Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft des Kantons Glarus
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft des Kantons Glarus
Band: 9 (1954)

Artikel: Geologie
Autor: Amstutz, Christian
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1046740

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Geologie

Christian Amstutz

Steigen wir frühmorgens hinauf zu einem der trutzigen Felsköpfe im Glarner Freiberg oder überschauen wir am Abend von einer traulichen Hütte aus die durchwanderten Weiden und die erklommenen Höhen, so mag uns neben der Freude an der Schönheit der Natur und der Ehrfurcht vor all der Größe und Wucht auch etwa die Frage nach der Entstehung und Zusammensetzung dieses Gebirges und seiner mannigfaltigen Bausteine auftauchen.

Das Felsgestein ist ja mit dem aus ihm entstandenen Boden der Träger und Ernährer der Tier- und Pflanzenwelt und somit eine wichtige Voraussetzung des Lebens überhaupt. Die wissenschaftliche Erforschung des Gebirges, die erst vor etwa 200 Jahren eingesetzt hat, führt nicht nur zum Verständnis seiner Entstehung, sondern ist auch von großem praktischem Nutzen. Sie ermöglicht die Gewinnung von mineralischen Rohstoffen (Erzen, Erdöl, Kohlen, Asbest, Ton, Quarz, Edelsteinen u. a. m.) und Bausteinen. Sie bildet die Voraussetzung zur Beurteilung des Baugrundes für Stauwerke, Straßen, Brücken, Tunnel, Gebäude etc. und zur Quell- und Grundwasserfassung oder zur Verbesserung der Bodenqualität für Land- und Forstwirtschaft.

Ein merkwürdig glücklicher Zufall will es, daß der Glarner Freiberg nicht nur das älteste Wildschutzgebiet der Schweiz ist, sondern auch eine in doppelter Hinsicht geologisch einzigartige und berühmte Gegend der Alpen. Einmal wegen des klaren tektonischen Baues, der selbst in Amerika und Australien in Lehrbüchern erwähnt und abgebildet wird, und an dem das Glarnerland ein Pionierland geologischer Forschung wurde, und zweitens wegen der seltenen und schönen Vorkommen vulkanischer Gesteine.

Es ist daher sehr interessant und unterhaltsam, das Wesentlichste über die Entstehung und den Aufbau unseres Berglandes kennenzulernen. Dabei schreiten wir am besten vom Großen ins Kleine und fragen uns zuerst, wie es kommen mochte, daß sich heute Gebirge auftürmen, wo früher Meere lagen. Finden wir doch im Freiberg wie in den ganzen Alpen Kalksteine und Sandsteine — typische Meeresablagerungen — auf großer Höhe. Am Karrenstock haben wir sogar versteinerte Pflanzenreste in schwarzen Schiefern, am Berglihorn etwas Anthrazit, im Kleintal bei Engi versteinerte Fische und Vögel. Dann fragen wir uns, was für Gesteine die Täler, Gräte und Gipfel aufbauen, welcher Herkunft die Gesteine und Mineralien sind und wofür man sie verwenden kann.

A. Geologische Geschichte

Dem Wanderer mag das Gebirge etwa als Symbol der Ewigkeit, unerschütterlicher Festigkeit und Ruhe erscheinen, und mit Recht. Denn im Vergleich zum Alter des Menschengeschlechtes sind die Alpen uralt. Aber wenn wir mit dem Maßstab geologischer Zeiten messen, so sehen wir, daß die Alpen zu den jüngsten Gebirgen der Erde zu zählen sind. Die ersten Menschenspuren sind 30 000 bis 600 000 Jahre alt. Die Alpenfaltung liegt ungefähr 60 Millionen Jahre zurück, die Erde besitzt indessen schon seit 2 Milliarden Jahren eine feste Gesteinskruste.

In dieser langen geologischen Zeitspanne haben sich Zeiten relativer Ruhe und Zeiten der Gebirgsbildung, Evolutionszeiten und Revolutionszeiten, abgelöst. Man zählt ungefähr fünf solcher Wechsel. Fünfmal ist die Erdkruste in Bewegung geraten, und wo sich zwei Erdkrustenteile gegeneinander bewegt haben, hat sich dort ein Gebirge aufgetürmt, wo sich in der Erdkruste eine Mulde, eine Schwächezone befand. Fünfmal hat die Erdkruste Zeiten der Ruhe durchlebt, in denen die abtragenden Kräfte die aufbauenden an Leistung weit übertrafen und die aufgetürmten Gebirge langsam ausgeebnet wurden. Solche fast ausgeebneten Gebirgsrümpfe der vorletzten sogenannten herzynischen Gebirgsbildung sind z. B. der Schwarzwald, die Vogesen, das Harzgebirge, die Granitberge Sardiniens und das alte Aar- und Gotthardmassiv. Diese beiden letzteren lagen zu jener Zeit, dem Permokarbon (siehe Tabelle), noch etwa 50 km auseinander und umgrenzten einen großen Trog. In diesen lagerten sich die Gesteinstrümmer aus den beiden Randketten ab. Dabei war der Transportweg sehr verschieden. War er klein oder blieben die Gesteinstrümmer an Ort und Stelle liegen, behielten sie ihre eckige Form und bildeten Brekzien. War er länger, wurden Blöcke und Schutt gerundet und verkleinert. Es entstanden Konglomerate und Sande. Das feinste Material, der Schlamm, wurde meist zum Kitt des gröberen und wurde selten für sich abgelagert. Das Klima muß damals sehr veränderlich gewesen sein. Örtlich und zeitlich lösten sich Meeresarme oder Seen, Wüsten, einzelne Vegetationsinseln und vielleicht sogar Gletscher ab. Das alles verrät uns die Art und die Lagerungsform der Gesteine.

Gleichzeitig mit den Gebirgsaufstauungen sind aus dem Erdinnern entlang Bruchzonen etc. flüssige Gesteine, sog. Magmen, emporgedrungen. Zum Teil sind sie bis an die Erdoberfläche durchgebrochen und als Laven aus Spalten und Vulkanen geflossen oder zwischen den obersten Schichten eingedrungen. Wenn ihr Gehalt an Dämpfen und Gasen sehr groß war, sind sie oft explosionsartig ausgeworfen worden und als Bomben, Lapilli oder feinzerstäubtes Tuff-

material auf die Erdoberfläche gefallen. Blieben die Magmen unter der Erdoberfläche stecken, so bildeten sie mächtige Stöcke, Gänge oder Adern, die erstarrten und später oft durch die Erosion freigelegt wurden. Granitstöcke dieser Art waren wohl weitgehend schuld an der herzynischen Aufwölbung des Aar- und Gotthardmassives. Beispiele, die mit der viel jüngern Alpenfaltung in Zusammenhang stehen, sind das Adamello- und Bergeller-Massiv.

Die magmatische Tätigkeit, das Eindringen oder Ausfließen von Laven, kam und verschwand wieder fast vollständig mit den Revolutionszeiten. Gegen Ende der herzynischen Gebirgsbildung, am Ende des Permokarbons, sind auch im Trog zwischen Gotthard- und Aarmassiv Laven an die Oberfläche gedrungen.

Zu Beginn der Triaszeit senkte sich die ganze Mulde um einige hundert Meter und war sozusagen während des ganzen Mesozoikums (140 Millionen Jahre hindurch) bedeckt vom nördlichen Teil des alten Mittelmeeres, der sogenannten Tethys.

