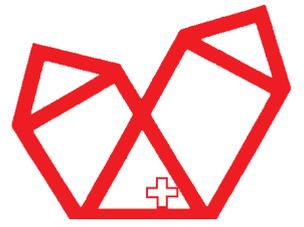


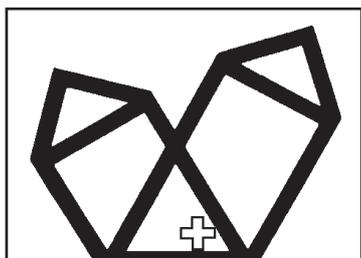
Schweizer Strahler Le Cristallier Suisse Il Chavacristallas Svizzer Il Cercatore Svizzero di Minerali



Februar / Février / Febbraio

1/2018





Schweizer Strahler

Le Cristallier Suisse

Il Chavacristallas Svizzer

Il Cercatore Svizzero di Minerali

Inhalt

- 2 **(Nb)-Anatas, Titanit: über eine spannende Familiengeschichte (Binntal, CH – Devero, I)**
Stéphane Cuchet, Ate van der Burgt, Mischa Crumbach, Enzo Sartori
- 14 **(Nb)-anatasio, titanite: storia di una insolita famiglia (Binntal, CH – Devero, I)**
- 15 **Neuartige Fossilfunde in den Bündner Alpen**
- 18 **150 Jahre Morionfund am Tiefengletscher, Uri**
Edwin Gnos
- 26 **Rüdlingerit, eine neue Mineralart aus Faniel (GR)**
Philippe Roth, Nicolas Meisser
- 30 **Ein weiterer interessanter Neufund aus Faniel (GR): Krettnichit**
Philippe Roth
- 32 **Opticmin – ein Suchprogramm mit Hilfe des Polarisationsmikroskops**
Pierre Perroud
- 40 **Aktashit und Nowackiit, zwei interessante (Neu-)Entdeckungen**
Philippe Roth, Thomas Raber

Sommaire

- 2 **(Nb)-anatase, titanite: à propos d'une intrigante histoire de famille (Binntal, CH – Devero, I)**
Stéphane Cuchet, Ate van der Burgt, Mischa Crumbach, Enzo Sartori
- 14 **(Nb)-anatasio, titanite: storia di una insolita famiglia (Binntal, CH – Devero, I)**
- 15 **Découvertes inédites de fossiles dans les Alpes grisonnes**
- 18 **150 ans après la découverte des morions au Tiefengletscher, Uri**
Edwin Gnos
- 26 **Une nouvelle espèce minérale en provenance de Faniel (GR), la rüdlingerite**
Philippe Roth, Nicolas Meisser
- 30 **Une autre trouvaille en provenance de Faniel (GR), la krettnichite**
Philippe Roth
- 32 **OpticMin, un programme d'aide en ligne à l'utilisation du microscope polarisant**
Pierre Perroud
- 40 **Aktashite et nowackiite, deux intéressantes (re)découvertes**
Philippe Roth, Thomas Raber

INFOS

- 31 **Kleinanzeigen**
- 43 **Aktuell**
- 46 **Ausstellungen**
- 47 **Literatur**
- 49 **Börsenkalender 2018**
- 54 **Sektionen**
- 58 **Branchenregister**
- 60 **Rätsel**

Titelbild / Page de couverture / Pagina di copertina

«Der Regenbogen»: Sehr schöner irisierender Hämatit-Kristall, im Zentrum übersät von orangen (Nb)-Anatas-Tafeln.

«L'arc en ciel»: Très joli cristal d'hématite irisée, saupoudrée au centre par des tablettes oranges de (Nb)-anatase.

«L'arcobaleno»: bellissimo cristallo di ematite iridata, cosparso di placchette arancio di (Nb)-anatasio al centro.

Wannigletscher, Binntal, CH. Bildhöhe, hauteur de l'image, altezza della fotografia: 16 mm. A. van der Burgt M. Crumbach

INFOS

- 31 **Petites annonces**
- 43 **Actuel**
- 46 **Expositions**
- 47 **Littérature**
- 49 **Dates des bourses 2018**
- 54 **Sections**
- 58 **L'annuaire**
- 60 **Enigme**

Impressum

ISSN 0370-9213

52. Jahrgang / 52e année

Herausgeber / Editeur

Schweiz. Vereinigung der Strahler, Mineralien- und Fossilien Sammler SVSMF
Association suisse des cristalliers et collectionneurs de minéraux et fossiles ASCMF

SVSMF Geschäftsstelle / ASCMF Secrétariat

(Inserate, Abonnements, Mutationen, Zentralkasse; annonces, abonnements, caisse centrale)

Hedy Bienz-Felber

Obergütschstr. 27, CH-6003 Luzern

Tel. 0041 (0)848 44 22 11

E-Mail: sekretariat@svsmf.ch

www.svsmf.ch / www.ascmf.ch

Redaktion / Rédaction

Verantwortlicher Redaktor / Rédacteur en chef:

Dr. Thomas Bolli

Pilatusstrasse 8

6033 Buchrain

redaktion@svsmf.ch

M: 078 640 58 77

Redaktionsmitglied / Membre de la rédaction:

Dr. Pascal Grundler, Trabandan 37, Lausanne

Wissenschaftliche Mitarbeiter / Collaborateurs scientifiques

Prof. T. Armbruster, Labor für chem. u. mineral. Kristallographie, Uni Bern; Dr. Danielle Decrouez, 93 impasse des Voirons, Findrol, F-74130 Contamine sur Arve; Prof. Bernard Grobéty, Chemin du musée 6, 1700 Fribourg; Dr. Beda Hofmann, Naturhistorisches Museum, Bern; Dr. Nicolas Meisser, Musée de géologie, Lausanne

Abonnement

4 Ausgaben jährlich / Fr. 65.–

4 éditions par an

Jugendliche / jeunes gens Fr. 40.–

Ausland / étranger € 75.– / Fr. 85.–

Einzelheft / le numéro Fr. 17.–

+ Porto

Druck / Impression

Druckerei Gasser AG, 6472 Erstfeld

Tel. 041 880 10 30, Fax 041 880 27 22

E-Mail: mail@gasserdruck.ch

Die Texte, Bilder und Inserate dieser Zeitschrift sind urheberrechtlich geschützt. Ihre Verwendung durch Dritte ist ohne Genehmigung durch die Redaktion untersagt.

Les textes, figures et annonces dans cette revue sont soumis au copyright. Leur reprise ayant pour but toute forme de publication ultérieure est interdite sans le consentement formel de la rédaction.

