

NGB-Exkursion auf den Gornergrat am 12.10.2019

Autor(en): **Giger, Matthias**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern**

Band (Jahr): **77 (2020)**

PDF erstellt am: **14.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-869441>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

NGB-Exkursion auf den Gornergrat am 12.10.2019

Autor

Dr. Matthias Giger,
Thun (NGB-Mitglied)

Anlass: Diese Exkursion wurde von Prof. Dr. Markus Leuenberger (Climate and environmental physics; Universität Bern) und von Dr. Timm Riesen (Centre for Space and Habitability, Universität Bern sowie Stellarium Gornergrat) für NGB-Mitglieder sowie weitere Interessierte angeboten.

Prof. Dr. Jörg Hermann vom Geologischen Institut der Universität Bern erläutert die **Geologie**: Auf dem Gornergrat selbst stehen ultramafische, metamorphe Grünschiefer der Zone Zermatt–Saas Fee an (siehe auch tektonische Skizze). Man bezeichnet diese umgewandelten Gesteine als Serpentinite, da sie vorwiegend aus Serpentinmineralien und Magnetit bestehen (Elemente: Mg, Si, Fe; zudem Wasser H₂O). Ursprünglich waren diese Gesteine Teil des Erdmantels («Sima», also mit Si und Mg als dominanten Elementen) unter dem ehemaligen Tethys-Ozean des Erdmittelalters. Die Serpentinisierung erfolgte in der Nähe des Ozeanbodens, in einigen km Tiefe. Die Ozeankruste war damals noch einige hundert Grad heiss, und das eindringende Wasser vom Ozeangrund führte zur Serpentinbildung. Da Serpentinmineralien (hier Antigorit) über einen grossen Druck p – Temperatur T – Bereich stabil sind, lässt sich daraus der Grad der späteren alpinen Metamorphose nicht so gut ableiten (Anmerkungen zur alpinen Metamorphose siehe unten).

Das Alter der Ozeanbildung selbst konnte am Allalingsabbro bestimmt werden (165 Ma oder Megajahre; U-Pb-Zirkonalter). Durch Extension bildete sich damals ein fossiler Ozean mit dünner Kruste und untiefem Mantel, die alpine Tethys. Dieser Ozean war

im Gebiet des Wallis bis 1000 km breit. Die Prozesse der Ozeanbildung werden auch durch Pillow-Laven belegt. Diese Kissenlaven entstehen, wenn heisse Lava am Ozeanboden mit kaltem Meerwasser in Kontakt kommt und sehr rasch erstarrt, also abgeschreckt wird. Die tektonische Einengung und Subduktion (Versenkung) von Ozeankruste setzte vor etwa 100 Ma ein, also in der mittleren Kreidezeit.

Gute Indikatoren für die Metamorphose der Gesteine bei der Subduktion sind metamorphe Pillow-Laven, wie sie an der Pfulwe (W Rimpfischhorn) vorkommen. Es handelt sich um Eklogite mit Omphacit und Granat. Solche Gesteine bilden sich bei hohem Druck (in 80 bis 90 km Tiefe), aber nicht allzu hoher Temperatur (550 °C bis 580 °C). Somit war der geothermische Gradient in dieser Subduktionsphase gering (nur 6 °C bis 7 °C/km; zum Vergleich: In der kontinentalen Kruste beträgt dieser Wert rund 30 °C/km). Bei der Subduktion kam es somit zum «kalten underplating», d.h. die relativ «kalte» und an radioaktiven Elementen eher arme Ozeankruste wurde in die Tiefe und unter den Südkontinent («Afrika») gezogen. Das Alter der Eklogit-Bildung konnte an verschiedenen Mineralien (Zirkon, Granat, Hellglimmer) ermittelt werden, dies mit den unterschiedlichen Datierungs-Methoden (U-Pb, Sm-Nd, Lu-Hf und Ar-Ar). Es liegt bei rund 45 Ma.

Ab 32 Ma (Oligozän; Tertiär) beginnt die Hebung. Prozess: Als sich ein dichter «slab» (Platte) von den versunkenen Ozeankrustenteilen löste, kam es zu Rebound-Effekten und schliesslich zu einer Hebung (leichteres Krustenmaterial «schwimmt oben auf» und drängt nach oben). Die Hebung in tektonischen Kol-

lisionszonen kann auch mit isostatischem Ausgleich erklärt werden. Unter Isostasie versteht man die Einstellung eines hydrostatischen Gleichgewichts in der Erdkruste, d.h. relativ leichteres Material schwimmt oben auf und es gibt auch Ausgleichsbewegungen durch Entlastung. In dieser Region gibt es eine Entlastung durch die Abtragung aber auch durch das Schmelzen der eiszeitlichen Eismassen, dem «Eisplateau Mattertal» (die letzte grosse Vergletscherung erreichte vor 30000 Jahren ihren Höhepunkt; Eisdicke bei Zermatt damals etwa 1500 m).