Gegen Ende des Mesozoikums, vor allem aber in der Tertiärzeit, geriet die Erdkruste wiederum in Bewegung. Der starre Kontinent Afrika rückte nach der Auffassung zahlreicher Geologen gegen Norden vor und preßte die Sedimente der Tethys übereinander. Dabei wurden auch die Sedimente über dem abgesunkenen alten Aar- und Gotthardmassiv, die ja seit der Trias der nördliche, sogenannte helvetische Teil der Tethys waren, samt dem Verrucano und all seinen vulkanischen Einlagerungen zum großen Teil von ihrem Untergrund abgetrennt und in schuppenförmigen Schichtpaketen nach Norden auf viel jüngere Sedimente des Tertiärs hinaufgeschoben. Beim Aufsteigen dieser mächtigen Schichtpakete auf die nördlich gelegenen Sedimente wurden durch den ungeheuren Druck an der Überschiebungsfläche die mesozoischen Kalke zu Falten zusammengestaucht und zum Teil verschleppt (siehe Skizzen). Die verschleppten Kalke, die bei der Überschiebung sozusagen als Schmiermittel dienen mußten, liegen heute als helle, weithin sichtbare Lochseitenkalklamelle zwischen Verrucano und Flysch. Die ersten geologischen Decken oberhalb des Lochseitenkalkes, die den Freiberg, Glärnisch, Wiggis, Schilt etc. aufbauen, nennt man helvetische Decken. Sie wurden im nördlichsten Teil der Tethys abgelagert, und wurden später noch durch die Sedimente der mittleren (penninische Decken) und der südlichen Tethys (ostalpine Decken) überfahren.

Die Überschiebungslinie kann in den zahlreichen geologischen Fenstern (Kies, Kärpfbrücke, Ennentseewen, Kühtal, Kühtalmatt) und auf der Süd- und Ostseite des Freiberges gut verfolgt werden. Geologische Fenster werden diese Stellen deshalb genannt, weil infolge der Erosion der junge Flysch durch

den Lochseitenkalk und die bedeutend ältere Verrucanodecke schaut. — Das schönste dieser Fenster ist die Kärpfbrücke. Hier bildet ein von der Erosion verschontes Stück der Lochseitenkalkbank eine natürliche Brücke über den Niederenbach. Das Gegenstück zu diesen geologischen Fenstern bilden die inselartigen Deckenreste an der Ost- und Südgrenze des Kantons. Die schönste Insel bildet der Hausstock, wo über einem hellen Kragen aus Lochseitenkalk eine Pyramide Verrucano mit Laven übriggeblieben ist.

Der Verlauf der Überschiebungslinie wird in der Landschaft prächtig markiert durch das helle Lochseitenkalkband. Vom Piz Segnes aus z. B. kann man deutlich sehen, wie die Überschiebungslinie vom Hausstock über die Mättlenstöcke zum Kalkstöckli verläuft und von hier in einer allmählich nach Norden sich senkenden Linie dem Ausgang des Kleintales zustrebt, um an der Lochseite zu verschwinden. Auf der Westseite des Freiberges ist der Verlauf der Überschiebungslinie bei weitem nicht so einfach wie auf der Süd- und Ostseite. Es finden sich hier zahlreiche Verfaltungen und Verschuppungen von Deckenteilen, zu deren Studium am besten die Karte und die Profile von *Oberholzer* und die Aufrisse am Ende dieser Schrift zu Rate gezogen werden.

Bei der Überschiebung der alten Gesteinsschichten ging es natürlich nicht immer ohne Widerstände zu. Wo solche vorhanden waren, legten sich die dahergeschobenen Schichten in Falten oder wurden verschuppt, je nach ihrer Beschaffenheit und Lage. Im Freiberg haben wir beides, Verschuppungen und Falten. Verschuppungen treten in der Verrucanomasse öfters auf, da ihre Plastizität, durch die starren Ergußgesteinsbänke wohl noch beträchtlich herabgesetzt, verhältnismäßig gering war. Prächtige Falten, die schon *Arnold Escher* (1830) und *Albert Heim* (um 1870) Anlaß zu intensivem Studium gaben, befinden sich am Saasberg. Dort ist die ganze Schichtserie vom Perm bis ins Tertiär in dreifacher Falte übereinandergelegt. (Atlas zur «Geologie der Glarner Alpen» von *J. Oberholzer*, Tafel 24). Die jüngsten überfahrenen Gesteine sind die tertiären Flyschgesteine. Man teilt sie ein in die Wildflyschdecke und den autochthonen (an Ort und Stelle gebildeten) Glarner Flysch. Unter dem Druck der von Süden hergeschobenen helvetischen Decken sind die jungen, noch weniger verfestigten Flyschschiefer und -Sandsteine durchwegs sehr intensiv durchquetscht und verfältelt worden. Diese Verfältelung sieht man sehr schön überall in den dunklen und grauen Flyschhängen unterhalb des Lochseitenkalkbandes, vor allem beim Abstieg vom Richetlipaß auf die Wichlenmatt.

Diese geologischen Auffassungen sind noch nicht sehr alt. Es ist überaus interessant, die Entwicklung der geologischen Forschung im Glarnerland und

den Einfluß der Glarnergeologie auf die allgemeine geologische Forschung zu verfolgen. Es können hier indessen nur zwei Hauptepochen kurz erwähnt werden. Ums Jahr 1825 herrschte noch die Ansicht, daß die große Masse vulkanischer Gesteine an Ort und Stelle aus dem Boden gedrungen sei, daß der Freiberg die Mitte des Kraters und der Glärnisch mit Churfirsten und Calanda den Kraterrand bilde. Unsere Ergußgesteine waren somit nach damaliger Auffassung am Relief des ganzen Kantons schuld. An Überschiebungen hat man damals noch nicht gedacht. *Arnold Escher* (um 1835) und nach ihm vor allem *Albert Heim* (um 1870) erkannten dann, daß es sich um große Überschiebungen handelt, und daß die heutige Gestalt der Berge und Täler der Arbeit von Wasser, Wind und Sonnenschein zuzuschreiben ist. Sie nahmen eine Doppelüberschiebung an. Die nördliche und südliche Teildecke sollten sich auf dem Richetlipaß fast berühren. Bis um 1900 war der Freiberg in der Folge das klassische Gebiet der Glarner-Doppelfalte. *Argand* und *Bertrand* haben dann etwa ums Jahr 1885 erkannt, daß es sich im wesentlichen um eine einzige Überschiebung aus dem Süden handelt, im Sinne der schematischen Skizze. Diese Ansicht hat sich bis heute in den sehr zahlreichen Detailuntersuchungen, die im Kanton gemacht wurden, immer erneut bestätigt. *J. Oberholzers* einzig dastehende Lebensarbeit, die «Geologie der Glarner Alpen», bildet die Zusammenfassung und Synthese aller Arbeiten über dieses Gebiet bis ins Jahr 1930 mit seinen eigenen jahrzehntelang gesammelten Beobachtungen.

