

# Von der Entstehung unserer Alpen

Autor(en): **Wehrli, Leo**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Appenzeller Kalender**

Band (Jahr): **228 (1949)**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-375366>

## **Nutzungsbedingungen**

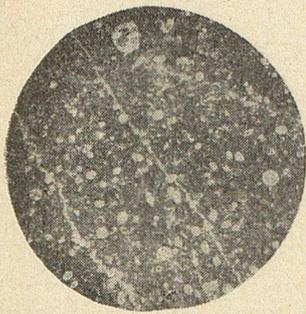
Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

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.

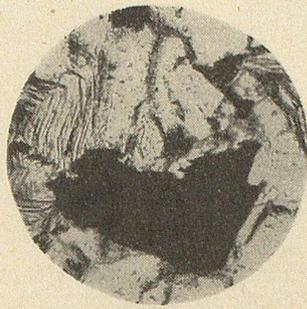
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

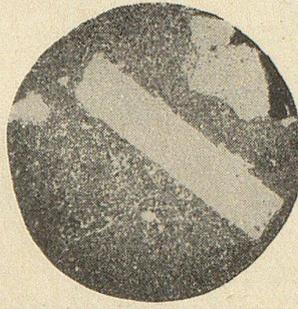
Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.



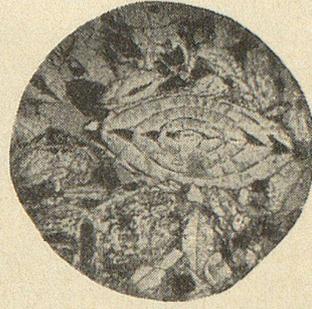
1



2



3



4

### Mikrophotographien von Gesteins-Dünnschliffen (Schliff-Dicke 1/50 mm)

1. Seewerkfall, wie Säntisgipfel (Schliff-Original aus Seewen-Schwyz). Im Mikroskop erscheint das für bloßes Auge vollständig dichte Gestein aus unzähligen Schälchen mariner Kleintierchen (Foraminiferen) zusammengefügt (35fache Vergrößerung).
2. Glimmerblätchen-Gefüge, an tubischem Eisenies-Krystall (dunkel) zernüßt, ein Faltengebirge im Kleinen. Granit vom Val St. Placi bei Disentis. (250fache Vergrößerung, 23. Februar 1896).
3. Windgälle = Porphyr. Feldspat (Orthoklas) in feinkörniger Grundmasse. Ergußgestein von der Kleinen Windgälle. (35fache Vergrößerung, 8. Januar 1912).
4. Nummuliten = (Bägenstein) = Brekzie vom Fly bei Weesen. Weltmeerbeherrschende Schalentierchen der Cozän-Zeit. (40fache Vergrößerung, 8. Januar 1912.).

## Von der Entstehung unserer Alpen

Von a. Prof. Dr. Leo Wehrli, Zürich (Orig. Aufnahmen und Zeichnungen vom Verfasser.)

Im eidgenössischen Jubiläumsjahr 1891 kam ich als Student unter Führung meines in frischer Begeisterung verehrten und unvergeßlich geliebten Lehrmeisters Albert Heim auf den Säntis. Überwältigend war der weitgespannte Ausblick, die anbordenden Gratwellen der ehrlich offenen Gebirgsarchitektur, das in rauhe Felswände eingemuldeten Seealp-Seeli, der bergauf leckende Große und der kleinere, doch gletscherartigere Blaue Schnee, um den wir, um Tüme und Sürli herum, angestiegen gekommen; ich erstmals im Leben auf 2500 Meter über Meer.

Das tiefgehendste Erlebnis aber war ein ganz kleiner Fund. Während wir, in wohlige Bewunderung versunken, auf der Gipfel-Kalkplatte des gegen den Syrenspitz abbrechenden Scheitelgewölbes saßen, spürte ich eine rundliche Erhabenheit in meiner Unterlage und fand ein bohnen großes, braun-schwarz glänzendes Knöllchen, fest eingewachsen im grauen, dichten Gestein. Es sei ein flacher Pflasterzahn, der vor ungezählten Millionen Jahren einem haifischartigen Meerestiere, vom berühmten Schweizer Paläontologen Agassiz „Ptychodus“ getauft, angehört habe, erklärte Professor Heim. Also kein Rosenknopf eines Appenzeller Alpenklüblers!