Opticmin – ein Suchprogramm mit Hilfe des Polarisationsmikroskops

OpticMin, un programme d'aide en ligne à l'utilisation du microscope polarisant

Pierre Perroud

(Deutsche Übersetzung: Susanne Theodora Schmidt)

Den Mineralogen steht eine grosse Palette von Bestimmungsmethoden zur Verfügung, um Minerale und Gesteine zu identifizieren. Nichtsdestotrotz bleibt das Polarisationsmikroskop weiterhin ein wichtiges Werkzeug. Es liefert uns mineralogische Informationen aus erster Hand über: Form, Habitus, Farbe, Relief, Brechungsindizes, Pleochroismus oder Paragenese und für den gewieften und sachkundigen Beobachter auch über Doppelbrechung, Auslöschungswinkel, Verwilligung oder das Kristallsystem usw.

Der folgende Text hat nicht die Absicht, auf wenigen Seiten wiederzugeben, was in dicken Schmökern über Jahrzehnte hinweg an Wissen zusammengetragen wurde. Es soll einfach gezeigt werden, wie das Werkzeug Computer zur Bestimmung der häufigsten Minerale effizient eingesetzt werden kann.

Der Redaktor des «Schweizer Strahlers», Thomas Bolli, hat P.P. vorgeschlagen, einen unterhaltsamen Text zu komponieren. Da sitze ich nun vor meinem schwarzen und schweigsamen Mikroskop aus Stahl und denke, ich kann mir eigentlich Lustigeres vorstellen wie z. B. eine Mass Bier, ein Bett oder eine Bauchwampe. Der Drehtisch verdreht mir nicht den Kopf, und die Okulare werfen mir keine aufmunternden Blicke zu. Aber auf geht es jetzt, dieses versteinerte Instrument zu zähmen.

Man kennt zwei verschiedene Typen von Polarisationsmikroskop

Das Auflichtmikroskop mit reflektierendem Licht dient zur Bestimmung von Opakmineralien, im Wesentlichen von Elementen, Sulfiden, Sulfosalzen und Oxiden. Im Gegensatz zum Durchlichtmikroskop wird das von oben einfallende Licht an der polierten Mineralfäche reflektiert. Der Beobachter erhält Information über das Reflexionsvermögen oder Reflektanz, die Reflexionsanisotropie/Bireflektanz oder die Härte. Man braucht eine gewisse Erfahrung, um die feinen Farbnuancen unterscheiden zu können, denn unsere Farbwahrnehmung wird durch die Farbe anderer anwesender Mineralien beeinflusst. Zum Beispiel erscheint der Kupferkies neben einem weissen oder grauen Mineral deutlich gelber, aber grüngelb im direktem Kontakt mit Gold. Man sagt, dass der Kupferkies neben dem Gold grün vor Neid wird. Ja, so leicht kann man eine Reise ins Paradies der Fallen antreten.

Les minéralogistes disposent de moyens très performants pour identifier les minéraux et les roches. Cependant le microscope polarisant demeure nécessaire. Il révèle des informations minéralogiques de première importance: forme, habitus, couleur, relief, indices de réfraction, paragenèse et, pour l'observateur averti: biréfringence, angle d'extinction, macles, système cristallin, etc.

Le texte qui suit n'a pas la prétention de saupoudrer en quelques pages ce qui est exposé dans de volumineux ouvrages. Il s'agit de montrer comment l'ordinateur a été mis à contribution pour faciliter l'identification des minéraux les plus fréquemment rencontrés.

Thomas Bolli a recommandé à P.P. de rédiger un texte agréable à lire ... Assis en face de mon microscope en acier, noir, silencieux, je me dis que d'autres objets se prêteraient davantage à des facéties, comme le bock, le lit ou la bedaine. La platine avec son sourire de pleine lune ne me tourne pas la tête et les oculaires ne me lancent pas d'œillades; il va falloir apprivoiser cet instrument qui reste de marbre.

Deux types principaux de microscopes polarisants

Le microscope polarisant à lumière réfléchi est utilisé pour l'identification des minéraux opaques, essentiellement des éléments, sulfures, sulfosalz, oxydes. Au lieu de traverser les minéraux, le rayon lumineux incident est réfléchi à la surface d'une section polie. L'observateur obtient des informations sur la réflectivité, l'anisotropie de la réflectivité, la dureté. Il faut beaucoup de finesse et d'expérience pour discerner les nuances, d'autant plus que la perception des couleurs est influencée par la présence des espèces adjacentes. Par exemple la chalcopyrite apparaît nettement jaune à proximité d'une plage blanche ou grise, mais jaune verdâtre à proximité de l'or: c'est un voyage au paradis des pièges.

Le microscope polarisant à lumière transmise est destiné à l'analyse de lames minces: roches collées sur une lame de verre, amincies à 3/100e de mm, et recouvertes d'une fine lamelle; ou bien de lames minces polies qui permettent d'étudier à la fois des minéraux transparents et des minéraux opaques; ou bien de minéraux en grains isolés

Das Durchlichtmikroskop wird zur Charakterisierung von Gesteinsdünnschliffen eingesetzt. Ein Gesteinsstück wird auf einen Objektträger aufgeklebt, auf 3/100 mm runterpoliert und mit einem dünnen Glasplättchen abgedeckt. Man kann auch polierte und durchscheinende, dickere Gesteinsstücke benutzen, die als Anschliff oder Dickschliff bezeichnet werden. Sie erlauben es, die Minerale im gleichen Präparat im Durchlicht als auch im Auflicht zu untersuchen. Ebenso können isolierte Mineralkörner in einer Lösung mit bekanntem Brechungsindex untersucht werden. Es ist genau dieses Mikroskop, das wir im folgenden benutzen werden.

Aufbau eines Polarisationsmikroskops

Das Polarisationsmikroskop ist ein anspruchsvolles Instrument. Der Strahlengang muss zwischen der Lichtquelle und dem Okular gut justiert sein. In meinem ehrwürdigen Mikroskop (Baujahr 1967) passiert der Strahl zuerst verschiedene transparente, matte oder farbige Filter, dann eine Blende, mit der man die Grösse des Beobachtungsfeldes verändern kann. Darauf folgt ein erster Polarisator – auch Nicolsches Prisma genannt – der die aus der Leuchtquelle ankommenden und in allen Richtungen schwingenden Lichtwellen linearpolarisiert, so dass alle Lichtwellen in nur einer Ebene schwingen (N-S oder E-W je nach Mikroskopmarke). Dann gibt es eine weitere Kontrastblende und anschliessend einen Kondensator zur Beobachtung mit der Bertrandlinse. Danach durchquert das Licht die Minerale im Dünnschliff und kommt im Objektiv mit seinen verschiedenen Linsen an. Die Lichtwellen treffen nun auf einen zweiten Polarisator, der als Analysator bezeichnet wird und in einem Winkel von 90° zum ersten Polarisator steht. Man spricht dann von Beobachtungen mit eingeschaltetem Analysator oder gekreuzten Polarisatoren (+N). Dann können Hilfsobjekte wie Gips oder Glimmer eingeblendet werden, um die relativen Geschwindigkeiten von Lichtwellen bestimmen zu können, oder die Amici-Bertrand-Linse, um mit Hilfe der Interferenzfigur den optischen Charakter eines Minerals zu bestimmen. Anschliessend erreichen die Lichtwellen das Okular: Ein Farbspektakel erwartet uns, das uns immer in Erstaunen versetzt. Nun ist unser Mikroskop bereit, und wir können mit unseren Untersuchungen beginnen.

Erster Untersuchungsabschnitt im linearpolarisierten Licht oder im Hellfeld

Das Licht hat den ersten Polarisator durchquert: alle Lichtwellen schwingen nun in einer Ebene, und man bezeichnet dies als Beobachtung im Hellfeld oder ohne eingeschalteten Analysator. Unter den Hunderten von möglichen Mineralschnitten, die man in einem Schliff finden kann, gibt es Vorzugsrichtungen. So erkennt man leicht prismatische Schnitte, die senkrecht oder parallel zum Prisma liegen wie z. B. für Turmalin. Andere Minerale zeigen auf Grund ihres hohen Brechungsindex ein starkes Relief wie Zirkon oder Titanit und scheinen aus der Dünnschlifffläche herausgehoben. Andere wie der Biotit weisen eine deutliche Eigenfarbe auf. Andere sind opak wie Sulfide oder Metalle, und eine weitere Gruppe ist pleochroitisch wie der Thulit, der mit einem spektakulären Pleochroismus heraussticht. Im Hellfeld erschliesst sich im allgemeinen auch gut die Textur des Gesteins, die Bandbreite der beobachteten Minerale, ihrer Grösse und Einschlüsse sowie Umwandlungen.

Wenn man mit Körnerpräparaten arbeitet, kann man mit Hilfe von Lösungen mit verschiedenem Brechungsindex den Brechungsindex eines Minerals bestimmen. Kubische Minerale haben einen einzigen Brechungsindex. Tetragonale, trigonale und hexagonale Minerale besitzen zwei Brechungsindizes, und ihre optische Achse fällt mit der kris-

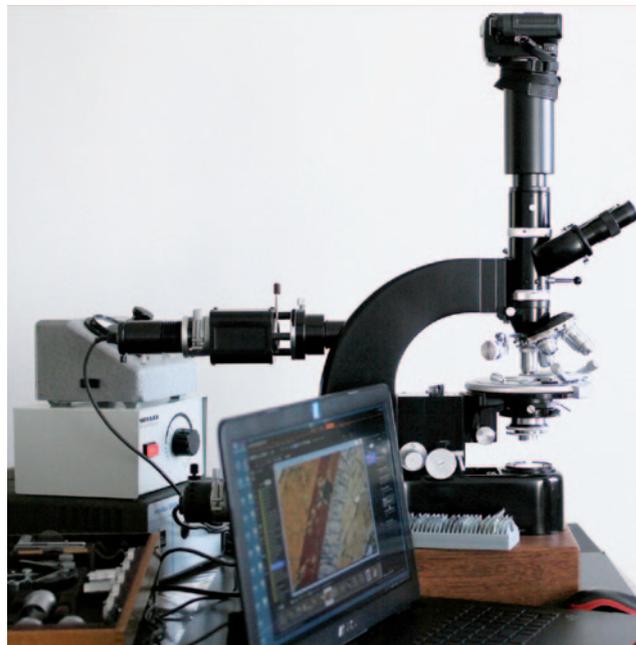


Abbildung 1: Polarisationsmikroskop Leitz-Ortholux Pol (1967). Ich habe einen Holzsockel unter das Mikroskop gestellt, denn ich möchte nicht allzu früh wie Quasimodo aussehen.

Image 1: Microscope polarisant Leitz Ortholux-Pol 1967, ici installé pour l'étude en lumière transmise. J'ai ajouté un socle en bois pour éviter de ressembler trop tôt à Quasimodo.

© P. Perroud

immergés dans des liqueurs d'indice de réfraction. C'est ce microscope que nous allons utiliser.

Mise en place du microscope

Le microscope polarisant est un instrument exigeant. La trajectoire du rayon lumineux depuis l'illuminateur jusqu'à l'oculaire doit être ajustée. Sur mon vénérable Ortholux le rayon traverse d'abord plusieurs verres dépolis ou colorés puis, successivement, un diaphragme pour contrôler la grandeur du champ à éclairer, un premier polariseur – appelé aussi prisme de Nicol – qui fait vibrer la lumière dans une seule direction (N-S ou E-O, selon le type de microscope), un diaphragme d'ouverture pour contrôler le contraste, un condenseur pour concentrer la lumière lors d'observations avec la lentille de Bertrand. La lumière passe alors au travers des minéraux de la lame mince, puis elle entre dans l'objectif où elle traverse plusieurs lentilles. Elle rencontre ensuite un deuxième polariseur – l'analyseur – qui est orienté à 90° par rapport au premier polariseur: on parle alors d'observations en lumière polarisée et analysée ou entre nicols croisés. Des lames auxiliaires de gypse ou de mica permettent de déterminer la vitesse relative des rayons. La lentille de Bertrand est utilisée lors de l'étude de figures d'interférence pour déterminer le caractère optique. La lumière arrive enfin dans l'oculaire: un spectacle patiemment attendu qui émerveille toujours. Après avoir correctement mis en place le microscope, nous pouvons commencer l'étude.

Première étape: examen en lumière polarisée non analysée (PPL ou LPNA)

Dans ce cas la lumière est polarisée linéairement: les rayons lumineux vibrent dans une seule direction; on parle parfois de « lumière naturelle », à ne pas confondre avec la lumière naturelle du soleil, laquelle vibre dans toutes les directions. Parmi les centaines de grains d'une lame mince on en découvre certains qui sont dans une orientation privilégiée:

tallographischen Achse zusammen. Für die Beschreibung von orthorhombischen, monoklinen und triklinen Mineralen benutzt man drei Brechungsindizes, und ihre optischen Achsen können sehr unterschiedlich angeordnet sein.

Zweiter Untersuchungsabschnitt mit eingeschaltetem Analysator oder mit gekreuzten Polarisatoren (+N)

Um das Verhalten des Lichtes im Mineral bei gekreuzten Polarisatoren zu verstehen, vereinfachen wir und betrachten exemplarisch nur eine einzige Lichtwelle. Diese im ersten Polarisator linearpolarisierte Lichtwelle ergibt beim Durchqueren eines nicht-kubischen Minerals zwei senkrecht aufeinander stehende Lichtwellen mit unterschiedlicher Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Fortpflanzungsrichtung. Eine dieser Lichtwellen ist langsamer und weist eine Laufzeitdifferenz im Vergleich zur schnelleren Lichtwelle auf, was als Gangunterschied oder Doppelbrechung bezeichnet wird. Diese beiden Lichtwellen mit dem mineralspezifischen Gangunterschied oder ihrer Geschwindigkeitsdifferenz werden nun im Analysator neu zusammengesetzt und ergeben die charakteristischen Interferenzfarben.