Zur geologischen Geschichte eines Gebietes gehört zu guter Letzt auch die jüngste Vergangenheit, die Evolutionsperiode, die auf die Alpenüberschiebung folgte, das Spättertiär und Quartär. Die destruktiven Kräfte der Abtragung herrschten nun wieder vor, die gebirgsbildenden waren langsam verstummt, und heute klingen sie in den Vulkanen und Erdbeben nur noch sehr leise nach. Wie oben gesagt, beruht die heutige Form des Freiberges mit seinen Gipfeln, Gräten, Tälern, Mulden und Terrassen auf der Arbeit der Erosion: dem Wasser als Regen, Eis oder Wildbach, dem Wind und der sprengenden Wirkung des Temperaturwechsels. Die Hauptformen, die Karmulden und Terrassen mit schönen Gletscherschliffen, rühren noch deutlich aus der Eiszeit her. Dabei kommt prächtig zum Vorschein, wie sehr die Beschaffenheit des Gesteins die Formen bestimmt hat: die harten Lavabänke bilden fast durchwegs Steilstufen und tragen Karterrassen, während die wenig widerstandsfähigen Schieferhorizonte als wenig steile, meist mit Schutthalden bedeckte Bänder erkennbar sind. Am deutlichsten indessen kommt diese Abhängigkeit der Landschaftsformen vom Gestein und vom geologischen Bau zum Vorschein im Unterschied

zwischen den vom Wasser stark zerfressenen Flyschhängen (z. B. auf der Wichlenmatt, Bischoffalp, Empächlialp) und den darüber aufragenden schroffen Verrucanowänden an den Blistöcken, am Schwarztschingel, Kärpf, Hahnenstock usw., wo zum größten Teil noch prächtige Gletscherschliffluren, « des roches moutonnées », wie sie der Welsche nennt, erhalten sind. — Aus jüngster geologischer Zeit beschreibt *J. Oberholzer* kleinere Felsstürze und Rutschungen. Diese beeinflussen nicht nur das Aussehen unseres Freiberges; sie können große praktische Auswirkungen haben, wenn Gebiete bedroht werden, die von alpwirtschaftlicher Bedeutung sind.

B. Die Gesteinsarten

Bei unserem Streifzug durch die geologische Geschichte des Glarner Freiberges hat sich schon ergeben, daß dieser schöne Flecken Erde sehr verschiedenes durchgemacht hat. Bald war da ein Meer, bald eine Wüste, bald vulkanische Spalten und Krater, einmal sogar ein kleiner Steinkohlenwald. Das wichtigste geologische Ereignis war die große Überschiebung, deren Narbe als Lochseitenkalk heute weithin freigelegt ist.

Die geologische Geschichte lesen wir aus der Lagerungsart der Gesteine und mehr noch aus ihrer Beschaffenheit. Durch das oben Gesagte sind wir schon weitgehend darüber im Bild, was für Gesteinsarten vorkommen. Es soll deshalb nur noch eine Übersicht gegeben und einige besonders interessante Gesteine ihrer Entstehung nach beleuchtet werden.

Alle Gesteine der Erde lassen sich ihrer Entstehung nach in drei Klassen einordnen:

1. Eruptivgesteine (magmatische Gesteine): durch Erkalten von Magma entstanden;
2. Sedimentgesteine: durch Zertrümmern bereits vorhandener Gesteine (mechanische Auflösung) oder chemische Auflösung (Verwitterung) und Ablagerung entstanden;
3. Metamorphe Gesteine: durch mechanische, thermische oder Lösungseinwirkung umkristallisierte Gesteine (der Gruppe 1, 2 oder 3).

Alle drei Gesteinsarten sind, wenn auch in verschiedenen Mengen, im Glarner Freiberg vertreten.

1. Eruptivgesteine

Wie oben schon erwähnt, gibt es in der Schweiz und weithin außerhalb unserer Heimat nirgends so schöne permische Laven und Tuffe, so deutlich aufgeschlossene Lavaergüsse, Gänge und Kuppen wie im Glarner Freiberg. Schon vor 120 Jahren haben *Escher* und *Studer* diese Laven erkannt, und 1862 hat der Hauptgründer und erste Zentralpräsident des Schweizerischen Alpenklubs, *Theodor Simler,* bereits eine chemische Analyse eines Spilites, der grünen Lavaart, ausgeführt. Aber die ganze Deutlichkeit der vulkanischen Erscheinungen konnte in umfassender Weise doch erst seit dem Jahre 1945 erforscht werden, nachdem nämlich durch das Grundbuchamt die Karte im Maßstab 1 : 10 000 geschaffen war. Erst eine genaue Kartierung enthüllte die Zusammenhänge zwischen den Vulkankegeln, den Lavazungen und wurmartigen Lavagängen, von denen zahlreiche schon dem uneingeweihten Wanderer auffallen. Aus den farbigen Aufrissen sind all diese Erscheinungen und Zusammenhänge ersichtlich. Dort wo die Lavabänke zu großen Buckeln anschwellen (am Unterkärpf und am Kleinkärpf und verschiedentlich in der Gandstockkette), befanden sich meist alte Vulkane, aus denen Lava ausfloß oder als Tuff ausgeworfen wurde, wenn der Ausbruch explosionsartig vor sich ging. Natürlich sind in der Nähe der Krater und Spalten die Tuff- und Lavamassen angehäuft.

Am zahlreichsten sind Lavazungen, welche den Schichten der Sedimente parallel gehen, konkordant verlaufen. Weniger häufig sind um weniges diskordant verlaufende Lavabänke. Die meisten dieser Art befinden sich um den Milchspülersee herum. An stark quer zur Schichtung verlaufenden Gängen ist bis heute ein einziger bekannt. Er befindet sich beim Schafkeller unterhalb der Leglerhütte. Diese Stelle ist auch deshalb typisch, weil die Lavabank hier eine Randzone aufweist und auch die benachbarten Schiefer Spuren zeigen, die deutlich darauf schließen lassen, daß hier die Lava noch sehr heiß und relativ gas- und dampfreich gewesen sein muß.

Von besonderem Interesse ist das Studium der chemisch-mineralogischen Zusammensetzung der Laven. Es drängt sich dabei deutlich eine Dreiteilung auf. Es gibt Quarzporphyre (weiß, seltener grünlich oder rötlich), Spilite (grün) und Keratophyre (violett-rot bis violett-schwarz) und Tuffe aller drei Arten. Die Quarzporphyre sind «frühgeborene» Granite. Wären die Quarzporphyrlaven nämlich noch länger unter der Erdoberfläche geblieben und die Abkühlung langsam vor sich gegangen, so hätte es nicht nur zur Bildung einzelner Quarz- und Feldspateinsprenglinge gelangt, sondern das ganze Magma