Die Zone mit Grüngesteinen, (Meta-)Basalten und Gabbros erstreckt sich von Zermatt nach Saas-Fee. Gesteine ozeanischer Herkunft finden sich auch anderswo in den Suturen zwischen den kontinentalen Platten, so im Kanton Graubünden (Arosa-Zone und Platta-Decke; Unterengadiner Fenster), in Österreich (Tauernfenster), im Balkan, im Nahen Osten (Türkei, Iran, Oman), im Himalaya-Gebirge usw. – ja sogar im fernen Neuseeland!

Gebirgsbau (Tektonik) bei Zermatt: Zum «südalpinen» Kontinent bzw. zu «Afrika» gehört das Matterhorn, im Unterwallis als Cervin benannt (Höhe 4477 m). Auf der tektonischen Karte ist das «Südalpin» als «Ostalpin» ausgeschieden, weil Gesteine des «südalpinen» Kontinents im Osten der Alpen, von der Silvretta ostwärts, die Zentralalpen dominieren. Der grösste Teil des Matterhorns gehört zur ostalpinen Dent-Blanche-Decke (genauer zur Arolla-Serie dieser Decke), auf der tektonischen Skizze (unten) orange dargestellt. Der Gipfelaufbau des Matterhorns (gelb dargestellt) gehört zur, ebenfalls ostalpinen, Valpelline-Serie und liegt tektonisch noch über der Arolla-Serie.

Breithorn, Gornergrat, Rimpfischhorn, Strahlhorn und Allalinhorn gehören zur Zone Zermatt–Saas Fee (Oberpenninikum). Es handelt sich um die Reste des alten Tethys-Ozeans (ozeanische Kruste), die durch Subduktion und Alpenbildung metamorph überprägt wurden (siehe oben).

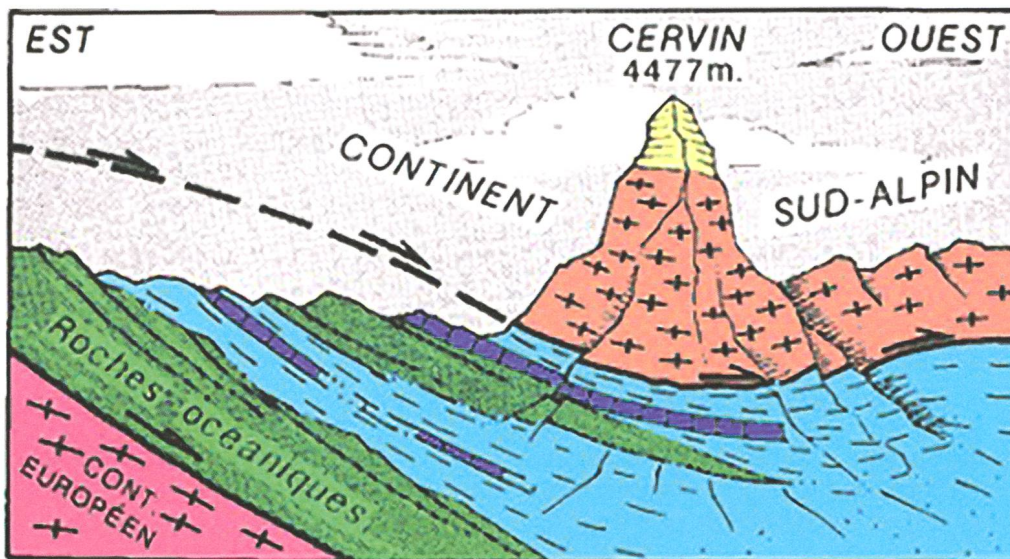


Abb. 1: Tektonische Skizze (West-Ost-Profil; vom Matterhorn bis zum Plateau des Zermatter Breithorns; nach A. Escher und H. Masson 1984)

Höchste tektonische Einheiten; Ostalpin
 («Afrika»): Dent-Blanche-Decke; Valpelline-Serie (gelb dargestellt)