Auf späteren Bergtouren sah ich versteinerte Auster-Schalen im Südhang der Rigi-Hochfluh und im Aufstieg zum Kuchen-Blärnisch, und an der großen Windgälle zu Steinließen verquetschte Ammonshörner, das sind schneckenförmige Gehäuse einstiger tintenfischartiger Weichtiere, die im Meere der geologischen Jurazeit räuberten. Wie kamen diese Völker auf unsere Bergeshöhen?

Um zu einigermaßen glaubhaftem Verständnis zu gelangen, erleben wir zunächst das Gesteinsmaterial unserer Alpen, quer zum Gebirge nach altem Geologengespräch „Mente et malleo“, mit Verstand und

Hammer uns hindurchklopfend von Aufschluß zu Aufschluß. Das besorgten in mühevoller Kops-, Hand- und Beinarbeit seit über 150 Jahren ungezählte Geologen, ohne noch je fertig zu werden. Die wissenschaftliche Erdforschung schreitet täglich fort und wird nie aufhören. Daraus wollen wir von Ort zu Ort in kurzem Querschnitt die augenfälligsten Rosinen dankbar herausknappern.

Da wäre zu allernächst der Kalkstein zu nennen, das häufigste und für das Auge einfachste Gestein unserer nordalpinen Bergketten. In gleichmäßiger Folge schichtenweise oder in dickbankigen Lagen aufgebaut, muß es sich einst auf Meeresboden abgesetzt haben, wie dies eingeschlossene Schalen, Zähne und versteinerte Knochenreste unlegbar beweisen. Schleifen wir einen kleinen Kalksplitter unseres Säntisgipfels zu einer dünnen (ein fünfzigstel Millimeter „dicken“) Lamelle, so wird das dichte Gestein nahezu glashell und erweist sich im durchfallenden Licht des Mikroskops bei starker Vergrößerung als riesiger Friedhof unzähliger winziger Schalentierchen, sog. Foraminiferen („Schleinträger“). Ihre zierlich gitterigen Kalkschälchen bilden, mit aus dem Meerwasser abgeschiedenen Kalkzement lückenlos verklebt, die kompakt dichten Gesteinsmassen, welche lagenweise mit weichen, tonig-mergeligen Schichten abwechselnd den Felswänden ihre treppig profilierte Bänderung verleihen.

Anderer Entstehung sind die verbreiteten Nagelfluhen und Sandsteine unseres nächsten Alpenvorlandes und schweizerischen Mittellandes. Ihre rundlichgerollten, kops großen bis feinkörnigen Bestandteile waren zuvor schon verschiedenartige Gesteine des im Aufstieg begriffenen (heute südlichen) Gebirgsteiles gewesen, von dem abwitternd sie durch erste Alpenflüsse nordwärts heraustransportiert und als Trümmergesteine im vorgelagerten großen Molasse-Süßwasser-See, zeit-

weise Molasse-Meer, zur mittleren und späteren Tertiärzeit abgelagert wurden.

Eine dritte Hauptgruppe bilden die Urgesteine der inneren Alpen: die aus schmelzflüssigen Magmen in den Tiefen des Gebirges bei langsamer Erkalzung zum lückenlosen Kristallgefüge (z. B. aus Glimmer, Feldspat und Quarz) erstarrten: Granite und die meisten Gneise. Erst zufolge Abwitterung der sie einst bedeckenden Schichtserien und durch gewaltige Hebungen und Schübe der Erdrinde sind sie oberflächlich sichtbar geworden. Sie sind zu verschiedenen Mineralpezies zusammen austkristallisiert, nicht mineralisch einheitlich wie etwa Kalk.

Alle diese, hiervor nur in augenfälligsten Hauptgattungen aufgezählten Gesteine sind verschiedensten Alters. Bei schichtweiser Ablagerung aus Wasser wird das zu unterst „Liegende“ älter sein, als sein „Hangendes“, und die aus Schmelzfluß entstandenen, kiesel-säurereichen „Massengesteine“ der granitisch-kristallinen Massive liegen als Tiefengeburtens normalerweise in der Basis der uns zugänglichen Aufschlüsse.

In der Schichtgesteins- oder Sedimentserie lassen sich innerhalb größerer Einheiten noch unzählige Detailreihen aufstellen an Hand der darin enthaltenen Reste von Organismen, vorweltlichen Tieren und Pflanzen, und deren vom Ältesten zum Jüngsten in staunenswert konsequenter Entwicklung aus frühestem, einfach-organisiertem zum späteren Komplizierterem. Relative (gegenseitige) Altersunterschiede konnten durch die Paläontologen und Stratigraphen in unglaublicher Kleinarbeit festgestellt werden. Die geologische Zeitfolge unterscheidet, von der Gegenwart rückwärts gerechnet, folgende Hauptabschnitte:

Neuzeit oder Känozoikum:

Quaritär = Alluvium (Jetztzeit) und Diluvium (Eiszeiten); Tertiär (insbesondere die Sandsteine des schweizerischen Mittellandes).