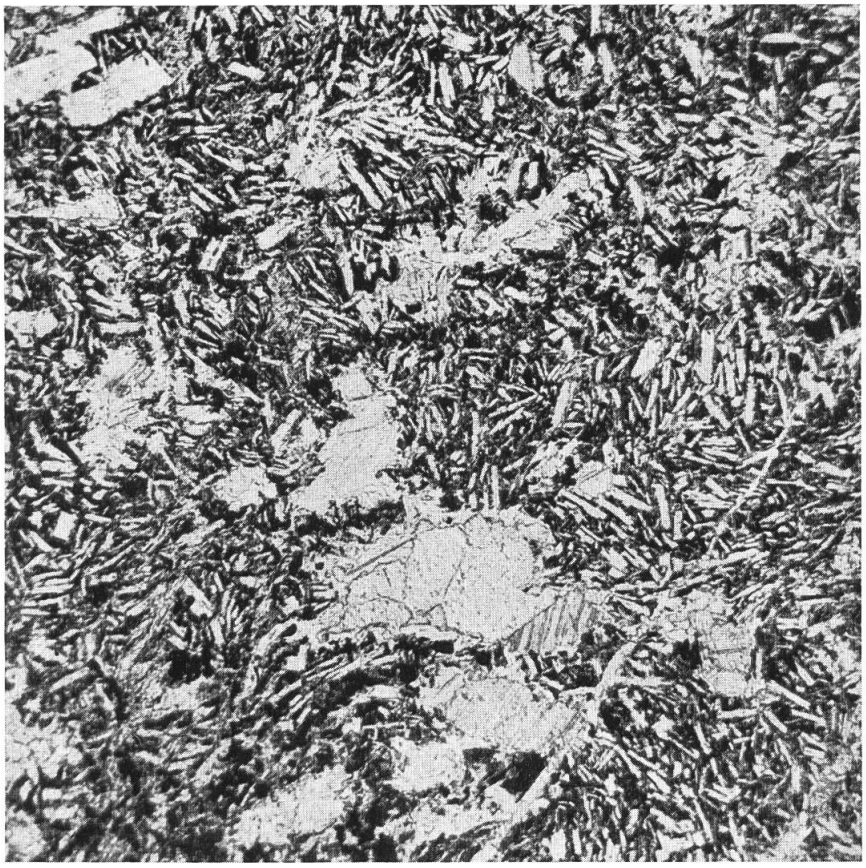
wäre zu deutlichen Kristallen, zu einem Granit erstarrt. Im Gegensatz zum Quarzporphyr sind die Spilite und Keratophyre einförmiger zusammengesetzt. Sie bestehen beide zu 60—90 % aus Albit, dem Natron-Feldspat. Dazu tritt beim grünen Spilit noch das grüne Mineral Chlorit und beim violett-schwarzen oder rötlichen zum Chlorit noch das stark rötlich bis violett-schwarz färbende Eisenerz Hämatit. Beide Gesteinsarten enthalten wechselnde Mengen Kalkspat und Epidot, meist als Ader- und Mandelausfüllung, aber auch als Bestandteile der Grundmasse. Seltenere, nur unter dem Mikroskop sichtbare Mineralien sind Serpentin, Leukoxen, Titanit, ganz selten kann man noch Olivin und Augit beobachten; meist sind diese letzteren aber in Serpentin und Chlorit umgewandelt.

Die eigentlichen Spilite weisen einen SiO_2-Gehalt von ungefähr 46—55 Gewichtsprozent auf. Die Keratophyre, die gewöhnlich auch zur Familie der Spilitgesteine gehören, sind saurer. Sie haben einen SiO_2-Gehalt von ungefähr 55—62 Gewichtsprozent, während der SiO_2-Gehalt der Quarzkeratophyre, die bereits deutlich quarzführend sind, noch höher ist.

Echte spilitische Gesteine sind auf der Erde recht wenig verbreitet. Ihr Mineralbestand (Albit, Chlorit, Hämatit und Titanmineralien), der sonst nur als Produkt einer Epimetamorphose (Umwandlung bei tiefen Temperaturen) auftritt, ist hier durch großen Gehalt des Magmas an leichtflüchtigen Bestandteilen (Wasser, Gase) primär bedingt.

Der grüne Spilit ist sehr oft plattig, der dunkle Spilit schlackig ausgebildet. Sie kommen meist miteinander vor und gehen ineinander über, während der Quarzporphyr ganz für sich gelagert ist. Eine größere Keratophyrbank ist nur am Hahnenstock vorhanden. — Alle drei Lavaarten haben Tuffe gebildet. Die Quarzporphyrtuffe sind bald schwer zu unterscheiden von Sandsteinen, mit denen sie oft vermischt sind, bald sehen sie den Quarzporphyren selber täuschend ähnlich. Die Spilit- und Keratophyrtuffe sind ganz vermischt. Sie können daran deutlich als Tuffe erkannt werden, daß sie Bänke echter Lava umgeben, daß sie Lavabomben, Lapilli und Kristalltuffpartien enthalten, und daß sie, besonders unter dem Mikroskop, deutlichen Tuffcharakter zeigen. Die größte Verbreitung haben die Tuffe zwischen dem Milchspülersee und dem Hahnenstock. In diesem Gebiet sieht man deutlich, daß sie in ein wenig tiefes Meer oder einen Binnensee abgelagert und meist mit Sedimentmaterial zu Tuffiten vermischt wurden. Denn meistens sind die Tuffschichten durchsät mit verschieden großen (1 mm bis 30 cm) eierartigen Karbonat- und Kieselgelknollen. Diese lassen sich am ersten als Konkretionen im Wasser erklären.

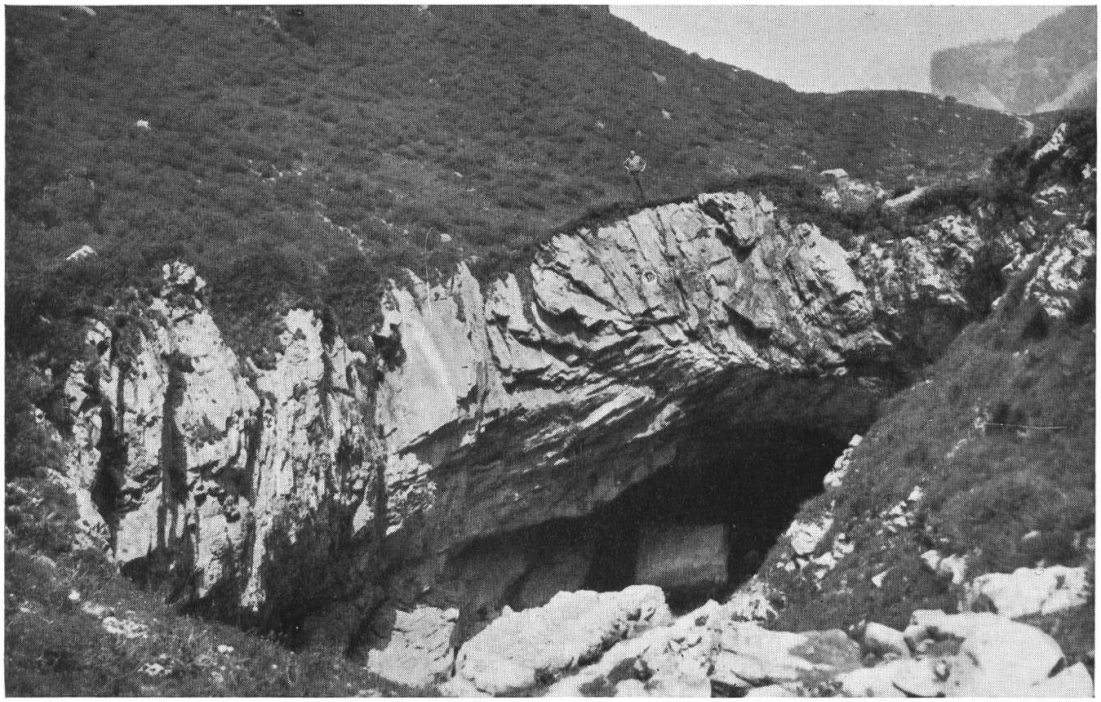
Die auffällig einseitige Zusammensetzung der Spilite und Keratophyre ist leicht erklärlich durch die sogenannte Schweredifferentiation im Magmaherd:



Mikroskopisches Bild einer violett-schwarzen spilitischen Lava mit mandelsteinartigem bis schlackigem Gefüge. Ort: 200 m südlich Milchspühlersee. Vergrößerung 40 mal. Aufnahme im gewöhnlichen Licht.

Die weißen Stäbchen sind Albit-Kristalle (Na-Feldspäte). Die hellen Flecken nennt man Mandeln. Sie besitzen meist einen schmalen Chloritrand und einen großen Calcitkern. Der schwarze Anteil der Grundmasse besteht aus dem Eisenerz Hämatit und der graue aus dem grünen Mineral Chlorit. Bei den grünen Spiliten dominiert Chlorit über Hämatit.

Aussicht vom Großkärpf gegen Hahnenstock, Kalkstöckli und Richetlipaß (im Vordergrund) und Biferten, Tödi, Clariden. Im Mittelteil Scheidstöckli und Vorstegstock, Flyschberge mit Lochseitenkalkspitzen. Unter Kalkstöckli und Hahnenstock die Überschiebungslinie sichtbar Phot. G. C. Amstutz



Der obere Eingang der Kärpfbrücke Phot. G. C. Amstutz

In den Lavakammern der Erdkruste findet nämlich prinzipiell dasselbe statt wie in der Frischmilch, die wir über Nacht stehen lassen: die leichten Bestandteile, in der Milch die Fettröpfchen, steigen auf und sammeln sich oben an, die schweren sinken ab. So resultieren schlußendlich einseitig zusammengesetzte übereinanderliegende Magmaschichten. Zuoberst sammeln sich Gase und Dämpfe an, die sog. leichtflüchtigen Bestandteile. Die Zusammensetzung eines Lavastromes hängt nun natürlich sehr davon ab, aus welcher Schicht einer Lavakammer er stammt. Daraus, daß der Quarzporphyr nur aus sehr leichten Mineralien (Quarz und Feldspat) zusammengesetzt ist, und aus der einseitigen Zusammensetzung der Spilite und Keratophyre kann man demnach schließen, daß sie einer Magmakammer entstammen, in der die Differentiation schon sehr weit fortgeschritten war. Die magmatische und mit ihr die tektonische Tätigkeit war demnach am Ende einer Aktivitätsperiode angelangt, und die mesozoische Ruhepause setzte ein, und die mächtigen Kalkschichten wurden abgelagert.

Zu den Eruptivgesteinen gehören genau genommen auch die Bruchstücke granitischer Gesteine (Granite, Pegmatite, Aplite, Quarzadern etc.) in den Verrucanokonglomeraten und -brekzien, welche die Gipfelpartien am Kärpfstock, Karrenstock und Gandstock aufbauen (siehe die geologischen Aufrisse). Wir sehen somit, daß die Klasse der Eruptivgesteine, jener Gesteine also, die durch langsame Abkühlung (Tiefengesteine) oder schnelle Erstarrung (Laven) aus flüssigen Magmen entstanden sind, recht mannigfaltig vertreten ist. Wir finden sowohl helle, saure (Quarzporphyre, Granite etc.) als auch dunklere, basische Gesteine (Spilite, Keratophyre).

2. *Sedimentgesteine*

Auch die Klasse der Sedimentgesteine ist sehr gut vertreten, denn wir finden sowohl mannigfaltige mechanische Sedimente als auch chemische Sedimente sowie zahlreiche Übergänge dazwischen.

Nehmen wir die geologische Karte des Kantons Glarus (*Oberholzer,* 1942) oder die geologischen Aufrisse am Schluß dieser Arbeit zur Hand, so sehen wir, daß zuoberst in den Gipfelpartien des Glarner Freiberges grobkörnige Konglomerate und Brekzien anstehen. Diese zählen zusammen mit den darunter folgenden Sandsteinen zu den klastischen Sedimenten. Sandsteine finden wir nicht nur im permokarbonischen Verrucano, sondern auch im stark verfältelten viel jüngeren Flysch. Flyschsandsteine werden oft zu Bausteinen verarbeitet.

Ein Zwischending zwischen chemischen und mechanischen Sedimenten bilden die besonders im Verrucano weit verbreiteten Tonschiefer. Zu jenen Sedimenten hingegen, welche im Meerwasser durch chemische Ausfällung entstanden, gehören Kalke, Dolomite und Gips.

Selbst an versteinerten Pflanzen und Tieren fehlt es im Glarner Freiberg nicht. In den Verrucanosedimenten wurden leider bis heute keine nennenswerten Versteinerungen gefunden. Die kleinen Blatthäcksel aus den schwarzen Schiefern am Karrenstock und am Kammseeli waren kaum bestimmbar (*Amstutz*, 1948). Das dünne Anthrazitlager am Grat 200 m südlich vom Berglihorn ist jedoch ein Beweis dafür, daß zur Zeit der Verrucanobildung stellenweise Pflanzen wachsen konnten.

Versteinerte Meertiere hat es im Flysch sehr viele. Wir brauchen nur einen der sehr verbreiteten sog. Nummulitenbänke aufzusuchen, und schon sehen wir ganze Schwärme jener diskusförmigen versteinerten Meertierchen, die man Nummuliten nennt. Daneben hat es noch andere Versteinerungen. Am bekanntesten sind versteinerte Fische, wie sie z. B. bei Engi gefunden wurden.

3. Metamorphe Gesteine

Am wenigsten gut vertreten ist im Freiberg die Klasse der metamorphen, das heißt der umgewandelten Gesteine. Im Verrucano hat die Alpenüberschiebung nur einen geringen Grad der Umwandlung hervorgebracht. Die Merkmale sind die Verschieferung und die damit verbundene Serizitbildung. (Serizit ist das feine, seidenglänzende Mineral der Glimmerfamilie, das besonders an Schiefern beobachtet werden kann.)

Die Laven sind von der Verschieferung mit Ausnahme einiger Quarzporphyrbänke fast ganz verschont geblieben. Dagegen wurde der Lochseitenkalk durch die Alpenüberschiebung sehr stark hergenommen. Wenn wir ein Stück Lochseitenkalk naß machen, können wir gut sehen, wie dieser früher sicher schön gleichmäßige, «gesunde» Kalk durch das Gewicht der darübergeschobenen Decken zu einem linsig maserierten Gestein zerquetscht wurde.

Zu den metamorphen Gesteinen gehören eigentlich auch die Gneise und Schiefer, die als Bruchstücke eines alten Gebirges nun in den bereits erwähnten Brekzien der Freiberggipfel enthalten sind.

Bei weitem die größte Verbreitung besitzen somit die Sedimentgesteine. Zu dieser Klasse wären vielleicht 90—95 % aller Gesteine im Glarner Freiberg zu zählen, während auf Ergußgesteine höchstens 5—10 % entfallen. Von den Sedimenten weist etwa ein Drittel von bloßem Auge sichtbare Spuren be-

ginnender Umwandlung oder Verformung auf (Sericitisierung, Verschieferung etc.). Während jedoch die Sedimentgesteine des Freibergs auch in vielen anderen Gebieten des Alpenbogens auftreten, stellen die vulkanischen Gesteine eine lokale Besonderheit dar.

Spilite und Quarzporphyre sind zwar auch in der Sardona-Hausstock-Kette noch vorhanden. Doch sind sie hier nicht so gut zugänglich, und zudem hat ihnen hier die Verschieferung teilweise arg zugesetzt.

Es gibt deshalb in der Schweiz und auch im übrigen Alpengebiet kaum eine Gegend, wo typische vulkanische Gesteine mit ihren sonderbaren sehenswürdigen Erscheinungen so schön erhalten und aufgeschlossen sind wie im Glarner Freiberg. Wie die Amerikaner ihren Lassen und Yellowstone National Park «Volcanic National Park» getauft haben, dürfte eigentlich auch der Glarner Freiberg einen ähnlichen Namen tragen.

C. Nutzbare Gesteine und Mineralien

Gesteine, die an sich praktisch verwendet werden könnten, gibt es im Glarner Freiberg sehr viele. Als solche kommen vor allem in Frage die Dachschiefer, die gewöhnlichen Flyschsandsteine, die Taveyannazsandsteine, die Ergußgesteine (besonders die Quarzporphyre) und die Kalke, soweit diese nicht zu stark durchklüftet sind. Fast überall befinden sie sich indessen in unzugänglicher Lage, so daß sie nur ganz lokal abgebaut werden können. Die einzige nennenswerte Grube, die schon im Mittelalter in Betrieb war, ist der Landesplattenberg bei Engi. Hier werden im Flysch Schiefer zu mannigfacher Plattenanwendung gebrochen. Zahlreich sind indessen kleinere Bruchstellen, wo vorübergehend Schotter oder Bausteine zu lokalen Zwecken gebrochen wurden. Das bedeutendste Beispiel ist wohl die Verwendung von Quarzporphyrblöcken zur Verkleidung der Staumauer auf der Garichte. Dieser Quarzporphyr wurde zum Teil durch den Niederengletscher vom Kleinkärpf her nach Norden gebracht, zum Teil besteht er aus Sturzblöcken, die vom Karrenstock herstammen. Auch beim Bau der neuen Leglerhütte wurden gute Quarzporphyrblöcke verwendet.

Nutzbare Mineralien sind, außer einigen Kupfererzen, deren Ausbeute wohl kaum je lohnen würde, nicht vorhanden. Die kleinen Kupferlagerstätten befinden sich am Bützistock und unterhalb Matzlen. Die hauptsächlich auftretenden Erze sind Kupferkies, Kupferglanz, Buntkupfererz und die Karbonate Malachit und Azurit als Verwitterungsprodukte.

Wir haben eine kurze geologische Übersicht über den Glarner Freiberg gewonnen, diese reiche, herrliche Wohnstube der Urmutter Natur, zu der sich so viele Wanderer zurückziehen, um innere Ruhe und Freude zu holen. Sind wir nun einfache Wanderer oder dazu noch Naturforscher — wir können den Glarner Freiberg nie verlassen, ohne den brennenden Wunsch zu empfinden, daß es dieser Wohnstube der Natur nicht gehe wie heute so mancher Wohnstube der Menschen, wo die Technik mit Lärm und Hast die heimelige, stärkende Ruhe, die Mythen- und Märchenwelt vertrieben hat. Möge diese Berginsel mit all ihren natürlichen Kostbarkeiten auch weiterhin eine Schutzinsel der Ursprünglichkeit bleiben und als Reservat zeugen von unserer Liebe zur Natur.

Einige Literaturangaben

1. *Theodor Simler:* Der Hochkärpf in den Freibergen im Kanton Glarus. Glarus 1862.
2. *Oswald Heer:* Urwelt der Schweiz. Zürich 1865.
3. *Samuel Blumer:* Zur Entstehung der glarnerischen Alpenseen. Eclog. geol. Helv. VII (1902), 233 ff.
4. *A. Rothpletz:* Das Gebiet der zwei großen rhätischen Überschiebungen zwischen Bodensee und dem Engadin. Geol. Führer durch die Alpen. Berlin 1902, 203.
5. *Albert Heim:* Geologie der Schweiz, Bd. II[1]. Leipzig 1921. (S. 59, 268—272).
6. — An der Erkenntniswurzel alpiner Tektonik. Vierteljahrschrift Naturf. Ges. Zürich 1929. (S. 213—223).
7. *J. Oberholzer:* Programm der Exkursion der Schweiz. Geol. Ges. in die Schilt-, Glärnisch- und Kärpfgruppe. Zürich 1917.
8. — Geologie der Glarner Alpen. Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. Mit Atlasband. Bern 1933.
9. — Der geologische Bau der Glarneralpen. Mitt. Naturf. Ges. Glarus. 1934. (S. 33 ff., 84 ff.).
10. *R. Beder:* Über basische Eruptivgesteine im ostschweizerischen Verrucano. Diss. Zürich 1909.
11. *G. C. Amstutz,* Pflanzenreste im Verrucano des Glarner Fryberges. Verh. Schweiz. Naturf. Ges. St. Gallen 1948.
12. — Kupfererze in den spilitischen Laven des Glarner Verrucano. Schweiz Min. Petr. Mitt. 30, 1950, p. 182—191.
13. — Geologie und Petrographie der Ergußgesteine im Verrucano des Glarner Freiberges. Diss. ETH, Publ. Stiftung «Vulkaninstitut Immanuel Friedlaender», 5, Zürich, 1954.

Karten

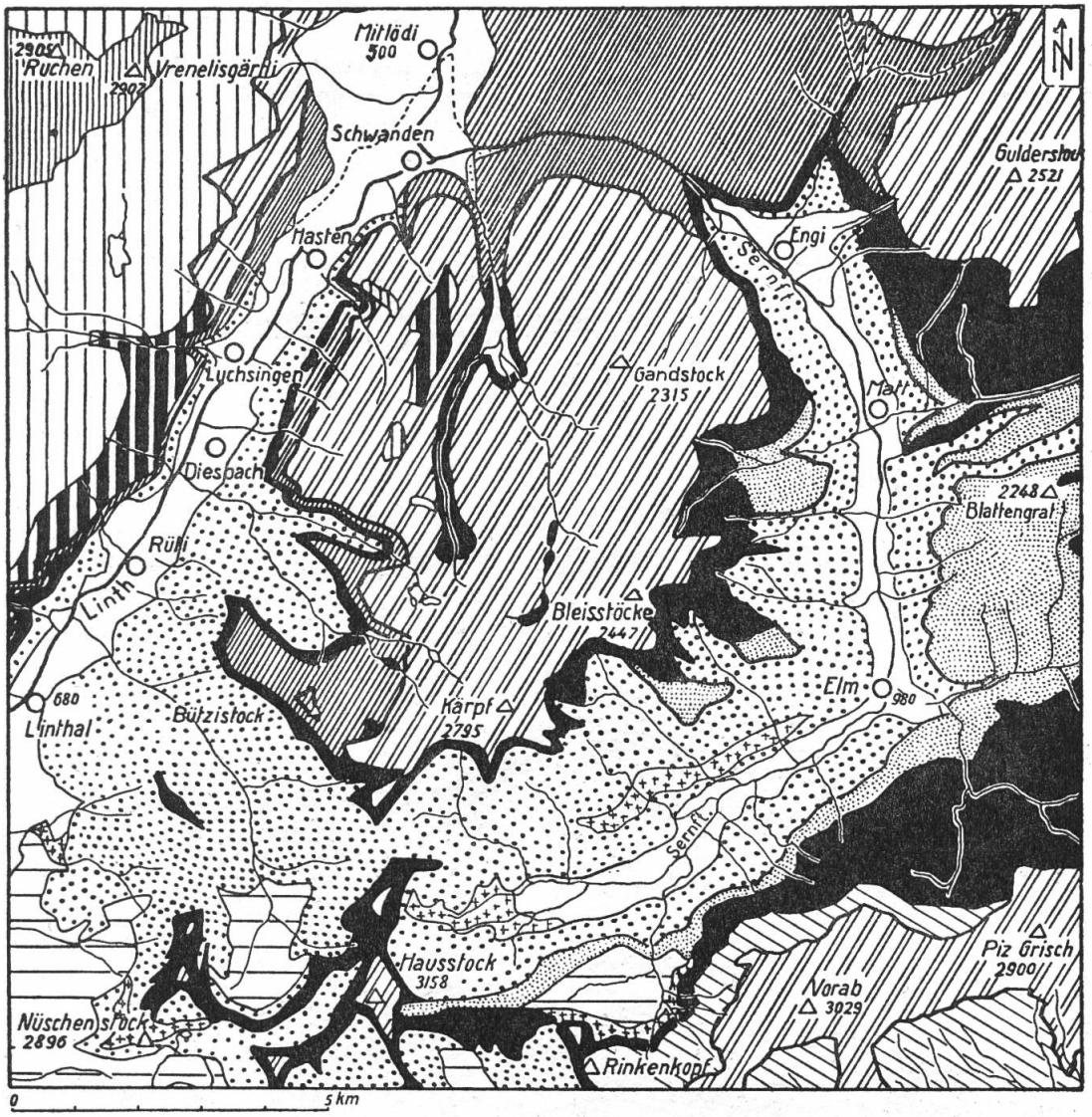
Geologische Karte des Kantons Glarus (bearbeitet von J. Oberholzer). Geologische Spezialkarte Nr. 117 (1942).

Topographischer Atlas der Schweiz 1 : 50 000, Blatt Foopaß und Pragel.

Topographische Karte der Schweiz 1 : 100 000, Blatt Chur.

Tektonische Karte des Glarner Freiberges

nach J. Oberholzer



ULTRAHELVETISCHE DECKEN

- Wildflysch-Decke
- Blattengratschichten

HELVETISCHE DECKEN + AUTOCHTHON

Axendecke

- Bächistock-Decke
- Axen-Decke s str.
- Braunwalder Zwischendecken

UNTERE HELVETISCHE DECKEN

- Mürtschen- und Kammlistock-Decke
- Glarner-Decke

PARAUTOCHTHONE DECKFALTEN

- Vorab-Tschepp-Deckfalten
- Griesstock-Decke

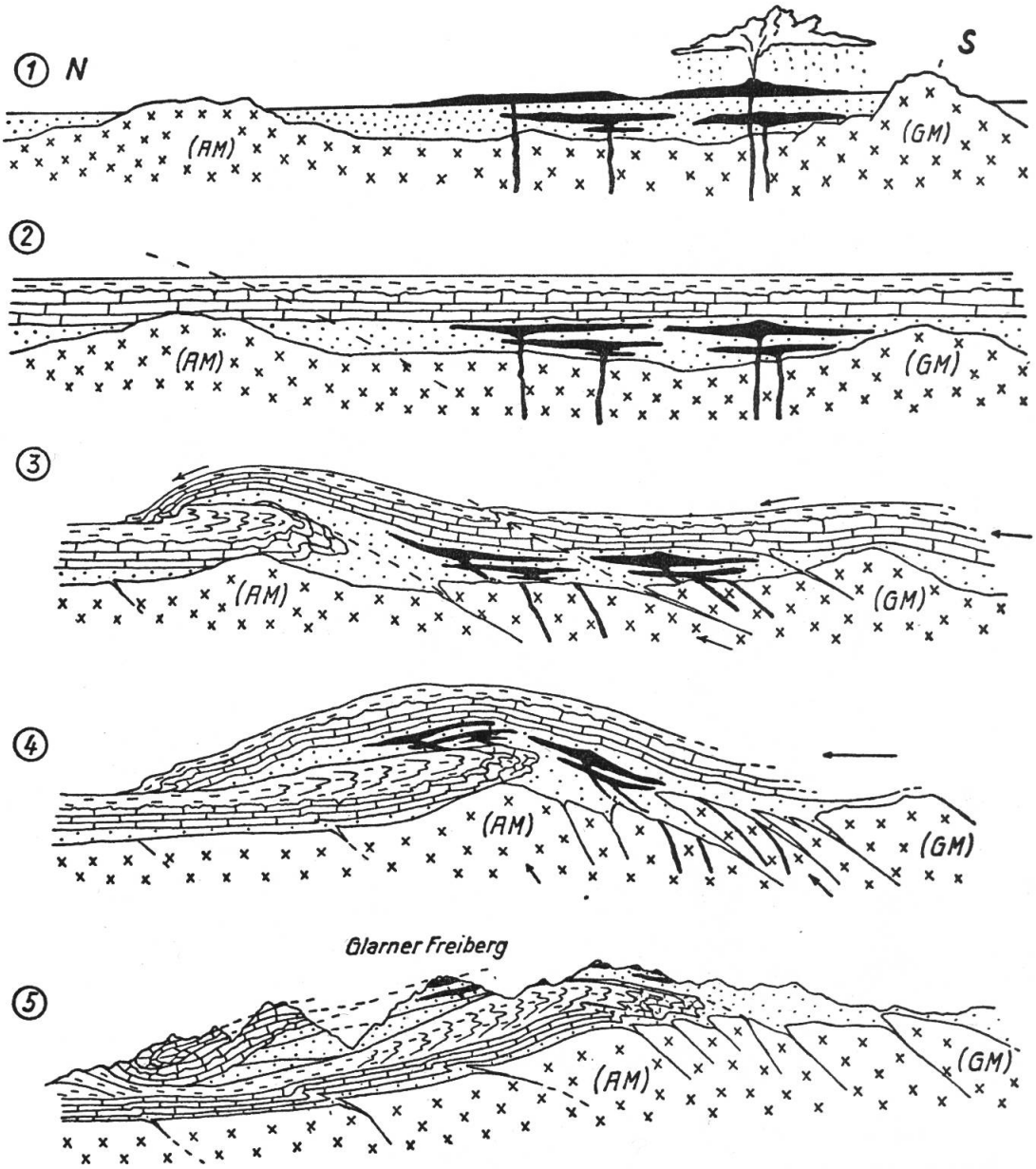
AUTOCHTHONER SEDIMENTMANTEL

- Eocän-Trias
- Posteocäner Flysch
- Toveyannaz Sandstein

QUARTÄR

- Bergstürze, Talsohlen, Seen etc.

Schematische Skizze der Glarner Überschiebung



Grundgebirge (meist Granite, Gneise, Schiefer)

Verrucanosedimente mit vulkanischen Laven und Tuffen

mesozoische Sedimente (meist Kalke und Mergel)

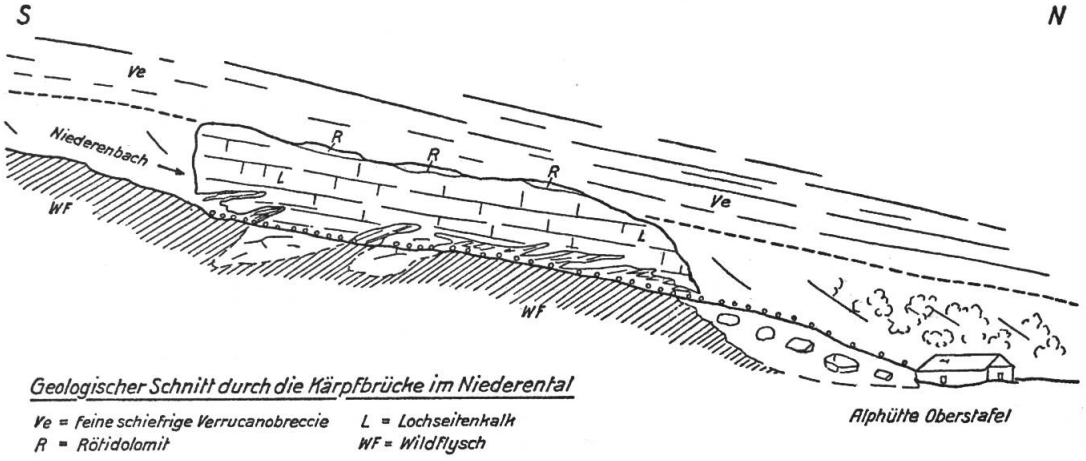
tertiäre Sedimente (Flysch, meist Sandsteine, Kalke, Schiefer usw.)

Überschiebungsflächen

(GM) Gegend des heutigen Gotthardmassivs
(AM) Gegend des heutigen Aarmassivs

Zur schematischen Skizze der Glarnerüberschiebung

1. Permokarbon: Erosion herzynischer Gebirgszüge und Ablagerung der Verrucanosedimente in einem Geosynklinaltrog. Verbreiteter Vulkanismus (quarzporphyrische und spilitische Laven).
2. Ende Mesozoikum, Anfang Tertiärzeit.
   Fast während des ganzen Mesozoikums war die Gegend des heutigen Glarnerlandes von einem Meer (Tethys genannt) bedeckt, darin haben sich vor allem Kalksteine gebildet. Gegen das Ende des Mesozoikums setzte für kurze Zeit eine Trockenzeit ein mit teilweiser Erosion (markiert durch unebene Oberfläche).
3. Beginn der Alpenfaltung. Aus heute noch unbekannten Ursachen werden die südlich gelegenen Sedimente auf die nördlichen hinauf- und hinübergeschoben. Das Grundgebirge wird in Keile und Horste aufgespalten.
4. Gegen Ende der Alpenfaltung: Hebung des Aarmassivs, Wölbung der Glarnerschubmassen. Die Deckenentwicklung ist ziemlich weit fortgeschritten. Dabei kamen alte Gesteine (z. B. der permokarbonische Verrucano mit den vulkanischen Laven) auf den viel jüngeren Flysch zu liegen. (Alle Zeichnungen sind natürlich stark schematisiert und viele Einzelheiten wie z. B. die eingewickelten Flyschdecken nicht berücksichtigt.)
5. Heutiges Relief: Die Erosion hat die geologischen Decken oder Schuppen zernagt und gestattet heute einen Einblick in den Baustil der Schubmassen. (Vergleiche die tektonische Karte von *Oberholzer* und die Aufrisse des Verfassers.)



Geologische Geschichte und Gesteine des Glarner Freiberges

Geologische Zeiten (in Millionen Jahren) Epoche	Formation		Geologische Ereignisse, die für den Glarner Freiberg von Bedeutung waren
Neozoikum (60 M. J.)	Quartär		Vergletscherungen, Erosion (Auftreten des Menschen vor 30—600 000 Jahren)
	Tertär:	Pliozän Miozän Oligozän Eozän Paläozän	Alpine Gebirgsbildung mit Hauptphase im Oligozän bis Miozän. Gleichzeitig schon starke Erosion, Ablagerung des Flysch.
60 M. J.			
Mesozoikum (140 M. J.)	Kreide (80 M. J.) Jura (35 M. J.)	Malm Dogger Lias	Die Alpenüberschiebung tritt in ihr Anfangsstadium, indem sich der Boden der Tethys bereits hier und dort in Wellen wirft. Vor allem aber findet eine mächtige Sedimentation in einem Meer mit reicher Fauna statt.
200 M. J.	Trias (25 M. J.)		Zu Beginn Überflutung durch ein Meer und in der Folge Ablagerung verschiedenster Sedimente.
Paläozoikum (370 M. J.)	Perm + Karbon (140 M. J.)	(Permokarbon)	Herzynische Gebirgsbildung mit Hauptphasen im Karbon. Entstehung des alten Aar- und Gotthardmassives. In der Mulde zwischendrin Ablagerung verschiedenster Gesteine bei starkem klimatischem Wechsel: Wüsten, Überflutung durch Meeresarme, spärliche Vegetationsinseln, vielleicht sogar teilweise Eisbedeckung. Während der ganzen Zeit wechselvolle vulkanische Tätigkeit mit Förderung großer Lava- und Tuffmassen.
570 M. J.	Devon (40 M. J.) Silur (100) M. J.) Cambrium (90 M. J.)		Verschiedene geologische Ereignisse, die in den Alpen kaum noch festgestellt werden können (kaledonische Gebirgsbildung am Ende des Silur, z. B.).
Urzeit (1500 M. J.) Ca. 2000 M. J.	—		Erste geologische Zeiten, deren Ereignisse fast überall auf der Erde von jüngeren Ereignissen verwischt sind. — Vor dieser Zeit existierte noch kaum eine Erdkruste.

Gebildete Gesteine	Einige Ortsangaben
Lockergesteine wie Moränen, Gehängeschutt, Blockschutt, Bergsturzschutt, Bachschutt.	Häufige Moränen an Kar- und Talseiten, Schutt am Fuße von Karwänden.
Flysch: gew. Flyschsandsteine, Taveyannazsandsteine, Nummulitenkalke (Blattengratschichten), Kieselkalk, Sandkalk, Brekzien und Konglomerate (bes. im Wildflysch), mergelig-kalkige Schiefer (oft mit Globigerinen), Dachschiefer.	Unterhalb des Lochseitenkalkes bis zu den Talsohlen, in wechselnder stark durchfalteter und verschuppter Lagerung. — Der Wildflysch bildet eine sehr verschieden mächtige, durch Sedimentgleiten unregelmäßig gelagerte deckenartige Einlagerung zwischen den helvetischen Decken und dem autochthonen Glarner Flysch.
Vorwiegend Kalke, mergelige Kalke, Mergel, Kieselkalke.	Nur in der Westflanke (Saasberg, Etzelstock, Mäzgrat) und als Lochseitenkalk vertreten.
Quartenschiefer, Rötidolomit, Rauhwacke, Melsersandstein.	Bei den andern mesozoischen Sedimenten und oft als Schuppen den Lochseitenkalk begleitend.
Sandige Tonschiefer (oft leicht metamorph) bis Sandstein, Brekzien und Konglomerate (= Verrucano oder Sernifit), schwarze, graphitische bis anthrazitische Schiefer (Berglihorngrat). Darin eingelagert mächtige Ergußgesteins- und Tuffmassen.	Hauptmasse der Gesteine oberhalb der Überschiebungslinie. Die vulkanischen Gesteine bauen den Großteil sämtlicher Gipfelpartien und zahlreiche Steilstufen auf.
Ältere Gesteine höchstens vertreten in den Konglomeraten und Brekzien des Verrucano.	