Monte-Rosa-Decke
 Granitgneise
 (kontinentale Kruste)

Oberpenninikum; Zone Zermatt–Saas-Fee
 (Reste der ozeanischen Kruste) mit Metabasalten, Metagabbros, Ophiolithen (grün), Metasedimenten (violett)

Unter der ozeanischen Kruste des Oberpenninikums folgt die Monte-Rosa-Decke (Meta-Granite bzw. Granitgneise; rot dargestellt). Nach Osten hin steigen diese oberkarbonischen Granitgneise auf und bilden, südöstlich unseres Standorts auf dem Gornergrat, mit dem Monte Rosa (bis 4634 m hoch) den markanten Abschluss des vergletscherten Tals.

Prof. Dr. Fabian Walter von der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH erläutert nun die **Glaziologie**: Das Gebiet des Gornergletschers ist immer noch das zweitgrösste Gletschergebiet der Alpen (Gletscherlänge bis 12 km; Gesamtfläche mit Nebengletschern rund 50 km²), obwohl die «Entgletscherung» rapid voranschreitet! Der Gletscherrückgang begann zwar schon mit dem Ende der «Kleinen Eiszeit», die von etwa 1450 bis 1850 andauerte. Erwärmung und Gletscherrückgang haben sich in jüngster Zeit (seit ca. 1990) beschleunigt, und der menschliche Einfluss auf die Erwärmung ist mittlerweile unbestritten.

Schwinden die Gletscher weiter, müssten grosse Stauseen die Sommertrockenheit kompensieren.

Dramatisch ist die in den letzten Jahren (mit warmen Sommern) erfolgte, fast vollständige Trennung des Gornergletschers, der beim Stockhorn und dem Jägerhorn seinen Ursprung hat, vom aktiveren und stabileren Grenzgletscher (siehe dazu *Abb. 2a und 2b*). Somit kann der untere Gletscherteil bald nicht mehr als «Gornergletscher» bezeichnet werden! Eine topografische Umbenennung drängt sich damit auf.

Unterhalb der Monte-Rosa-Hütte hat sich ein neuer, grüner Schmelzwassersee gebildet. An dieser Stelle konnten in den letzten Jahrzehnten verschiedene Abflussprozesse beobachtet werden, abrupte und stetige. Im Moment fliesst der See einfach über und der Bach verschwindet im Gletscher (harmloser Prozess). Einige Zeit kalbte der Grenzgletscher in den See und es wurden grosse Was-

sermengen gestaut (*Abb. 2a*), die in kurzer Zeit abfliessen konnten. Prozess: Wenn der angrenzende Gletscher im Sommer vom anfallenden Schmelzwasser angehoben wurde und das Wasser schliesslich rasch unter dem Eis abfloss, führte dies zu Hochwassern und Überflutungen vor der Gletscherzunge. Ähnliche Prozesse waren bis etwa 1915 auch im Aletschgebiet zu beobachten, wo der Märjelsee grosse Wasserausbrüche erzeugte, die talabwärts, z.B. in Naters, gefährdet waren.

Auf dem Gornergrat lässt sich auch die Dynamik eines Gletschers grundsätzlich erklären: Im Nährgebiet gibt es eine Netto-Akkumulation, im Zehrgebiet eine Netto-Ablation (Abschmelzen). Die Gleichgewichtslinie trennt das Nährgebiet vom Zehrgebiet. Diese liegt heute deutlich über 3000 m (dem klassischen Wert) – im Jahre 2019 auf mittlerweile fast 3300 m bis 3400 m!

Eine Besonderheit ist der polythermale Grenzgletscher: Weil sein Einzugsgebiet so hoch liegt (teils über 4300 m), ist er oben ein kalter Gletscher (seine Temperatur im Innern liegt tief unterhalb 0 °C, typischerweise bei etwa -13 °C). Somit sind die Vorgänge im oberen Teil des Gletschers vergleichbar mit Gletschern in Grönland: Das Eis ist sehr fest, die Fliessprozesse langsam, das Eis relativ alt. Auf dem Colle Gnifetti (4455 m) beträgt das grösste Alter des Eises 13 000 bis 15 000 Jahre (Datierungs-Methode ¹⁴C). Sonst sind die meisten Alpengletscher «warme» Gletscher, d.h. ihre Temperatur liegt nahe 0 °C bzw. beim Druckschmelzpunkt (bei einem Druck von 500 bar beispielsweise gefriert Wasser erst etwa bei -4 °C). Solche Gletscher fließen im Mittel schneller, ihr Eis ist deutlich weniger alt.

Im Grenzgletscher fliesst eine Schicht mit kaltem Eis nach unten und kommt unterhalb der Monte-Rosa-Hütte wieder an die Gletscheroberfläche. Das Eis ist dort härter sowie spröder und es kommt zum oberflächlichen Abfluss und der Bildung von kleinen, mäandrierenden Erosions-«Canyons» (direkt südlich und unterhalb des Gornergrats sehr schön zu beobachten! Siehe auch *Abb. 3d*). Es scheint, dass sich dieses kalte Eis dem Abschmelzen besser widersetzt, als die benachbarten, warmen Gletscher!

Abb. 2a (oben; 1967; aus Zermatter Prospekt) und **2b (unten; Oktober 2019;** von Matthias Giger). Sie zeigen die dramatischen Veränderungen rund um den Monte Rosa (4634 m), dem höchsten Berg der Schweiz. Insbesondere der Gornergletscher (links in der *Abb. 2a und b*) ist stark zurückgegangen und verliert nun den Kontakt zum Grenz- gletscher (rechts in der *Abb. 2a und b*). 1967 gab es noch einen grossen Schmelzwasserstausee mit Eisschollen (entstanden durch das «Kalben» des Grenz- gletschers). 2019 ist nur noch ein kleiner, grüner Schmelzwassersee übrig geblieben!



**Abb. 2a
(1967)**



**Abb. 2b
(2019)**

Bilder der Zwillinge und des Breithorns (4164 m):



Abb. 3a: Zustand um **1900** am Ende der «Kleinen Eiszeit» (Panorama im Alpineum Luzern). In der Bildmitte ist der markante mehrgipflige Berg des Zermatter Breithorns dargestellt und links davon die firn- und eisbedeckten Zwillinge (Pollux und Castor).



Abb. 3b: Annähernd gleicher Ausschnitt am **31.7.2013** (Matthias Giger). Der Schwärzegletscher hat Kontakt zum grossen Gornergletscher (vorne unten), der Breithorn-gletscher (rechts davon und unterhalb des Breithorns) hat dagegen den Kontakt zum Gornergletscher schon verloren!



Abb. 3c: Nochmals annähernd gleicher Ausschnitt am **17.10.2017** (Matthias Giger). Der Schwarzegletscher (Mitte) hat gerade noch Kontakt zum Hauptgletscher, ist aber auf dem Rückzug.



Abb. 3d: Gleicher Ausschnitt am **12.10.2019** (Matthias Giger). Nach zwei weiteren Hitzesommern hat der Schwarzegletscher (Mitte) den Kontakt zum Hauptgletscher (vorne, unten) ganz verloren. Interessant sind die, von Schmelzwasser gebildeten, Mäander und Canyons im «kalten Eis», das vom Grenzgletscher kommt (vorne unten).

Ausblick auf die Zukunft: Es gibt Zyniker, die behaupten, dass wir in der Schweiz auch ohne Gletscher auskommen könnten, so wie die USA vielerorts in den Rocky Mountains, z.B. in Colorado. Statistiken zeigen, dass die Schnee- und Eisschmelze immer früher (Juni) und heftiger einsetzt. 2019 war hinsichtlich der sehr raschen Schmelze der mächtigen Winterschneedecke besonders extrem: Obwohl es Anfang Juni noch Massen von Schnee gab (winterliche Verhältnisse im Hochgebirge), war die Abschmelzung bis Ende Juli vergleichbar mit der Abschmelzung in den Hitzesommern der Vorjahre. Extreme Hochwasser im Frühjahr und Frühsommer werden künftig häufiger vorkommen, Dürren im Sommer werden intensiver sein und länger andauern (wie 2018). Die Gletscher hatten und haben also einen ausgleichenden Einfluss

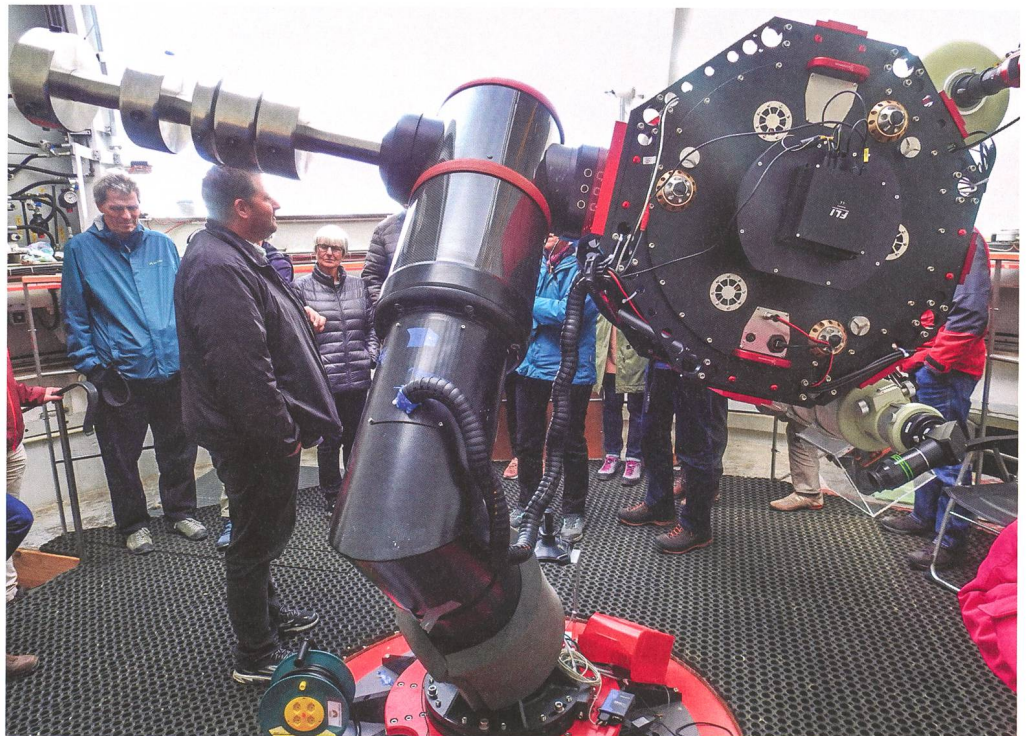
auf die Hydrologie – ihr weiterer Rückgang wird sich negativ auswirken! Zur Kompensation könnte man neue Talsperren bauen und bestehende erhöhen (Ziel: Mit Stauseen Gletscher imitieren!). Eine Studie dazu, wird aktuell durchgeführt!

Dr. Timm Riesen Centre for Space and Habitability stellt das **Stellarium** vor: Mit dem Projekt Stellarium soll die Astronomie Jugendlichen und einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Getragen wird das Stellarium durch die Internationale Stiftung HFSJG (Hochalpine Forschungsstationen Jungfraujoch und Gornergrat).

Das Hauptteleskop («Deep Sky»; 60 cm Spiegel) hat ein ungewöhnlich weites Gesichtsfeld (etwa 1°) und lässt Aufnahmen von grossen Objekten oder von Objektgruppen zu (Mond; Orionnebel; Spiralnebel usw.). Es gibt auch noch ein Planetenfernrohr (kleines Gesichtsfeld; mit guter Auflösung). Durch Filmen und durch elektronisches Komponieren der Planetenbilder lassen sich sehr scharfe Bilder gewinnen. 90% der Bilder werden bei dieser Bearbeitung verworfen. Als Beispiel wird eine sehr

Das Stellarium steht offen für Schulen, Lehrpersonen und Beobachtungen in Gruppen.

Abb. 4a: Dr. Timm Riesen erklärt das 60 cm Spiegelteleskop «Deep Sky». (Foto: Matthias Giger)



detailreiche Aufnahme von Jupiter gezeigt. Zudem gibt es einen Refraktor mit einem Okular für visuelle Beobachtungen sowie eine Sternfeld-Kamera. Es wird aktuell nur noch die südliche Kuppel genutzt, die nördliche ist nicht betriebsbereit! Obwohl der Gornergrat einer der dunkelsten Orte der Schweiz ist, stört im Süden das Licht der Grossräume Milano und Turin – die «Lichtverschmutzung» ist also mittlerweile auch hier ein Thema!

Abb. 4b: Eine Besonderheit des Stellariums ist der Blick auf die umgebenden Viertausender (hier Zinalrothorn; links und Weisshorn), wenn die Kuppel der Sternwarte geöffnet wird!
(Foto: Matthias Giger)



Abb. 5: Andromeda-Galaxie (M31). Mit dem «Deep Sky» Teleskop lässt sich diese Galaxie im Detail fotografieren und studieren, dies trotz eines Abstands von 2,5 Millionen Lichtjahren! (Quelle: Universität Bern; Foto: Stellarium Gornergrat [2017])