Sekundärzeit oder Mesozoikum, umfassend die mächtigen, meist maritimen Sedimente der Kreide-, Jura- und Triasformation des Juragebirges und der Alpen.

Primärzeit oder Paläozoikum: Perm, Carbon, Devon, Silur und Cambrium (die drei letztgenannten bei uns nicht mehr voneinander unterscheidbar).

Endlich als tiefstbekannte, älteste Gesteine, ohne Fos-silreste, die kristallinen Massengesteine und Schiefer (Granite, Gneise, Glimmer- und Ur-Tonschiefer der Alpen):

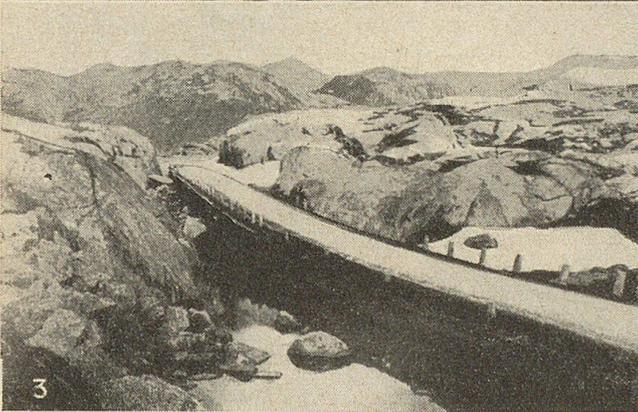
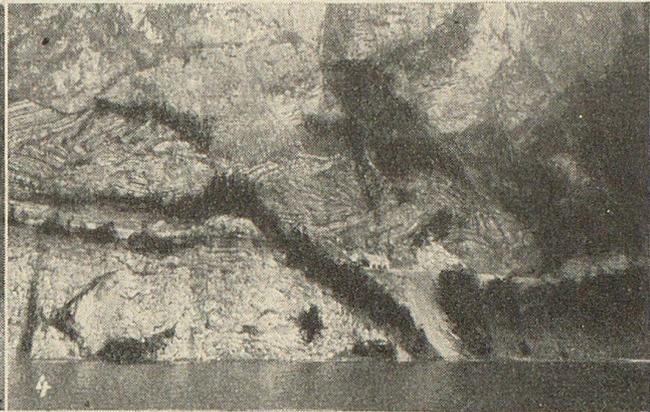
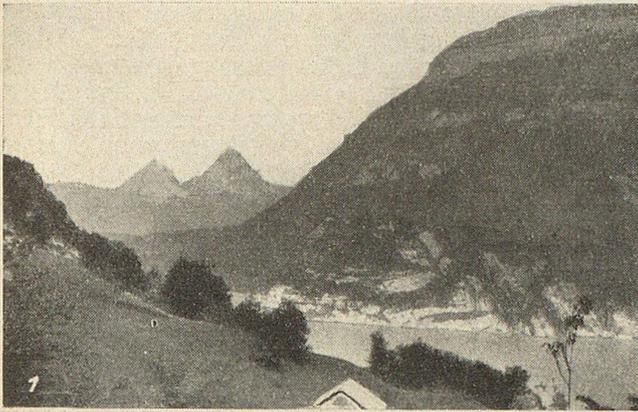
Urzeit oder Archäikum.

Bei dieser Altersreihe dürfen wir uns nicht verhehlen, daß unsere ältesten greifbaren Belegstücke nur verhältnismäßig geringen Tiefen von wenigen Kilometern entstammen, d. h. den obersten Kündenzonen des über 6000 Kilometer betragenden Erdradius. Mit chemischen, physikalischen und mikroskopischen Untersuchungen sind die Mineralogen und Petrographen am kristallinen Gestein beschäftigt. Wenn alles „normal“ liegt, mag solches Studium nicht unergründlich schwierig erscheinen. Doch bot schon unsere erste Säntis-Exkursion eine überraschende Komplikation. Die einst im Meeresgrund wohl

mehr oder weniger horizontal abgesetzten Schichten stehen im Berg schief bis senkrecht, bilden mehrfach Gewölbe und Muldenbiegungen, und bei näherem Vergleich ihrer Versteinerungsreste weisen große Schichtpakete zeitlich verkehrte Reihenfolge auf. