagebau zu Sohlhebungen und einer zusätzlichen Druckbelastung auf ein Tunnelgewölbe führen, welche bei der Dimensionierung des Bauwerkes berücksichtigt werden müssen.

Tonmineral-haltige Rohstoffe werden in grossem Umfang in der keramischen Industrie, zur Zementherstellung, als Füllstoff bei der Papierherstellung, als Spülmittelzusatz bei Tiefbohrungen und in der Deponietechnik zur Abdichtung eingesetzt.

smectite. Des représentants avec une stratification changeante régulière de ce genre sont les espèces minérales rectorite (illite-smectite) et corrensite (chlorite-smectite).

Quelques minéraux argileux, les smectites en particulier, sont caractérisés par une capacité élevée d'échange d'ions et par la faculté d'intercaler de l'eau entre les couches minérales; caractéristiques qui jouent un rôle essentiel dans de nombreuses applications techniques. La capacité de gonflement et de ce fait la plasticité des argiles repose sur l'intercalation d'eau dans les couches interstitielles. Le pouvoir de gonflement de ce groupe minéral peut mener lors de travaux souterrains à l'exhaussement du radier et à une pression supplémentaire sur la voûte du tunnel, il est impératif d'en tenir compte lors du dimensionnement de l'ouvrage.

Les matières premières contenant des minéraux argileux sont utilisées à grande échelle dans l'industrie de la céramique, pour la fabrication du ciment, comme charge lors de la fabrication de papier, comme additif dans la boue lors de forage profond et en technique de mise en décharge pour l'étanchéification.

Tabelle 1: Mineralogische Eigenschaften der Schichtsilikate Dickit, Palygorskit und Rectorit

Mineralart	Chemische Summenformel	Kristallklasse	Farbe	Mohshärte Dichte	Glanz
Dickit	$Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$	monoklin	weiss, farblos, gelbbraun, grau, blau	1.5 – 2 2.6	Perlmutterglanz
Palygorskit	$(Mg,Al)_2Si_4O_{10}(OH) \cdot 4H_2O$	monoklin	weiss, grau	2 – 2.5 2.2	matt
Rectorit	$(Na,Ca)_{-0.2}Al_4(Si,Al)_8O_{20}(OH)_4 \cdot 2H_2O$	monoklin	weiss, bräunlich	1 – 2 2.3	Perlmutterglanz

Tabelle 1: caractéristiques minéralogiques des phyllosilicates dickite, palygorskite et rectorite

Espèce minérale	Formule chimique brute	Famille cristalline	Couleur	Dureté Mohs Densité	Eclat
Dickite	$Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$	monoclinique	blanc, incolore, jaune-brun, gris, bleu	1.5 – 2 2.6	nacré
Palygorskite	$(Mg,Al)_2Si_4O_{10}(OH) \cdot 4H_2O$	monoclinique	blanc, gris	2 – 2.5 2.2	mat
Rectorite	$(Na,Ca)_{-0.2}Al_4(Si,Al)_8O_{20}(OH)_4 \cdot 2H_2O$	monoclinique	blanc, brunâtre	1 – 2 2.3	nacré

Vorkommen von Dickit, Palygorskit und Rectorit in der Schweiz

Dickit und Palygorskit sind bisher aus der Schweiz nur von wenigen Fundstellen bekannt. Dickit wurde unseres Wissens erstmals in steilstehenden alpinen Quarzgängen in mesozoischen Sedimenten nahe der Marmorbrücke am Splügenpass bestimmt (Deicha & Nicolas 1960). Über ein weiteres Vorkommen in einem Sondierstollen bei Scuol/Schuls aus dem Tasna-Kristallin berichtet Peters (1968). Die gleiche Mineralart wurde auch beim Bau des Gotthard-Strassentunnels in alpinen Zerrklüften der Tremola-Serie festgestellt (Graeser & Stalder 1974). Weitere Funde stammen aus der Grube Lengenbach im Binnental (Stalder et al. 1983) und aus dem Val Renastga (Soom et al. 1988), aus dem Karbon der Tiefbohrung Weiach (Matter et al. 1988) und aus der Kupfervererzung vom Six Blanc (Cuchet et al. 2012). Den beiden letztgenannten Fundstellen ist gemeinsam, dass das Nebengestein aus Trias-Dolomit besteht. Bei den meisten dieser Vorkommen tritt Dickit am Ende der hydrothermalen Mineralabfolge bei generell tiefen Kristallisationstemperaturen auf.

Die bisher beschriebenen Funde von Palygorskit beschränken sich auf verschiedene Vorkommen in der Molasse der Zentral- und Westschweiz sowie auf einige Steinbrüche in

Gisements de dickite, palygorskite et rectorite en Suisse

Jusqu'ici, la dickite et la palygorskite n'ont été trouvées qu'en peu d'endroits en Suisse. De la dickite en provenance des veines de quartz alpines subverticales des sédiments mésozoïques proche du pont en marbre au col du Splügen a été déterminée pour la première fois à notre connaissance (Deicha & Nicolas 1960). Peters (1968) rapporte d'un autre gisement dans une galerie de sondage près de Scuol dans le cristallin du Tasna. La même espèce minérale a été constatée dans des fissures alpines de la Série de la Tremola lors de la construction du tunnel routier du Gotthard (Graeser & Stalder 1974). D'autres trouvailles proviennent de la carrière du Lengenbach dans la vallée de Binn (Stalder et al. 1983) et du Val Renastga (Soom et al. 1988), du Carbonifère du forage profond Weiach (Matter et al. 1988) et de la minéralisation de cuivre de Six Blanc (Cuchet et al. 2012). Les deux derniers gîtes cités ont en commun la roche encaissante qui est constituée de dolomie triasique. Dans la plupart de ces gisements, la dickite apparaît à la fin de la succession minérale hydrothermale, à des températures de cristallisation généralement basses.

Les trouvailles de palygorskite décrites jusqu'à maintenant se limitent à divers gisements de la molasse de Suisse cen-



*Dickit, Ibachtobel Al.
Bildbreite 2,3 cm.*

*Dickite, Ibachtobel Al.
Largeur de l'illustration
2,3 cm.*

✂ P. Kürsteiner

📷 Th. Schüpbach

den helvetischen Decken der Region Obermatt-Stansstad (Peters & von Salis 1965, Müller-Vonmoos & Schindler 1973, Rykart & Haverkamp 1980, Stalder et al. 1998). Eine Ausnahme bildet das Auftreten dieser Mineralart in Klüften des penninischen Geisspfad-Serpentinites im Binntal (Schwanz et al. 1994).

Im Folgenden werden die drei Tonmineralarten Dickit, Palygorskite und Rectorit näher beschrieben und die Neufunde aus der Schweiz vorgestellt.

Dickit

Der Mineralname Dickit geht auf den schottischen Mineralogen Allan Brugh Dick (1833–1926) zurück, welcher dieses Mineral unter der Bezeichnung Kaolinit erstmals im Jahr 1888 beschrieb.

Dickit ist ein Polytyp von Kaolinit und Nakrit; d.h. diese Mineralarten unterscheiden sich zwar geringfügig in ihrer Kristallstruktur, sind aber chemisch identisch. Dickit und Kaolinit sind Zweischicht-Tonminerale bestehend aus Abfolgen von Tetraederschichten (mit Silizium) und Oktaederschichten (mit Aluminium). Dickit und Kaolinit unterscheiden sich voneinander in der Stapelung der TO-Baueinheiten. Eine Unterscheidung dieser Mineralarten ist röntgenografisch und mittels Infrarot-Spektroskopie möglich.

Dickit kommt in der Form pseudo-hexagonaler Blättchen vor, deren Durchmesser in der Regel wenige Zehntelmmillimeter beträgt und die meist farblos sind oder eine bräunliche, gelbliche oder grünliche Tönung aufweisen. Dickit bildet feinschuppige, erdige, dicht oder locker gelagerte Massen. Dickit tritt meist zusammen mit Sulfiden, Dolomit und Fluorit in Drusen oder Klüften tieftemperierter, hydrothermaler Mineralvorkommen auf. Daneben ist Dickit auch gesteinsbildend in hydrothermal zersetzten vulkanischen Gesteinen beobachtet worden. Dickit ist weltweit als Bestandteil von diagenetischen bis hydrothermalen Mineralassoziationen verbreitet.

Neufunde von Dickit aus der Schweiz

– Ibachtobel, Steinegg: Entlang des Ibachs nahe Steinegg sind Schiefermergel der Unteren Meeresmolasse mit kleinen Sandsteinbänken aufgeschlossen. Letztere sind häufig von

trale et de la Romandie ainsi que de quelques carrières de la couverture helvétique de la région d'Obermatt-Stansstad (Peters & von Salis 1965, Müller-Vonmoos & Schindler 1973, Rykart & Haverkamp 1980, Stalder et al. 1998). L'apparition de cette espèce minérale dans des fours de la serpentinite pennine de Geisspfad dans la vallée de Binn (Schwanz et al. 1994) constitue une exception.

Les trois espèces de minéraux argileux dickite, palygorskite et rectorite sont décrites plus en détail et les nouvelles découvertes en Suisse présentées ci-dessous.

Dickite

Le nom minéralogique dickite fait honneur au minéralogiste écossais Allan Brugh Dick (1833–1926) qui a décrit ce minéral sous la désignation kaolinite pour la première fois en 1888.

La dickite est un polytype de la kaolinite et de la nacrite; cela signifie que ces espèces minérales bien qu'elles diffèrent légèrement dans leur structure cristalline, sont en revanche chimiquement identiques. La dickite et la kaolinite sont des minéraux argileux à deux couches constitués de successions de feuillets tétraédriques (avec du silicium) et octaédriques (avec de l'aluminium). La dickite et la kaolinite diffèrent l'une de l'autre par l'étagement des feuillets TO constitutifs. Une différenciation de ces espèces minérales est possible aux rayons X et par spectroscopie infrarouge. La dickite apparaît sous la forme de paillettes pseudo-hexagonales dont le diamètre atteint en général quelques dixièmes de millimètre, incolores la plupart du temps ou présentant des tons brunâtres, jaunâtres ou verdâtres. La dickite forme des agrégats finement écaillés, terreux, compacts ou meubles.

La dickite apparaît la plupart du temps avec des sulfures, de la dolomite et de la fluorite dans des druses ou des fissures de gisements minéraux hydrothermaux de basse température. La dickite a en plus été observée comme élément constitutif dans des roches volcaniques décomposées de manière hydrothermale. Elle est mondialement répandue comme composant d'associations minérales diagénétiques à hydrothermales.

Dickit, Ibachobel Al.
Bildbreite 2,5 cm.

Dickite, Ibachobel Al.
Largeur de l'illustration
2,5 cm.

✂ P. Kürsteiner

🖼 Th. Schüpbach



Calcitadern durchzogen, deren Hohlräume zuweilen hellbraun-beige, pulverige Massen aus Dickit enthalten. Beim Aufschlagen der Sandsteine entsteht ein Geruch nach Erdöl. In der Sammlung des Naturmuseums St. Gallen (Sammlung Andreas Ludwig, Nr. 1174) befindet sich eine wahrscheinlich vor 1930 gefundene Mineralstufe, welche vom «Ybach, unter Nord» stammt und der gemäss Etikette «Calcit und Gips» aufgewachsen sein sollen. Im Sammlungs-Katalog von Andreas Ludwig wird die Fundstelle mit «Ybach, l. S. unter Nord» (l. S. = linke Seite des Bachs?) bezeichnet. Auf der Mineralstufe sind bis 1 cm breite Calcite in flachrhomboedrischer Ausbildung und von grauweisser Farbe zu erkennen. Gips konnte auf der Stufe nicht bestimmt werden. Dagegen findet sich auf und zwischen den einzelnen Calcitkristallen das feinkörnige, weisse Mineral Dickit. Letzteres wurde durch B. Hofmann röntgenografisch bestimmt. Dickit ist zuweilen auch in Randpartien der Calcitkristalle eingeschlossen. In den Sandsteinen sollen nach Eugster (1931) auch Einlagerungen verkohlter, nicht bestimmbarer Pflanzenteile sowie zerrissene Gipskristalle auftreten.

Im Probenmaterial, welches 2009 gesammelt wurde, finden sich lediglich die Mineralien Calcit und Dickit (letzteres durch B. Hofmann röntgenografisch und durch S. Graeser mittels Infrarot-Spektroskopie bestimmt), aber kein Gips, sodass dessen Vorkommen angezweifelt wird (Verwechslung mit Dickit?).

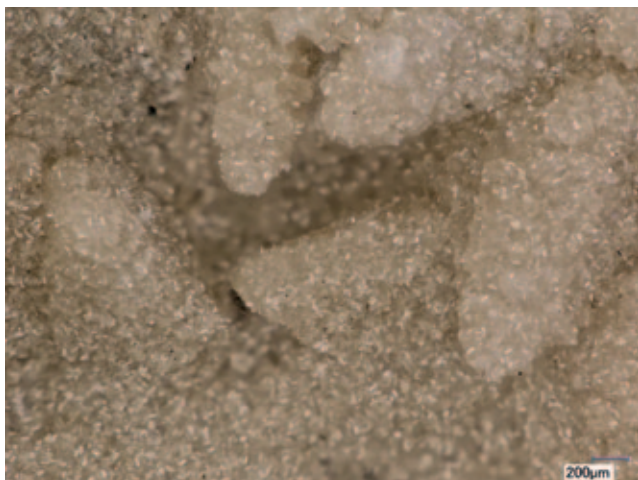
– Hundsbüel, Muscherenschlund südöstlich von Plaffeien: Im verrutschten Hangschutt wurde auf ca. 1'220 m ü.M. die folgende Mineralparagenese beobachtet (Soom 1981): Calcit, Pyrit, Dolomit, Quarz, Coelestin, Strontianit, Baryt, Pyrrhotin. Die Mineralien stammen aus feinen Kluftrissen, die in tektonisierten Blöcken aus Sandsteinen der Gurnigel-Decke auftreten, welche von zahlreichen Calcitadern durchzogen sind. Die Fundstelle ist heute von Schutt bedeckt und weitgehend überwachsen. Später konnte die Paragenese noch um die Mineralien Dickit und Gips erweitert werden. Der Dickit liegt in der Form weisser, erdiger Massen vor, welche in Hohlräumen zwischen skalenoedrischem Calcit eingebettet sind (röntgenografische Bestimmung B. Hofmann). Die einzelnen blättrigen Kristalle sind bis zu 0,5 mm gross.

Nouvelles découvertes de dickite en Suisse

– Ibachobel, Steinegg: de petits bancs de grès affleurent dans des marnes schisteuses de la Molasse marine inférieure le long de la rivière Ibach près de Steinegg. Ils sont fréquemment traversés de veines de calcite dont les cavités contiennent de temps à autre des masses de dickite beige-brun clair, pulvérulentes. Une odeur de pétrole brut émane du grès lorsque celui-ci est travaillé. Dans la collection du Naturmuseum de Saint-Gall (collection Andreas Ludwig, n° 1174) se trouve un spécimen récolté vraisemblablement avant 1930, qui provient de «Ybach, unter Nord» et sur lequel seraient présents selon l'étiquette «calcite et gypse». Dans le catalogue de la collection d'Andreas Ludwig, le gîte est désigné par «Ybach, l. S. unter Nord» (l. S. = côté gauche du ruisseau?). Sur le groupe de minéraux se trouvent des calcites de forme rhomboédrique plate d'une largeur allant jusqu'à 1 cm et de couleur gris-blanc. Le gypse n'a pu être identifié sur le spécimen. Le minéral blanc dickite à grains fins a par contre été décelé sur et entre les quelques cristaux de calcite. Il a été déterminé aux rayons X par B. Hofmann. La dickite est de temps à autre aussi en inclusion dans les bordures des cristaux de calcite. Selon Eugster (1931), des parties de plantes carbonisées indéterminables ainsi que des cristaux de gypse brisés peuvent aussi apparaître intercalées dans les grès.

Dans le matériel des échantillons collectés en 2009 ne se trouvent que les minéraux calcite et dickite (cette dernière a été déterminée aux rayons X par B. Hofmann et par spectroscopie infrarouge par S. Graeser) mais pas de gypse, si bien que sa présence est mise en doute (confusion avec la dickite?).

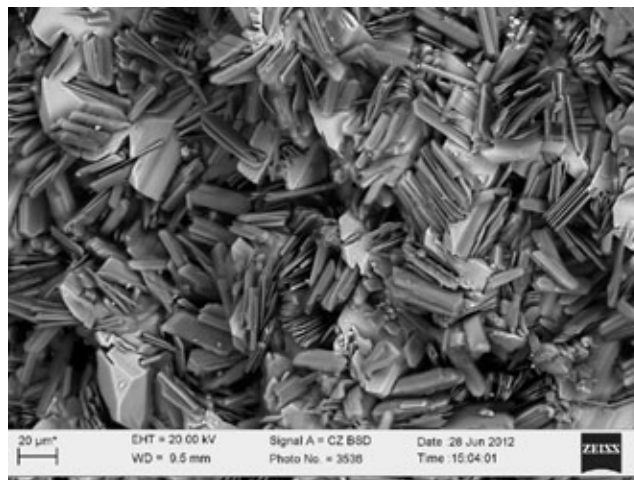
– Hundsbüel, Muscherenschlund au sud-est de Planfayon: dans le pierrier affaissé à 1220 m d'altitude environ, la paragenèse minérale suivante a été observée (Soom 1981): calcite, pyrite, dolomite, quartz, célestite, strontianite, baryte, pyrrhotite. Les minéraux proviennent des fines fissures des failles qui apparaissent dans les blocs de grès tectonisés de la couverture du Gurnigel, ils sont parcourus de nombreuses veines de calcite. Le gisement est aujourd'hui recouvert d'éboulis et en grande partie de végétation. La



Dickit, Ibachtobel Al. Multifokus-Digitalaufnahme Keyence, B. Hofmann (Massstab 0,2 mm).

Dickite, Ibachtobel Al. Prise de vue numérique multifocus Keyence: B. Hofmann (échelle 0,2 mm).

✉ P. Kürsteiner



Dickit, Ibachtobel Al. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme zeigt bis ca. 0,04 mm grosse, tafelige Kristalle.

Dickite, Ibachtobel Al. La prise de vue au microscope électronique à balayage montre des cristaux tabulaires atteignant env. 0,04 mm de grandeur.

📷 Nicolas Greber

Stellenweise ist der Dickit mit Erdöl imprägniert und weist dann eine braune Färbung auf. Beim Gips handelt es sich um glasklare, plattige und meist zerbrochene Kristalle, die Grössen von bis zu 1 cm erreichen. In einzelnen Rissen ist der Calcit – bedingt durch Erdöleinschlüsse – braun verfärbt und von schwarzen, Asphalt-ähnlichen Massen bedeckt. Als Begleitminerale tritt stängeliger, farbloser bis leicht bläulicher Coelestin bis 1,6 mm Grösse auf (Bestimmung H.A. Stalder 1977, Bradley Nr. 4542). Die Anwesenheit der Sulfate Baryt und Coelestin sowie Gips lässt vermuten, dass die Sandsteinblöcke ursprünglich aus dem oberhalb der Fundstelle liegenden Kontaktbereich der Gurnigel- mit der

paragenèse a pu être étendue plus tard aux minéraux dickite et gypse. La dickite apparaît sous la forme de masses terreuses blanches intercalées entre la calcite scalénoédrique des cavités (détermination radioscopique B. Hofmann). Les cristaux feuilletés isolés peuvent atteindre jusqu'à 0,5 mm de grandeur. La dickite est par endroits imprégnée de pétrole brut et présente par conséquent une coloration brune. Le gypse, quant à lui, se présente sous la forme de cristaux limpides, minces, brisés la plupart du temps, dont la taille peut atteindre 1 cm. La calcite de fissures isolées est colorée de brun à cause des inclusions de pétrole et recouverte de masses noires ressemblant à de l'asphalte.

Tabelle 2: Zusammenstellung der Vorkommen von Dickit in der Schweiz

Fundstelle / Geologie	Beschreibung, Art des Vorkommens	Literatur / Sammlung
1. Splügenpass GR; Mesozoische Sedimente	Alpine Quarzgänge	Deicha & Nicolas (1960)
2. Sondierstollen unterhalb Schuls GR; Tasna-Kristallin, Unterostalpin	Hellgrüner/weisslicher Belag in feinen Rissen in einem aus Quarz und Dolomit bestehenden Gestein	Peters (1968)
3. Gotthard-Strassentunnel TI; Tremolaserie (Altkristallin des Gotthardmassivs)	Alpine Zerrkluft, Quarz mit Ankerit-Überzug und Einschlüssen von Aktinolith, Chlorit; als Letzausscheidung kleine Blättchen (max. 0,6 mm) von Dickit	Graeser & Stalder (1974)
4. Grube Lengenbach VS; Trias-Dolomit	Weisse, klumpige Aggregate mit blättrigem Aufbau in Drusen des Dolomits	Stalder et al. (1983) Graeser et al. (2008)
5. Val Renastga, Lugnez GR; Trias-Dolomit, mesozoische Sedimentbedeckung des Gotthardmassivs	In alpinen Zerrklüften zusammen mit Topas, Quarz, Dolomit, Rutil, Bournonit, Galenit, Sphalerit, Tetraedrit. Weisse, pulverige Massen als Kluffüllung; einzelne Blättchen mit Durchmesser von ca. 20 µm	Soom et al. (1988)
6. Bohrung Weiach ZH; Sandsteine des Karbon	In Kluff in Sandstein, zusammen mit Galenit	Matter et al. (1988), Beilage 6.20; Hofmann (1989)
7. Six Blanc, Gemeinde Orsières VS; Zone houillère, Penninikum	Assoziiert mit Cu-Sulfidmineralien	Cuchet et al. (2012)
8. *Camperio TI; Penninikum	Späte Ausscheidung auf Kluffoberfläche, neben Quarz, Calcit, Muskovit, Chlorit	NMBE B5779
9. *Hinterer Zinggenstock, Grimsel BE; Grimsel-Granodiorit, Aarmassiv	Auf Kluffoberfläche neben Quarz, Goethit (pseudomorph nach Fe-Karbonat)	NMBE B8172
10. *Ibachtobel, Steinegg AI; Untere Meeresmolasse	In Calcitklüften	NMSG, Sammlung Ludwig 1174; Sammlung P.K. R-178
11. *Hundsbüel, Muscherenschlund bei Plaffeien FR; Gurnigel-Flysch	In Calcitklüften mit Pyrit, Dolomit, Quarz, Coelestin, Strontianit, Baryt, Pyrrhotin	Sammlung M.S.

* Neubeschreibung in der vorliegenden Arbeit; NMBE: Naturhistorisches Museum Bern, NMSG: Naturmuseum St. Gallen

Table 2: compilation des gisements de dickite en Suisse

Lieux de découverte / Géologie	Description, genre de gisement	Littérature / collection
1. Col du Splügen GR; sédiments mésozoïques	Veines de quartz alpines	Deicha & Nicolas (1960)
2. Galeries de sondage en dessous de Scuol GR; Cristallin du Tasna, austroalpin inférieur	Dépôt vert clair/blanchâtre dans les fissures fines d'une roche composée de quartz et de dolomie.	Peters (1968)
3. Tunnel routier du Gothard TI; Série de la Tremola (socle cristallin ancien du massif du Gothard)	Fissure de tension alpine, quartz recouvert d'ankérite et inclusions d'actinolite, de chlorite; de petites feuilles de dickite (max. 0,6 mm) s'y sont précipitées en dernier.	Graeser & Stalder (1974)
4. Carrière du Lengenbach VS, dolomie triasique	Agrégat blanc, grumeleux avec structure en feuillets dans des druses de la dolomie.	Stalder et al. (1983) Graeser et al. (2008)
5. Val Renastga, Lugnez GR; dolomie triasique, couverture sédimentaire du massif du Gothard	Dans des fissures de tension alpines avec topaze, quartz, dolomie, rutile, bournonite, galène, sphalérite, tétraédrite. Masse blanche, pulvérulente comme remplissage des fissures; petites feuilles isolées avec un diamètre d'environ 20 µm	Soom et al. (1988)
6. Forage Weiach ZH; grès du Carbonifère	Dans les fissures de grès, avec de la galène	Matter et al. (1988), supplément 6.20; Hofmann (1989)
7. Six Blanc, commune d'Orsières VS; zone houillère, Pennique	En association avec des minéraux composés de sulfures de Cu	Cuchet et al. (2012)
8. *Camperio TI; Pennique	Précipitation tardive à la surface de fissures, à côté de quartz, calcite, muscovite, chlorite	NMBE B5779
9. *Hinterer Zinggenstock, Grimsel BE; granodiorite du Grimsel, massif de l'Aar	A la surface de fissures, à côté de quartz, de goethite (pseudomorphe après le carbonate de Fe)	NMBE B8172
10. *Ibachtobel, Steinegg AI; Molasse marine inférieure	Dans des fissures de calcite	NMSG, collection Ludwig 1174; Collection P. Kürsteiner R-178
11. *Hundsbüel, Muscherenschlund près de Planfayon FR; flysch du Gurnigel	Dans des fissures de calcite avec pyrite, dolomie, quartz, célestite, strontianite, baryte, pyrrhotite.	Collection M. Soom

* Nouvelle description dans le travail ici présent; NMBE: Musée d'histoire naturelle de Berne, NMSG: Naturmuseum de Saint-Gall

Basis der Klippen-Decke stammen, deren unterste Schicht-einheit aus Evaporiten der Trias besteht.

– Camperio: In der Kluft 100 von A. Wagner und F. Quadrio (nicht berücksichtigt in der Arbeit von Wagner et al. 1972) wurde auf einer Stufe neben Quarz, Chlorit und Hellglimmer auch Dickit nachgewiesen (Bestimmung H.A. Stalder 1988, Bradley Nr. 6104). Frühere Arbeiten über Camperio (Königsberger 1919, Parker 1954) beschreiben Nakrit, ein mit Dickit nahe verwandtes Mineral, welches nach heutigem Kenntnisstand aus der Schweiz nicht bekannt ist. Möglicherweise handelte es sich um Verwechslungen mit Dickit.

– Hinterer Zinggenstock: Auf einer von B. Hofmann 1992 aufgesammelten Probe aus einer um 1982 von A. Kadelbach und Kollegen ausgebeuteten Amethystkluft in unmittelbarer Nähe eines weiteren grossen Kluftsystems kommt Dickit als weisslicher Überzug auf Granit neben oxidierten Eisenkarbonaten und Quarz vor (Guinier-Röntgenaufnahme G197/1, B. Hofmann 1992).

Palygorskit

Das Mineral Palygorskit ist nach seiner Typlokalität Palygorskaya im Ural benannt und wurde erstmals von Savchenkov im Jahre 1862 beschrieben. Palygorskit ist identisch mit der Handelsbezeichnung Attapulgit. Aus der alten

Des bâtonnets de célestite d'une longueur jusqu'à 1,6 mm, variant d'incolore à brunâtre, apparaissent en association (détermination H. A. Stalder 1977, Bradley n° 4542). La présence des sulfates baryte, célestite ainsi que de gypse laisse supposer que les blocs de grès proviennent à l'origine de la zone de contact de la Nappe du Gurnigel, située dans la partie supérieure du site, avec la base de la Nappe des Préalpes médianes dont l'unité de couche la plus basse est composée d'évaporites du Trias.

– Camperio: dans la fissure 100 d'A. Wagner et F. Quadrio (non retenue dans le travail de Wagner et al. 1972), la présence de dickite a été démontrée sur un groupe à côté de quartz, chlorite et micas clairs (détermination H. A. Stalder 1988, Bradley n° 6104). Des travaux antécédents sur Camperio (Königsberger 1919, Parker 1954) décrivent de la nacrite, un minéral apparenté à la dickite, qui est inconnu en Suisse selon l'état actuel des connaissances. Il est possible qu'il s'agisse d'une confusion avec de la dickite.

– Hinterer Zinggenstock: sur un échantillon collecté par B. Hofmann en 1992, dans un four d'améthyste exploité aux environs de 1982 par A. Kadelbach et ses collègues, à proximité immédiate d'un autre grand système de fissures, de la dickite apparait sous la forme d'un revêtement sur le granite à côté de carbonates de fer oxydés et de quartz (radiographie Guinier G197/1, B. Hofmann 1992).

Palygorskite

Le nom du minéral palygorskite vient de sa localité type Palygorskaya dans l'Oural, il a été décrit pour la première fois par Savchenkov en 1862. L'appellation commerciale attapulgit correspond à la palygorskite. Elle est aussi ap-



Palygorskit, Niederscherli BE. Der faserige Aufbau des Mineralaggregats ist deutlich erkennbar. Multifokus-Digitalaufnahme Keyence, B. Hofmann (Massstab 3 mm).

Palygorskite, Niederscherli BE. La structure fibreuse de l'agrégat minéral est clairement reconnaissable. Prise de vue numérique multifocus Keyence: B. Hofmann (échelle 3 mm).

✂ NMBE

Bergmannsprache stammen die Bezeichnungen Bergleder, Bergkork und Bergholz.

Palygorskit gehört zusammen mit dem strukturell und chemisch verwandten Mineral Sepiolith («Meerschaum») in die Gruppe der Schichtbandsilikate. Diese bestehen aus zwei SiO_4 -Tetraederschichten, welche mit einer $\text{Mg}(\text{OH})_6$ -Oktaederschicht verknüpft sind. In der Richtung der Schich-

pelée cuir, liège ou bois de montagne dans l'ancien langage des mineurs.

La palygorskite, au même titre que la sépiolite «écume de mer», minéral apparenté des points de vue structurel et chimique, appartient au groupe des inosilicates en ruban. Ils sont composés de deux couches tétraédriques de SiO_4 reliées par une couche octaédrique de $\text{Mg}(\text{OH})_6$. Des groupes de 5

Tabelle 3: Zusammenstellung der Vorkommen von Palygorskit in der Schweiz

Fundstelle / Geologie	Beschreibung	Literatur/Sammlung
12. Südlich Rotenflue, Entlebuch LU; Obere Süsswassermolasse	Klüfte mit Calcit und Palygorskit	Peters & von Salis (1965)
13. Bahntunnel Wolhusen, Entlebuch LU; Obere Süsswassermolasse	Lederige Kluffbeläge, bis 50 cm lange Blätter	Peters & von Salis (1965)
14. Steinbruch Obermatt, Ennetbürgen NW; Helvetischer Kieselkalk (Hauterivien)	Beläge auf Klüften und Scherflächen	Müller-Vonmoos & Schindler (1973)
15. Steinbruch Rotzloch, Stansstad NW; Helvetischer Kieselkalk (Hauterivien)	Beläge auf Klüften und Scherflächen	Rykart & Haverkamp (1980)
16. Steinbruch Zingel, 1,5 km nordöstlich Stansstad NW; Helvetischer Kieselkalk (Hauterivien)	1–3 cm dicker Kluffbelag	Rykart & Haverkamp (1980)
17. Geisspfad-Region VS; Geisspfad-Serpentinit, Penninikum	Kompakte, schuppige, weisse Aggregate als Kluffbeläge	Schwanz et al. (1994)
18. Fischbach LU; Nagelfluh der Oberen Meeresmolasse	Kluffbeläge in Störungszonen mit Rutschharnischen	Müller (1995)
19. Galgenhubel, Büren an der Aare BE; Untere Süsswassermolasse	Wenige mm grosse Kluffflächen, zusammen mit Calcit, in Bohrkern (Rb 9401, Okt. 1994)	Stalder et al. (1998)
20. Steinbruch Bois-Genoud bei Crissier VD; Untere Süsswassermolasse	Kluffbeläge auf Sandstein	Stalder et al. (1998) NMBE B3366
21. *Feldbachtal, Binntal VS; Bündnerschiefer, Penninikum	Isoliertes, mehrere cm grosses lederiges Aggregat	NMBE B6332
22. *Lötschberg-Basistunnel NEAT; Quintner Kalk	Weisse bis bläuliche Kluffbeläge, Oströhre km 27.686 und 28.353	NMBE 37191, 37193
23. *Niederscherli BE; Untere Süsswassermolasse	Kluffbeläge unbekannter Mächtigkeit in Sandstein (Bohrklein)	NMBE 37321
24. *Senseschlucht bei Aekenmatt BE; Obere Meeresmolasse	Bis 4 cm mächtige Klufffüllungen in Sandstein	NMBE 37320
25. *Prahins VD; Obere Meeresmolasse	Kluffbeläge auf Sandstein	NMBE 42041

* Neubeschreibung in der vorliegenden Arbeit; NMBE: Naturhistorisches Museum Bern

Tabelle 3: compilation des gisements de palygorskite en Suisse

Lieux de découverte / Géologie	Description	Littérature/collection
12. Au sud de Rotenflue, Entlebuch LU; Molasse d'eau douce supérieure	Fissures avec calcite et palygorskite	Peters & von Salis (1965)
13. Tunnel ferroviaire de Wolhusen, Entlebuch LU; Molasse d'eau douce supérieure	Revêtements de fissures ressemblant au cuir, feuilles atteignant 50 cm	Peters & von Salis (1965)
14. Carrière Obermatt, Ennetbürgen NW; calcaire siliceux de l'Hauterivien	Revêtement de fissures et de plans de cisaillement	Müller-Vonmoos & Schindler (1973)
15. Carrière Rotzloch, Stansstad NW; calcaire siliceux de l'Hauterivien	Revêtement de fissures et de plans de cisaillement	Rykart & Haverkamp (1980)
16. Carrière Zingel, à 1,5 km au nord-est de Stansstad NW; calcaire siliceux de l'Hauterivien	Revêtement de fissures de 1 – 3 cm d'épaisseur	Rykart & Haverkamp (1980)
17. Région de Geisspfad VS, serpentinite de Geisspfad, Pennique	Agrégats blancs, compacts, écaillés comme revêtement de fissures	Schwanz et al. (1994)
18. Fischbach LU; poudingue de la Molasse marine supérieure	Revêtements de fissures dans les zones de déformation avec tectoglyphes	Müller (1995)
19. Galgenhubel, Büren an der Aare BE; Molasse d'eau douce inférieure	Des surfaces de fissures grandes de quelques mm, avec de la calcite, dans des carottes (Rb 9401, oct. 1994)	Stalder et al. (1998)
20. Carrière Bois-Genoud près de Crissier VD, Molasse d'eau douce inférieure	Recouvrements de fissures dans le grès	Stalder et al. (1998) NMBE B3366
21. *Feldbachtal, vallée de Binn VS; schiste lustré, Pennique	Agrégat isolé à l'apparence du cuir et grand de plusieurs cm	NMBE B6332
22. *Tunnel de base du Lötschberg NLFA; calcaire de Quinten	Recouvrement de fissures blanc à bleuâtre, tube est km 27.686 et 28.353	NMBE 37191, 37193
23. *Niederscherli BE; Molasse d'eau douce inférieure	Recouvrements de fissures d'épaisseur inconnue dans le grès (déblais de forage)	NMBE 37321
24. *Gorge de la Singine près d'Aekenmatt BE; Molasse marine supérieure	Remplissages de fissures atteignant 4 cm d'épaisseur dans le grès	NMBE 37320
25. *Prahins VD; Molasse marine supérieure	Recouvrements de fissures dans le grès	NMBE 42041

* Nouvelle description dans le travail ici présent; NMBE: Musée d'histoire naturelle de Berne

tebene treten Gruppen aus 5 oder 8 Oktaedern mit dazwischengeschalteten Kanälen auf, wodurch eine leistenförmige Anordnung der Kristallstruktur entsteht.

Palygorskit bildet faserige Massen mit weisser, gelblicher oder grauer Tönung. Er entsteht bei der Verwitterung magnesiumreicher Gesteine und tritt häufig als Beläge in Klüften auf. Daneben findet er sich auch in unregelmässigen Nestern oder Lagen gesteinsbildend in Sedimentgesteinen. Bedeutende Vorkommen dieses Minerals befinden sich im mittleren Wolgagebiet, in der Ukraine, auf der Krim und in Westsibirien. Daneben wurde diese Mineralart auch in Tschechien (Heinjà) sowie in Arizona (Mammoth-Mine) gefunden.

Neufunde von Palygorskit aus der Schweiz:

– Erdsondenbohrung, Niederscherli: An der Rifishaltenstrasse wurde im Jahr 2004 eine Erdsondenbohrung bis in eine Tiefe von 170 m abgeteuft. Die Imlochhammer-Bohrung erreichte in 14 m Tiefe den Molassefels, der aus einer Abfolge von Sandsteinen und Mergeln besteht. Zuerst noch in der Oberen Meeresmolasse, gehören diese ab 32 m Tiefe der Unteren Süsswassermolasse («Aquitaniens») an. Im Bohrgut, welches aus einer Tiefe von 146–166 m gefördert wurde, befanden sich «Chips» (offensichtlich von einer Kluffüllung) eines weissen, stängelig-faserigen Minerals. Die röntgenografische Bestimmung durch B. Hofmann ergab Palygorskit.

– Senseufer bei Aekenmatt, Gemeinde Schwarzenburg: Völlig gleichartiges Material wie in Niederscherli wurde Anfang Juni 2004 von B. Hofmann auf kurz vorher durch extremes Hochwasser freigelegten Sandsteinpartien der Oberen Meeresmolasse am Ufer der Sense gefunden (ca. 4,2 km SW der Bohrung Niederscherli). Bis 4 cm breite, NW-SE-streichende Klüfte mit deutlicher Scherung sind mit einem weissen to-

ou 8 octaèdres reliés par des canaux intercalés apparaissent dans la direction du plan du feuillet, il en résulte un arrangement en forme de baguette de la structure cristalline.

La palygorskite forme des masses fibreuses de couleur blanche, jaunâtre ou grise. Elle se forme lors de l'altération de roches riches en magnésium et se dépose souvent dans les fissures. On la trouve de plus en couches ou nids irréguliers comme élément constitutif de roches sédimentaires. Les gisements significatifs de ce minéral se trouvent dans la région du cours moyen de la Volga, en Ukraine, en Crimée et en Sibérie occidentale. Cette espèce minérale a aussi été trouvée en République tchèque (Heinjà) ainsi qu'en Arizona (Mammoth-Mine).

Nouvelles découvertes de palygorskite en Suisse

– Forage pour sonde géothermique, Niederscherli: en 2004, un forage pour sonde géothermique a été effectué jusqu'à une profondeur de 170 m à la Rifishaltenstrasse. A une profondeur de 14 m, le forage au marteau fond de trou a atteint la roche molassique constituée d'une succession de grès et de marnes. Tout en haut, encore dans la Molasse marine supérieure, ces grès et marnes appartiennent dès 32 m de profondeur à la Molasse d'eau douce inférieure (Aquitaniens). Des «chips» d'un minéral blanc colonnaire fibreux (provenant manifestement du remplissage d'une fissure) se trouvaient dans le matériel de forage transporté d'une profondeur située entre 146 et 166 m. La détermination aux rayons X effectuée par B. Hofmann identifia la palygorskite.

– Rive de la Singine près d'Aekenmatt, commune de Schwarzenburg: au début juin 2004, du matériel de même nature qu'à Niederscherli a été trouvé par B. Hofmann sur des zones de grès de la Molasse marine supérieure sur la rive de la Singine qui venaient d'être mise au jour par une crue extrême (à env. 4,2 km au SO du forage de Niederscherli). Les fissures

nigen Material gefüllt. Die röntgenografische Analyse durch B. Hofmann ergab auch hier den Befund Palygorskit; dieses Ergebnis konnte zudem durch S.G. mittels Infrarot-Spektroskopie bestätigt werden.

– Löttschberg-Basistunnel Nord: In zwei Bohrkernen von Quintner Kalk, welche beim Vortrieb des Löttschberg-Basistunnels entnommen wurden, wurde Palygorskit als Kluftbelag durch B. Hofmann röntgenografisch identifiziert. Das Mineral bildet mm-dicke, bläulich-weiße Kluftbeläge.

– Feldebachtal: Eine Probe aus dem vorderen Feldebachtal (vermutlich aus den Bündnerschiefern) zeigt typischen faserigen Palygorskit als mehrere cm langes Aggregat. Fund von Chr. Flückiger, 1983. Bestimmt von H.A. Stalder 1989, Bradley No 6166.

– Prahins VD: Im Nachlass von H.A. Stalder befindet sich eine ihm zur Bestimmung vorgelegte Probe mit Palygorskit als Kluftbelag auf Molassesandstein. Bestimmung B. Hofmann 2012.

Rectorit

Rectorit wurde erstmals im Jahr 1891 von Bracket und Williams aus dem Blue Mining District in Arkansas beschrieben. Es handelte sich dabei um weiße, weiche und lederartige Aggregate, welche in silurischen Sandsteinen auftraten. Der Mineralname geht auf E. W. Rector (1849 – 1917) zurück, welcher während seiner Legislatur massgeblich die Finanzierung des geologischen Surveys von Arkansas gefördert hatte. Später wurde erkannt, dass Rectorit identisch ist mit dem in Frankreich gefundenen Mineral Allevardit.

Rectorit besteht aus einer regelmässigen Wechsellagerung von Mineralien der Smektit-Gruppe mit Muskovitschichten, die in einem Verhältnis von 1:1 auftreten. Eine Wechsellagerung von Kaliummontmorillonit und Muskovit wird als Kaliumrectorit bezeichnet. Daneben treten als natürliche Bildungen auch Natriumrectorit und Lithiumrectorit auf.

Rectorit wurde als diagenetisches Umwandlungsprodukt in Bentoniten nachgewiesen. Daneben kann er auch aus der Verwitterung von Kaliumfeldspat hervorgehen. Neben dem Vorkommen im Blue Mining District wurde Rectorit auch in Arkansas (Jeffrey Quarry, Pulaski Country) und in Frankreich (Alleverd, Isère und in der Nähe von Sibert) gefunden.

Wechsellagerungen von Smektit und Illit wurden von Peters & Hofmann (1984) aus hydrothermal alteriertem Granit der Tiefbohrung Böttstein AG beschrieben. Dieses Material ist nahe mit Rectorit verwandt und zeigt Anzeichen regelmässiger Wechsellagerung, besitzt jedoch einen höheren Illitanteil von 70–80%.

Erste Rectorit-Funde aus der Schweiz

– Entlastungsstollen, Unterer Grindelwaldgletscher: Beim Vortrieb des Entlastungsstollens zur Ableitung von Wasser aus dem Gletschensee beim Unteren Grindelwaldgletscher wurden im Jahr 2009 bei Stollenmeter 250 und 270 im Quintner Kalk teilweise mit tonigem Material gefüllte Klüfte angefahren (Hänni & Keusen 2009). In diesen Klüften trat ein weisses, faseriges Mineral auf, das stellenweise einen opalisierenden Glanz zeigte. Die einzelnen Aggregate von Mineralfasern erreichen Längen von mehreren Zentimetern. Es wurde vorerst vermutet, dass es sich dabei um Palygorskit handeln könnte. Röntgendiffraktometrische Untersuchungen durch B. Hofmann und Infrarot-Spektroskopie durch S. Graeser ergaben aber das überraschende Resultat Rectorit. Die Röntgendiffraktogramme und Infrarot-Spektren

atteinant 4 cm de large et orientées NO-SE avec des failles distinctes sont remplies avec un matériel blanc argileux. L'analyse aux rayons X par B. Hofmann mena ici aussi au constat palygorskite; ce résultat a de plus été confirmé par S. Graeser au moyen de la spectroscopie infrarouge.

– Tunnel de base nord du Löttschberg: dans deux carottes de calcaire de Quinten, extraites lors du percement du tunnel de base du Löttschberg, la palygorskite recouvrant les fissures a été identifiée aux rayons X par B. Hofmann. Le minéral forme des revêtements de failles blanc-bleuâtre d'une épaisseur millimétrique.

– Feldebachtal: un échantillon provenant du Feldebachtal (des schistes lustrés probablement) présente un agrégat de plusieurs centimètres de longueur de palygorskite fibreuse typique. Découverte de Chr. Flückiger, 1983. Déterminée par H. A. Stalder 1989, Bradley n° 6166.

– Prahins VD: dans le legs de H. A. Stalder se trouve un échantillon avec palygorskite comme revêtement de fissure sur du grès de molasse qui lui a été soumis pour détermination. Détermination B. Hofmann 2012.

Rectorite

La rectorite en provenance du Blue Mining District dans l'Arkansas a été décrite pour la première fois en 1891 par Bracket et Williams. Il s'agissait d'agrégats blancs, mous et à l'apparence du cuir qui apparaissaient dans le grès silurien. Le nom du minéral se réfère à E. W. Rector (1849 – 1917) qui avait, durant sa législature, encouragé le financement des études géologiques dans l'Arkansas de manière déterminante. Il s'avéra plus tard que la rectorite est identique au minéral allevardite découvert en France.

La rectorite est composée d'alternances régulières de minéraux du groupe de la smectite avec des couches de muscovite apparaissant dans le rapport 1:1. Une alternance de montmorillonite potassique et de muscovite porte le nom de rectorite potassique. En plus, la rectorite sodique et la rectorite lithifère apparaissent aussi comme formation naturelle. La rectorite a été documentée comme produit de transformation diagénétique dans les bentonites. Il en ressort de plus qu'elle peut aussi provenir de l'érosion du feldspath potassique. En plus du gisement du Blue Mining District, la rectorite a aussi été trouvée dans l'Arkansas (Jeffrey Quarry, Pulaski Country) et en France (Alleverd, Isère à proximité de Sibert). Les alternances de smectite et d'illite ont été décrites par Peters & Hofmann (1984) à partir de granite altéré de manière hydrothermale du forage profond de Böttstein AG. Ce matériel est apparenté à la rectorite et présente des indices d'alternance régulière, il contient cependant une plus grande part d'illite de 70–80%.

Premières découvertes de rectorite en Suisse

– Galerie d'évacuation, glacier inférieur de Grindelwald: lors du percement de la galerie d'évacuation de l'eau du lac du glacier inférieur de Grindelwald, des fissures partiellement remplies de matériel argileux dans le calcaire de Quinten ont été traversées aux mètres de galerie 250 et 270 (Hänni & Keusen 2009). Un minéral blanc fibreux présentant à certains endroits un éclat opalescent apparaissait dans ces fissures. Les agrégats isolés de fibres minérales atteignent une longueur de plusieurs centimètres. Il fut d'abord supposé qu'il pouvait s'agir de palygorskite. Des analyses diffractométriques aux rayons X effectuées par B. Hofmann et par spectroscopie infrarouge faites par S. Graeser menèrent



*Rectorit, Grindelwald BE. Sammlung NMBE.
Bildbreite 4 cm.*

Rectorite, Grindelwald BE. Largeur de l'illustration 4 cm.

✂ NMBE 📷 Th. Schüpbach

wurden mit Rectorit von La Table, Savoyen F (NMBE B5587) abgeglichen.

– Heidbach (Rain digl Lai) bei der Solisbrücke, Schinschlucht, südöstlich Thusis. Nach Jäckli (1967) liegt das Heidbachtobel im tiefpenninischen Flysch der Albula-Decke. Das Gestein ist feinkörniges Metasediment, das verschiedentlich von Calcit- und Quarz-Gängen durchzogen wird. Durch massenhaft auftretende Glimmerschüppchen erhält das ganze Gestein einen auffälligen grünlich-silbrigen Schimmer. Die mineralführenden Klüfte sind von geringer Grösse und von einem dichten Rasen winziger Dolomit-Kriställchen (<0,5 mm) überzogen; ausserdem kommen noch Quarz, Calcit, Gips und eine Anzahl von Fe-, Ni-, Pb-Sulfid-Mineralien vor. Bekannt geworden ist die Fundstelle vor allem durch das Auftreten des leuchtend grün-gefärbten Ni-Mineralis Reevesit (Graeser & Kindlimann 2001). Von speziellem Interesse sind aber die Phyllosilikat-Mineralien. Was gemeinhin mit dem Namen «Glimmer» bezeichnet wird, entpuppt sich bei geeigneten Analyse-Methoden als Muskowit-1M, Cr-haltiger Muskowit, evtl. Lepidolith, und eben Rectorit. Dabei handelt es sich um einen faserigen, biegsamen Überzug, der aussieht wie das Stück eines alten Abwaschlappens. Wurde dieses Mineral ursprünglich (2001) ebenfalls noch als «Muskowit-1M» bezeichnet, konnte im Rahmen dieser Arbeit dank geeignetem Referenz-Material für die Infrarot-Spektroskopie klar die Identität mit Rectorit nachgewiesen werden.

Diskussion

Die verschiedenen Neufunde, kombiniert mit einer systematischen Zusammenstellung von Literaturdaten und Angaben von bisher unpubliziertem Sammlungsmaterial zeigen, dass die Tonmineralien Dickit und Palygorskit in der Schweiz recht verbreitet sind. Dabei fällt auf, dass Palygorskit am

au résultat surprenant de rectorite. Le diffractogramme de rayons X et les spectres infrarouges ont été comparés avec la rectorite de La Table, Savoie F (NMBE B5587).

– Heidbach (Rain digl Lai) près du viaduc de Solis, gorge Schinschlucht, sud-est de Thusis. Selon Jäckli (1967), le Heidbachtobel se trouve dans le flysch pennique inférieur de la nappe de l'Albula. La roche est un métasédiment à grains fins traversé à maints endroits par des veines de calcite et de quartz. L'apparition en masse de petites écailles de micas donne à toute la roche une apparence aux reflets vert argenté. Les fissures contenant des minéraux sont de petite taille et recouvertes d'un gazon dense de minuscules cristaux de dolomite (<0,5 mm); en outre, du quartz, de la calcite, du gypse et un nombre de minéraux de sulfure de Fe, Ni et Pb apparaissent aussi. Le lieu de découverte a été rendu célèbre surtout par la présence du minéral de Ni vert lumineux, la reevesite (Graeser & Kindlimann 2001). Ce sont cependant les minéraux du groupe des phyllosilicates qui revêtent un intérêt particulier. Ce qui est communément désigné du nom «mica» se révèle être, en utilisant les méthodes d'analyse appropriées, de la muscovite-1M, de la muscovite chromifère, éventuellement de la lépidolite, et de la rectorite bien entendu. Il s'agit dans ce cas d'un revêtement fibreux, flexible ressemblant à une vieille lavette. Alors que ce minéral portait encore à l'époque (2001) le nom de «Muskowit-1M», son identité comme rectorite a pu être clairement précisée dans le cadre de ce travail grâce à du matériel de référence approprié pour la spectroscopie à infrarouge.

Diskussion

Les diverses nouvelles découvertes, combinées à une compilation systématique des données de la littérature et provenant de matériel de collection non publié jusqu'ici, ont montré que les minéraux argileux dickite et palygorskite sont

Literaturverzeichnis / Répertoire de littérature

- Bracket, R. N. & Williams, J. F. (1891): Newtonite and Rectorite – two new minerals of the Kaolinite Group. *American Journal of Science* 42, 11–21.
- Cuchet, S., Ansermet, S. & Meisser, N. (2012): Die kupferhaltige Mineralisierung am Six Blanc im Wallis. *Schweizer Strahler* 4, 2–16. La minéralisation cuprifère du Six Blanc, Valais. *Cristallier Suisse* 4/2012, 2–16.
- Deicha, G. & Nicolas, J. (1960): Über das Vorkommen eines Minerals (Dickit) aus der Kaolingruppe in einer alpinen Quarzader am Splügenpass GR (franz.). Sur la présence d'un minéral du groupe de la kaolinite dans un quartz filonien du Splügen (Grisons). *Comptes Rendus du Congrès National des Sociétés Savantes, Sect. Sciences*, 421–423.
- Eugster, H. (1931): II. Exkursion ins Fähnern-Gebiet. In: Ludwig, A., Eugster, H. und Bächler, E.: Berichte über die Exkursion der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft im st. gallisch-appenzellischen Molasseländ, im Fähneren- und Wildkirchligebiet. *Eclogae geologicae Helveticae* 24/1, 143–154.
- Graeser, S. & Stalder, H.A. (1974): Mineralneufunde aus der Schweiz und angrenzenden Gebieten. *Nouvelles découvertes de minéraux en Suisse et dans les territoires limitrophes*. *Schweizer Strahler/Cristallier Suisse* 3, 265–277.
- Graeser, S. & Kindlimann, J. (2001): Heidbach/Schyns Schlucht – eine neue Fundstelle ungewöhnlicher Mineralien. *Mineralienfreund* 3, 14–21.
- Graeser, S., Cannon, R., Drechsler, E., Raber, T. & Roth, P. (2008): Faszination Lengenbach; Abbau, Forschung, Mineralien 1958–2008. KristalloGrafik Verlag, Achberg.
- Hänni, R. & Keusen, H.R. (2009): Faserige Mineralaggregat bei Stollenmeter 250 und 270, Entlastungsstollen Gletschersee, Unterer Grindelwaldgletscher. Unpublizierter Bericht GEOTEST AG Nr. 08393.5 vom 23.03.2009.
- Hofmann, B. (1989): Erzminerale in paläozoischen, mesozoischen und tertiären Sedimenten der Nordschweiz und Südwestdeutschlands. *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen* 69, 345–357.
- Jäckli, H. (1967): Thusis-Schyns Schlucht-Tiefenkaasel. In: *Geologischer Führer der Schweiz*. Wepf & Co., Basel.
- Koenigsberger, J. (1919): Über alpine Mineralagerstätten. *Abhandlungen der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Math.-phys. Kl.* 28, 108p.
- Matter, A., Peters, T., Bläsi, H.-R., Meyer, J., Ischi, H. & Meyer, C. (1988): Sondierbohrung Weiach – Geologie. *Nagra Technical Report* 86-01. Nagra, Baden.
- Müller-Vonmoos, M. & Schindler, C. (1973): Palygorskit im Helvetischen Kieselkalk des Bürgenstocks NW. *Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen* 53, 395–403.
- Müller, B.U. (1995): Zerrungstektonik in der flachliegenden Molasse des nördlichen Napfgebietes und ihre Auswirkungen auf die Talgeschichte. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern* 34, 159–170.
- Parker, R.L. (1954): Die Mineralfunde der Schweizeralpen. Wepf & Co., Basel.
- Peters, T. (1968): Dickit aus dem Unterengadin GR. *Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen* 48, 463–466.
- Peters, T. & von Salis, K. (1965): Palygorskit als Kluffbelag in der tortonen Molasse im Entlebuch. *Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen* 45, 123–130.
- Peters, T. & Hofmann, B. (1984): Hydrothermal clay mineral formation in a biotite granite in Northern Switzerland. *Clay Minerals* 19, 579–590.
- Rykart, R. & Haverkamp, F. (1980): Palygorskit-Vorkommen in der Zentralschweiz. La palygorskite de Suisse Centrale. *Schweizer Strahler/Cristallier Suisse* 5, 246–250.
- Schwanz, J., Mumenthaler, Th. & Schüpbach, Th. (1994): Das Binntal und seine Mineralien. Herausgeber A. Gorsatt, Binn.
- Soom M. (1981): Kleinminerale aus dem Gurnigelflysch. Les petits minéraux du flysch du Gurnigel. *Schweizer Strahler/Cristallier Suisse* 5, 388–395.
- Soom M., Armbruster T. & Stalder H. A. (1988): OH-rich Topaz from Alpine Fissures in Triassic Dolomites near Lugnez, Graubünden (Mesozoic Cover of Gotthard Massif, Swiss Alps). *Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen* 68, 141–155.
- Stalder H.A., Niggli E., Graeser S., Nowacki W., Sicher V. & Imhof T. (1983): 25 Jahre Arbeitsgemeinschaft Lengenbach. *Mineralienfreund* 21, 77–124.
- Stalder H.A., Wagner A., Graeser S. & Stuker P. (1998): Mineralienlexikon der Schweiz. Wepf & Co. AG, Basel.
- Wagner A., Frey M., Quadrio F., Schwartzkopf J., Stalder H.A. (1972): Die Mineralfundstellen von Camperio und Campo Blenio, Kt. Tessin. *Jahrbuch des Naturhistorischen Museums Bern* 4, 227–360.

häufigsten in den beiden sedimentären Formationen der Molasse (8 Vorkommen, Untere Süsswassermolasse bis Obere Süsswassermolasse) und in Kalken des Helvetikums (4 Vorkommen) auftritt. Aus dem Wallis (Feldbachtal und Binntal, beide Penninikum) sind zwei Vorkommen bekannt. Dickit tritt hingegen in den verschiedensten Gesteinen und vor allem im alpinen Bereich auf. Alle Dickitvorkommen haben gegenüber den Molassevorkommen von Palygorskit eine deutlich höhere Bildungstemperatur.

Verdankungen

Dr. H.R. Keusen und Dr. R. Hänni (beide Geotest AG, Zollikofen) danken wir für die Überlassung von Proben des Grindelwaldner Rectorits sowie für Angaben zu dessen Vorkommen, Th. Schüpbach (Ipsach) für Fotos und N. Greber (NMBE und Institut für Geologie der Universität Bern) für diverse Analysen und REM-Aufnahmen. Tom Burri (NMBE) danken wir für das Erstellen der Karte.

Beda Hofmann, Naturhistorisches Museum der Bürgergemeinde Bern, Bernastrasse 15, 3005 Bern
Michael Soom, Hanfgarten 93, 3412 Heimiswil
Peter Kürsteiner, Naturmuseum St. Gallen, Museumstrasse 32, 9000 St. Gallen
Stefan Graeser, Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Basel, Bernoullistr. 30, 4056 Basel

assez répandus en Suisse. Il en ressort que la palygorskite apparaît le plus souvent dans les deux formations sédimentaires de la Molasse (8 gisements, de la Molasse d'eau douce inférieure à la Molasse d'eau douce supérieure) et dans les calcaires de l'Helvétique (4 gisements). Deux gisements sont connus en Valais (Feldbachtal et vallée de Binn, tous deux Pennique). La dickite apparaît en revanche dans les roches les plus diverses et surtout dans le domaine alpin. Tous les gisements de dickite ont en comparaison avec les gisements molassiques de palygorskite une température de formation nettement supérieure.

Remerciements

Nous remercions Messieurs H. R. Keusen et R. Hänni (tous deux de Geotest AG, Zollikofen) pour la mise à disposition des échantillons de la rectorite de Grindelwald ainsi que pour les informations sur ses gisements, Th. Schüpbach (Ipsach) pour les photographies et N. Greber (NMBE et Institut de Géologie de l'Université de Berne) pour les analyses et les photographies MEB. Nos remerciements vont aussi à Tom Burri (NMBE) pour l'élaboration de la carte.

Traduction: Daniel Hêche