Wenn man den Mikroskop-Tisch bei gekreuzten Polarisatoren dreht, so stellt man fest, dass einige Mineralschnitte ausgelöscht oder «dunkel» bleiben. In diesem Fall wird die ankommende Lichtwelle durch den Analysator ausgelöscht. Dabei kann es sich um Schnitte senkrecht zur optischen Achse handeln, entlang der nur eine Lichtwelle passiert, die ebenfalls vom Analysator ausgelöscht wird oder um kubische Minerale, die nur einen Brechungsindex aufweisen wie Granat.

In der Mehrzahl der im Dünnschliff beobachteten Mineralschnittlagen entstehen aus der eintretenden Lichtwelle beim Durchqueren des Minerals zwei Lichtwellen mit einer mineralspezifischen Geschwindigkeitsdifferenz oder als Doppelbrechung bezeichnet. Die Geschwindigkeitsdifferenz erschliesst sich uns im Form der beobachteten Interferenzfarben. Zum Beispiel ist bei Quarz der Geschwindigkeitsunterschied oder die Doppelbrechung zwischen den beiden Brechungsindizes klein, und es werden bei einer Schlifffdicke von 30 µm graue bis maximal weisse Interferenzfarben beobachtet. Im Olivin ist die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen dem langsamen und schnellen Strahl deutlich höher, und die Farben sind leuchtend von blau bis rot wie man sie auch im Regenbogen beobachten kann. Es hängt eben alles von der Mineralschnittlage ab: Man erhält nicht die gleiche Doppelbrechung, ob man ein Prisma entlang seiner Längserstreckung, senkrecht dazu oder in einem beliebigen Winkel schneidet.

Auf die geniale Idee, dass man Geschwindigkeitsunterschiede von Lichtwellen in Farbtönen sichtbar machen kann, kam Auguste Michel-Lévy (in A. Michel-Lévy et A. Lacroix, *Les Minéraux des roches*, 1888), der damit der Mineralbestimmung im Dünnschliff einen bedeutenden Impuls gab.

Dritter Untersuchungsabschnitt: Konoskopie

Die Amici-Bertrand-Linse erlaubt die Untersuchung des Interferenzbildes und die Bestimmung des optischen Charakters und des Kristallsystems.

Weitere Hilfsmittel erlauben die Bestimmung von optischen Eigenschaften: der Kompensator von Jacques Babinet (1794-1872), der Komparator von Auguste Michel-Lévy (1844-1911), der Kompensator von Max Berek (1886-1949) oder der Universaltisch von Evgraf Stepanovich Fedorov (1853-1919). Sie werden heute allerdings kaum noch eingesetzt, aber ihre Benutzung wird in «*Traité de technique minéralogique et pétrographique de Louis Duparc*»

par exemple des prismes coupés perpendiculairement ou longitudinalement comme ceux des tourmalines; d'autres ont un relief tellement énorme qu'ils semblent sortir de la préparation comme les zircons ou les titanites; d'autres sont colorés comme les biotites; d'autres demeurent opaques comme la plupart des sulfures ou des minéraux métalliques; d'autres présentent un pléochroïsme spectaculaire, comme la thulite. A ce stade se révèlent généralement bien la structure de la roche, la variété et disposition des minéraux, leur taille, leurs inclusions, les altérations.

Si l'on travaille sur des minéraux en grains isolés on peut déterminer les indices de réfraction à l'aide de liqueurs étalonnées. Les minéraux cubiques ont un seul indice de réfraction. Les minéraux tétragonaux et hexagonaux ont deux indices de réfraction; leur axe optique (selon lequel voyage le rayon lumineux) coïncide avec l'axe cristallographique c. Les minéraux orthorhombiques, monocliniques et tricliniques sont décrits avec trois indices de réfraction; ils ont deux axes optiques orientés de façon très variable selon le minéral.

Deuxième étape: examen en lumière polarisée analysée (XPL ou LPA), dite entre nicols croisés

Pour comprendre le comportement de la lumière dans un minéral entre nicols croisés on va simplifier et traiter la lumière comme un seul rayon. Le rayon polarisé qui vibre dans un seul plan entre dans le cristal et se trouve dédoublé en deux rayons qui vibrent perpendiculairement l'un par rapport à l'autre; ils voyagent dans des directions différentes et à des vitesses différentes, résultant en un rayon lent et un rayon rapide avec un retard déterminé entre eux. Ces deux rayons et leur différence de vitesse seront composés dans l'analyseur et génèrent la biréfringence caractéristique du minéral.

En nicols croisés, on constate que certains minéraux transparents restent éteints, «noirs», lorsqu'on fait tourner la platine; un seul rayon en ressort et il est arrêté par le second polariseur orienté perpendiculairement au premier: il s'agit dans la plupart des cas de sections perpendiculaires à un axe optique ou de minéraux isotropes appartenant au système cubique, comme les grenats qui ont un seul indice de réfraction.

Dans beaucoup d'autres minéraux, la trajectoire des rayons lumineux est divisée en deux et fait apparaître la biréfringence. Ce phénomène coloré met en évidence la différence de vitesse entre les rayons; nous ne pouvons pas la voir mais elle se manifeste dans l'apparition de teintes caractéristiques. Par exemple dans le quartz la différence de vitesse est faible et le minéral apparaît dans des teintes grises en nicols croisés. Dans les olivines, la différence de vitesse est grande et l'on observe des teintes de polarisation vives et variées. Cela dépend de la direction de la coupe: les observations ne sont pas les mêmes si un prisme, par exemple, a été coupé dans sa longueur, transversalement ou en biais.

Découvrir le moyen de calculer la différence de vitesse de deux rayons lumineux à partir de l'observation des teintes de polarisation: cette idée est géniale! Auguste Michel-Lévy a fourni un abaque de ces teintes pour aider à la détermination des minéraux (in A. Michel-Lévy et A. Lacroix, *Les Minéraux des roches*, 1888).

Troisième étape: examen en lumière convergente

La lentille de Bertrand donne le moyen de poursuivre les examens en lumière convergente (conoscopie) et de connaître la classe optique et le système cristallin.

Des accessoires ingénieux permettaient de pousser très loin l'identification: le compensateur de Jacques Babinet (1794-



Abbildung 2: Dieser Calcithomboeder zeigt eindrücklich die Doppelbrechung: Die in den Kristall eintretende Lichtwelle wird in zwei Lichtwellen aufgespalten, die mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Richtungen durch den Kristall reisen, daher unterschiedliche Brechungsindizes aufweisen und so den Schriftzug unter dem Kristall doppelt abbilden.

Image 2: Ce cristal de calcite posé sur un texte illustre bien le phénomène de la biréfringence: le rayon qui entre dans ce minéral uniaxe est diffracté en deux rayons qui vibrent à des vitesses différentes: le rayon lent et le rayon rapide véhiculent l'image dans des directions différentes.

© S. Th. Schmidt

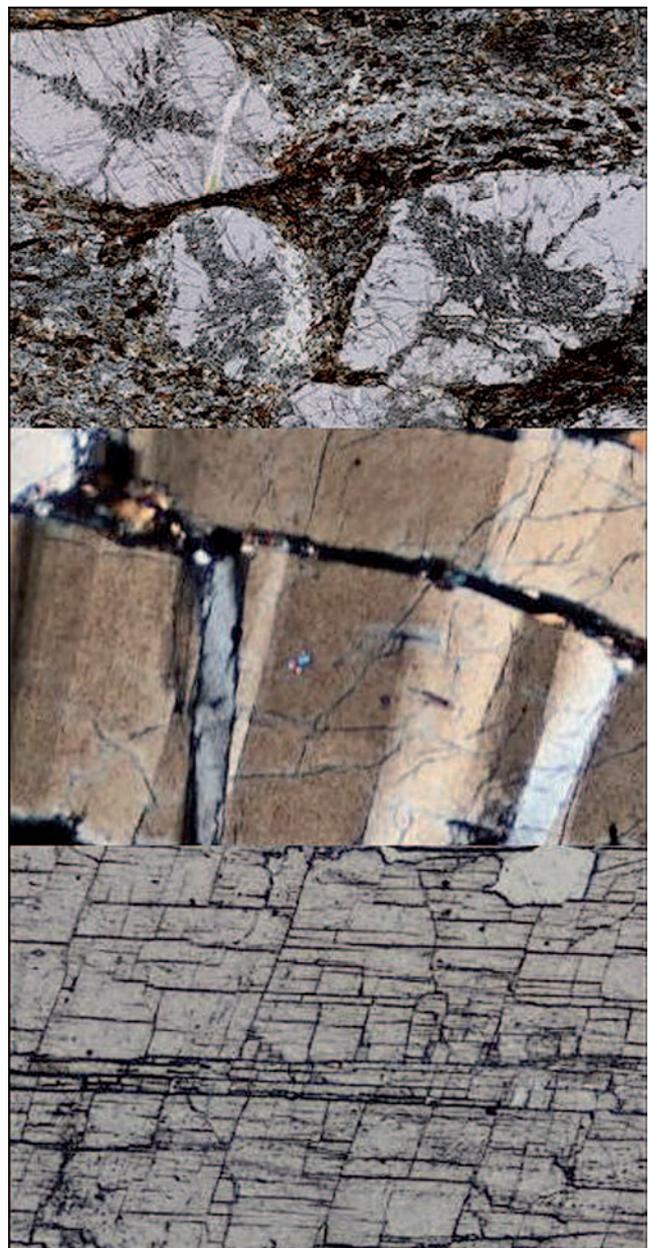


Abbildung 3: Drei Inseilsilikate (Nesosilikate) mit gleicher chemischer Zusammensetzung Al_2SiO_5 . Eine chemische Analyse würde eine Unterscheidung nicht erlauben, aber die Untersuchung mit dem Polarisationsmikroskop macht die Bestimmung von Andalusit, Sillimanit und Disthen möglich. Andalusit mit typischem Kreuz, Kerphalès, Bretagne, -N, 1.5 mm (coll. unige). Sillimanite mit Druck bedingter undulöser Auslöschung, Alpen, +N, 1.5 mm, unige. Disthen mit Spaltbarkeit, Piora, Tessin, -N, 1.5 mm, unige.

Image 3: Trois néosilicates de formule identique Al_2SiO_5 . Là où l'analyse chimique peine, le microscope polarisant permet une distinction aisée. Andalousite (inclusions cruciformes), Kerphalès, Bretagne, PPL (coll. unige). Sillimanite (extinction onduleuse), Alpes, XPL, unige. Kyanite (clivages), Piora, Tessin, PPL, unige.

Largeur des 3 images: 1.5 mm. © P. Perroud

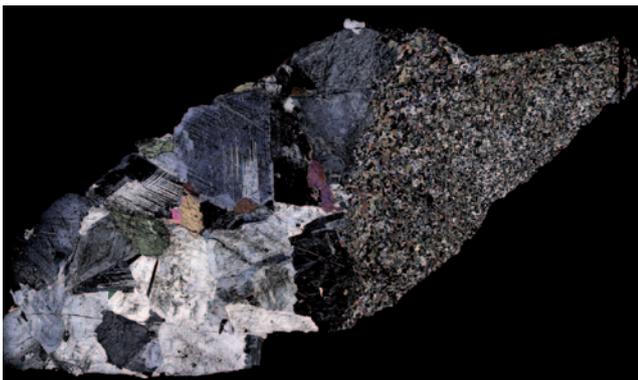


Abbildung 4: Gesteinsdünnschliff mit dem Kontakt zwischen einem Gabbro und «Issit». Der heute nicht mehr gebrauchte Name wurde von Duparc für ein Gestein geprägt, das hauptsächlich aus Hornblende besteht. Kamenouchka, Tal der Iss, Sverdlovsk oblast, Ural, Russland (34 mm x 23 mm).

Image 4: Lame mince de roche en lumière polarisée (PPL) et en lumière polarisée + analysée (XPL). Contact de gabbro avec «issite» (nom local donné par L. Duparc à une hornblendite). Kamenouchka, vallée de l'Iss, Sverdlovsk oblast, Oural, Russie (34 mm x 23 mm).

© P. Perroud

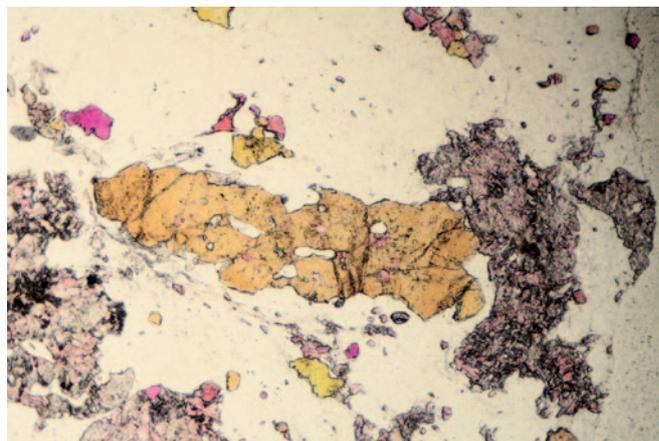
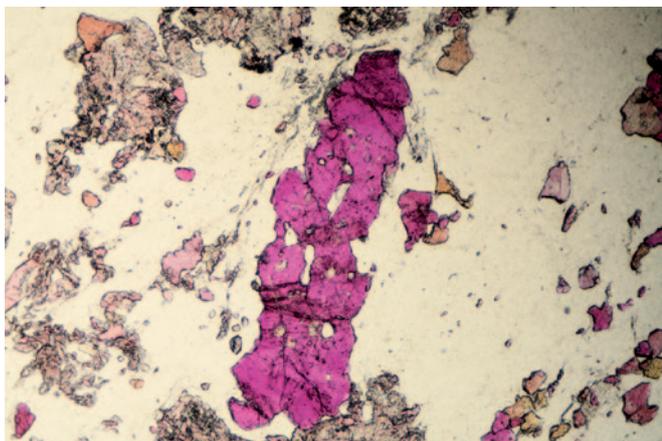


Abbildung 5: Ausgeprägter Pleochroismus bei Thulit im Hellfeld beim Drehen des Mikroskoptisches (-N). Horizontale Bildlänge 2.5 mm.

Image 5. Pléochroïsme. Changement de couleur de la thulite lorsqu'on tourne la platine du microscope en «lumière naturelle» (PPL). Largeur de l'image 2.5 mm.

✂ unige 📷 © P. Perroud

beschrieben und kann unter athena.unige.ch/athena/duparc/duparc.html eingesehen werden.

Das Suchprogramm OpticMin

Wenn man Minerale im Polarisationsmikroskop untersucht, muss man nicht nur das geeignetste Mineralkorn suchen, sondern auch noch die optischen Eigenschaften im Kopf haben und sich gleichzeitig zwischen den verschiedenen Schiebern, Blenden und Linsen durchmanövrieren. Es ist ermüdend und langweilig, stundenlang die Tabellen der Handbücher durchzusuchen; es ist nervig, die Brille immer wieder auf- und absetzen zu müssen, und man träumt, gleichzeitig, der indische Gott Vishnu mit vier Armen und der römische Gott Janus mit zwei Gesichtern zu sein. Das muss doch eigentlich eine ideale Aufgabe für den Computer sein: Soll er sich doch mit den Daten rumschlagen und mir das richtige Mineral aus der Datenbank herausfiltern!

Allerdings besteht erst einmal die Schwierigkeit darin, die wichtigen optischen Eigenschaften zu erfassen und die Zahl der möglichen Spalten zu beschränken, damit eine Tabelle mit den Resultaten bequem auf dem Bildschirm zu lesen ist. Einige Spalten fassen daher bestimmte optische Eigenschaften zusammen. Relativ leicht kann man Farbe, Habitus, Form, Spaltbarkeit, Verwilligung oder Doppelbrechung bestimmen. Die Bestimmung anderer optischer Eigenschaften, wie z.B. die Abschätzung des optischen Winkels $2V$ braucht mehr Wissen und Können am Mikroskop.

Spalte 1 (siehe Seite 38): Mineralname, chemische Formel, Mineralklasse, Mineralgruppe.

Spalte 2: Farbe im Hellfeld, Pleochroismus. Mit der Bestimmung der Farbe und der Änderung der Farbe beim Drehen des Mikroskoptisches beginnt jede optische Untersuchung.

Spalte 3: Mögliche Formen, Habitus. Viele Minerale treten im Schliff ohne klare Formen oder xenomorph auf, aber es ist immer gut, wenn man den Habitus z. B. in Form von primatischen, langgestreckten, rechteckigen oder hexagonalen Schnitten bestimmen kann.

Spalte 4: Spaltbarkeit und Bruch. Spaltbarkeiten in besonderen Schnittlagen sind charakteristisch wie die Spaltbarkeit von Amphibolen oder Pyroxenen. Man braucht Geduld beim Suchen!

Spalte 5: Verwilligung. Plagioklase zeigen fast immer eine polysynthetische Verwilligung, die ausserordentlich charakteristisch ist. Sie kann der von Cordierit ähneln, allerdings

1872), le comparateur d'Auguste Michel-Lévy (1844-1911), le compensateur de Max Berek (1886-1949), la platine universelle d'Evgraf Stepanovich Fedorov (1853-1919). Ils sont peu utilisés aujourd'hui et on en trouve une description dans le *Traité de technique minéralogique et pétrographique* de Louis Duparc disponible à athena.unige.ch/athena/duparc/duparc.html.

Le programme OpticMin

Lorsqu'on examine des minéraux au microscope polarisant, outre les multiples manipulations de l'instrument dans la quête du grain le plus utile et faute de pouvoir mémoriser toutes les données optiques des minéraux, on effectue une gesticulation continue entre les oculaires et les tables de détermination. C'est fastidieux de parcourir les indexes et de feuilleter les manuels; c'est embarrassant d'ôter et de remettre sans cesse les lunettes; on rêve d'être à la fois Vishnou et Janus. Mémoriser les données et chercher dans ces dernières, c'est une tâche pour l'ordinateur!

La difficulté consista à recenser les propriétés et à limiter le nombre de colonnes à afficher de façon que le tableau des résultats s'insérât le plus confortablement possible dans l'écran de l'ordinateur. Certaines colonnes regroupent deux propriétés. On peut assez facilement observer la couleur, l'habitus, la forme, les clivages, les macles, la biréfringence; d'autres manipulations demandent plus de savoir-faire: indice de réfraction, angle $2V$.

Colonne 1 (voir page 38): Nom du minéral, formule chimique, classe, groupe. Evidemment, cela ne se voit pas sous le microscope.

Colonne 2: Couleur observée en lumière polarisée non analysée, pléochroïsme. La couleur et les changements de couleur lorsqu'on fait tourner la platine du microscope sont des observations qui permettent d'effectuer un premier tri.

Colonne 3: Formes fréquemment observées, habitus. Beaucoup de minéraux apparaissent comme des individus aux contours irréguliers ou xénomorphes, mais il est utile de déceler des prismes, des fibres, des sections carrées, hexagonales ou autres.

Colonne 4: Clivages et cassures. Certains clivages, observés sur une section bien orientée, sont caractéristiques, comme ceux des amphiboles ou des pyroxènes. Il faut souvent les chercher avec patience!

Colonne 5: Macles. A titre d'exemple les plagioclases pré-

tritt sie dort nicht so gleichmässig und häufig wie bei Plagioklas auf.

Spalte 6: Auslöschung und Bestimmung des optischen Charakters in Längsschnitten mit dem Hilfsobjekt Rot I. Ordnung. Der Auslöschungswinkel in definierten Schnittlagen ist mineralspezifisch. Für eine erste Bestimmung der Zusammensetzung der Plagioklase (wichtig, denn sie machen einen Grossteil am Aufbau unserer Erdkruste aus) mit Hilfe des Auslöschungswinkels verweist OpticMin auf ein Programm von Christian de Capitani. Heute bestimmt man die chemische Zusammensetzung von Plagioklas eher mit der Elektronenstrahlmikrosonde.

Spalte 7: Doppelbrechung. Kennt man die Dicke des Schliffes (normalerweise 30 μm) und die Doppelbrechung mit der entsprechenden Interferenzfarbe aus der Michel-Lévy-Tabelle, so kommt man mit der Bestimmung eines Minerals schon einen deutlichen Schritt vorwärts.

Spalte 8: Relief im Vergleich zu den umgebenden Mineralen, Brechungsindizes. Das zu untersuchende Gestein wird mit Kanadabalsam (Brechungsindex zwischen 1.510 bis 1.540, je nach Hersteller, Etikette beachten) auf einem Objektträger aufgeklebt und auf 0.03 mm runtergeschliffen. Da man den Brechungsindex des Einbettungsmittels kennt, kann man nun den Brechungsindex der angrenzenden Minerale abschätzen. Man kann auch mit häufig auftretenden Mineralen wie Quarz vergleichen. Einige Minerale haben ein mehr oder weniger starkes Relief und scheinen aus dem Dünnschliff herauszuaragen wie Zirkon oder Spinel. OpticMin ist nicht ausgelegt, die richtigen Werte aus einem Meer von Daten herauszufischen, sondern braucht die Eingabe so konkret wie möglich.

Spalte 9: Indikatrix, Kristallsystem. Mit Hilfe der Amici-Bertrand-Linse erhält man die Interferenzfigur und kann bestimmen, ob es ein ein- oder zweiachsiges Mineral ist.

Spalte 10: Optischer Achsenwinkel 2V. Mit Hilfe der Interferenzfigur kann man in geeigneten Schnittlagen den Winkel zwischen den optischen Achsen bestimmen. Ebenso die Dispersion, die bei manchen Mineralien mit der Wellenlänge des benutzten Lichtes stark variieren kann.

Spalte 11: Auftreten, Paragenese, Umwandlung. Hier musste man die möglichen Eingaben stark begrenzen, aber die möglichen Angaben sind sicher bei einer Entscheidung sehr hilfreich, wenn auch die Bandbreite des Auftretens der Minerale und ihre möglichen Paragenesen sehr vielfältig sind.

Benutzung des Programms

Das Programm wurde im Kurs «Minéralogie optique» von Susanne Th. Schmidt an der Universität in Genf getestet, wo es gleichzeitig mit dem «P'tit guide de minéralogie optique» benutzt wird. Natürlich muss man sich erst mit dem Programm vertraut machen. Die kurze Gebrauchsanweisung am Beginn der Webseite erklärt die Begriffe und benutzten Symbole. Nur diese werden von der Suchmaschine erkannt. Die benutzte Sprache ist Englisch, so dass auf Akzente oder Umlaute verzichtet werden kann.

Am Ende jeder Spalte steht ein Kästchen, in das man seine Beobachtungen eingibt, allerdings mit der Vorgabe, dass man nur die in der Datenbank vorgesehenen Begriffe als Suchbegriffe benutzen kann. Man kann nicht irgendein beliebiges Wort eingeben, sondern nur die Begriffe, die dafür in der Datenbank definiert sind. Nach jeder neuen Eingabe reduziert sich die gefundene Anzahl der Minerale. Bleiben nur noch wenige übrig, so fällt die Auswahl und Bestimmung leichter.

Beispiel 1: Im Hellfeld erscheint das Mineral himmelblau, und man schreibt «blue» in die Spalte «color». Das Programm listet nun 31 Minerale mit blauer bis himmelblauer Farbe und einem blauen Pleochroismus auf. Das Mineral

sentent très fréquemment des macles polysynthétiques très caractéristiques. Elles peuvent ressembler à celles de la cordiérite, mais ces dernières ne sont pas si fréquentes et régulières.

Colonne 6: Extinction, signe de l'allongement. L'examen du signe de l'allongement nécessite l'introduction d'un accessoire optique: une lame compensatrice. L'angle d'extinction est souvent caractéristique. En ce qui concerne les plagioclases (encore eux! mais ils représentent une très importante partie des minéraux de la croûte terrestre) la base de données renvoie à un programme de calcul de Christian de Capitani pour les différencier. De nos jours, la composition des plagioclases est généralement déterminée à l'aide de la microsonde électronique.

Colonne 7: Biréfringence. Quand on connaît l'épaisseur de la lame mince (normalement 30 μm) et la couleur de la biréfringence, on peut avancer dans l'identification d'un bon nombre de minéraux courants grâce à l'abaque de Michel-Lévy.

Colonne 8: Relief par rapport aux minéraux adjacents, indices de réfraction. La section de roche de 0.03 mm est collée sur une lame de verre avec du baume du Canada dont l'indice de réfraction se situe autour de 1.510–1.540 (vérifier sur l'étiquette!). Cet indice étant connu, on peut avoir, par comparaison, une idée des indices des minéraux. Il est possible aussi d'établir des comparaisons avec des espèces fréquemment rencontrées dont on connaît les indices, comme le quartz. On observe que des minéraux ont un relief plus ou moins marqué; certains semblent surgir de la lame mince, comme le zircon ou les spinelles. OpticMin n'est pas programmé pour trouver des résultats variant dans une plage de valeurs.

Colonne 9: Indicatrice, système. En utilisant la lentille de Bertrand on obtient des figures d'interférence qui révèlent à quel milieu optique uniaxe ou biaxe et à quel système cristallin appartient le minéral.

Colonne 10: Angle 2V, dispersion. Avec la lentille de Bertrand, on découvre des figures permettant de mesurer l'angle entre les deux axes optiques des minéraux biaxes. La dispersion est caractéristique de certains minéraux biaxes dont l'angle des axes optiques peut varier en fonction de la longueur d'onde de la lumière utilisée.

Colonne 11: Occurrence, paragenèse, altération. Le champ de cette colonne est vaste, il a fallu limiter le nombre de données; mais les indications peuvent aider à la décision. Les informations sont manifestement restreintes, tant la variété des occurrences et paragenèses est grande.

Utilisation du programme

Ce programme a été testé dans le cours de microscopie de Susanne T. Schmidt à l'Université de Genève, où il apporte un complément au «P'tit guide de minéralogie optique» que reçoivent les étudiants. Au départ, il est impératif de se promener dans la base de données pour se familiariser avec elle. Le bref mode d'emploi qui se trouve en tête de la page Web permet de prendre connaissance des termes et symboles utilisés: le moteur de recherche ne trouvera que ces derniers en non pas n'importe quel mot. Pour des raisons pratiques la langue utilisée est l'anglais, avec son alphabet rudimentaire sans accent ni Umlaut.

En bas de chaque colonne il y a une case dans laquelle on inscrit un mot désignant ce que l'on a observé: couleur, clivage, relief, etc. A chaque nouvelle information tapée le nombre de minéraux qui répondent aux critères se restreint. Quand il n'en reste plus que quelques-uns, le choix devient plus aisé.

bleibt beim Drehen des Tisches unter gekreuzten Polarisatoren ausgelöscht und man schreibt «isotrope» in die Spalte «indicatrix». Das Programm gibt nun 3 Feldspatvertreter zur Auswahl.

Beispiel 2: Das Mineral ist «colorless»: 119 Minerale stehen zur Auswahl. Die Spaltbarkeit ist «perfect», und die Anzahl der Minerale verringert sich auf 56. Man beobachtet eine gerade Auslöschung oder parallel dem Fadenkreuz und schreibt «//» in die Spalte. Nun werden 30 Minerale aufgelistet. Die konoskopische Bestimmung ergibt ein zweiachsig positives Mineral, und man gibt diese Beobachtung in die Spalte «indicatrix» ein. Es bleiben 10 Minerale übrig. Das Mineral tritt in einem Basalt auf, und man schreibt «basalt» in die letzte Spalte. Von anfangs 119 möglichen Mineralen hat das Programm uns 3 herausgefiltert, und es wird einfach sein, sich für das richtige Mineral entscheiden zu können.

Beispiel 3: Das Mineral ist «colorless», und 119 Minerale werden angegeben. Es zeigt polysynthetische Verzwillingung, und man schreibt «poly» in die Spalte «twinning». Eine Liste mit 8 Mineralen erscheint. Darunter befinden sich auch die Plagioklase. Wenn man auf «Calculate with Ch. de Capitani» klickt, wird man auf ein Programm von Ch. De Capitani verwiesen, mit dem man die Zusammensetzung der Plagioklase berechnen kann.

Manchmal muss man sich langsam vortasten. Es ist immer von Nutzen, sich zu irren und dies auch selbst herauszufinden, denn man gewinnt dadurch Erfahrung. Wenn man sich z.B. nicht sicher ist, ob man ein positiv niedriges Relief oder ein mittleres Relief eingeben soll oder ob eine Spaltbarkeit «good» oder «perfect» ist oder ob eine Doppelbrechung einem Blau zweiter oder dritter Ordnung, also «2nd» oder «3rd» entspricht, dann versucht man mit allen Möglichkeiten und wägt die erhaltenen Resultate ab.

Schlussfolgerung

Das Suchprogramm OpticMin erlaubt auf Grund weniger Beobachtungen der optischen Eigenschaften eines Minerals eine erste Bestimmung, die mit Hilfe der gängigen Fachliteratur weiter verfeinert werden kann. Die Mineralogie ist eine wissenschaftliche Disziplin und nicht gefeit gegen mögliche Irrungen. Die Genauigkeit gehört eher zur Kunst. Man kann nicht die Farben eines Kunstwerkes abändern oder die Notenabfolge in einer Sonate: Mona Lisa wird sich selbst für alle Ewigkeiten treu bleiben. Die Wissenschaft hat das Privileg, sich auf intelligente Weise zu irren und überarbeitet ständig ihre Modelle: ein bestes Beispiel hierfür ist das Atommodell, das sich unaufhörlich weiterentwickelt, aber in seinen Grundzügen bestehen bleibt.

Die Absicht ist also nicht nur, die Methode zu unterrichten, sondern eher zu zeigen, wie ich mir diese Aufgabe erleichtert habe und in der Hoffnung, dass es auch für andere so leichter mögen würde. Auf Vorschlag von Susanne Theodora Schmidt ist es über das Internet zugänglich und steht den Studierenden so jederzeit zur Verfügung. Zusätzlich zu den optischen Daten sind weiterhin mikroskopische Abbildungen mit den wichtigsten Merkmalen in Vorbereitung.

OpticMin befindet sich unter «<http://athena.unige.ch/>». Da es sich in der Anlaufphase befindet, braucht es (und es genügt) ein Login, das man leicht erfragen kann. Alle Kommentare und Korrekturen sind natürlich herzlich willkommen!

Deutsche Übersetzung:
Susanne Theodora Schmidt, Petrology and Volcanology,
Section of Earth and Environmental Sciences,
Universität de Genève.

Exemple 1: Le minéral apparaît bleu ciel en lumière polarisée non analysée; on entre «blue» dans la colonne «color»: le programme affiche 31 minéraux qui ont une couleur bleue ou bleu ciel ou un pléochroïsme avec du bleu. Le minéral est toujours éteint en lumière polarisée et analysée: on entre «isotropic» dans la colonne «indicatrix» et le programme invite à poursuivre la recherche pour discerner 3 feldspaths.

Exemple 2: Le minéral est «colorless»: 119 résultats. Le clivage est «perfect»: il reste 56 résultats. On remarque que l'extinction est parallèle aux fils du réticule et l'on entre: «//»: restent 30 espèces. Une observation en conoscopie révèle que le minéral est biaxe positif, on entre «B(+)» dans la colonne «indicatrix»: il reste 10 espèces. Le minéral se trouvait dans un basalte, on essaie «basalt» dans la dernière colonne et il reste 3 minéraux à choix et à examiner avec prudence.

Exemple 3: Le minéral est «colorless»: 119 résultats. Il présente des macles polysynthétiques et il suffit d'entrer «poly» dans la colonne «twinning»: parmi les 8 résultats il y a de nombreux plagioclases. Si l'on clique sur «Calculate with Ch. de Capitani» dans la colonne «extinction» on est dirigé vers un programme qui permet de discerner ces feldspaths.

Parfois on doit avancer à tâtons. Par exemple, si l'on hésite entre un relief positif bas ou moyen «L(+)» ou «M(+)», ou bien entre un clivage «good» ou «perfect», ou bien une biréfringence bleue du 2e ou du 3e ordre, «2nd» ou «3rd», alors il est recommandé de faire plusieurs essais. C'est très profitable de se tromper et de s'en rendre compte car on accroît son expérience.

Conclusion

Ce programme permet d'accéder à des résultats raisonnablement plausibles dont l'examen peut être poursuivi avec des ouvrages et des moyens spécialisés. La minéralogie est une discipline scientifique; elle est donc affectée par l'incertitude inhérente à la recherche. L'exactitude appartient au domaine de l'art: on ne peut pas changer les couleurs d'un tableau ou les notes d'une sonate sans les pervertir: la Joconde reste telle qu'en elle-même pour l'éternité. La science a le privilège du doute intelligent et elle remanie continuellement ses conceptions: même le modèle de l'atome est sans cesse modifié.

La base de données était destinée à un usage personnel. Le dessein n'est donc pas d'enseigner la méthode à suivre, mais de faire voir comment j'ai essayé de me faciliter la tâche, si cela peut être utile à d'autres. A la suggestion de Susanne T. Schmidt ce support a été installé sur l'Internet et mis à la disposition des étudiants. Des planches avec des photos sont en cours d'installation.

OpticMin est accessible à «<http://athena.unige.ch/>». Comme il est en période de rodage, il faut (et il suffit) de demander un login à l'auteur: pierre.perroud@unige.ch. Les commentaires et corrections sont bienvenus.

Pierre Perroud, Minerals Resources and Geofluids,
Section of Earth and Environmental Sciences,
Université de Genève. pierre.perroud@unige.ch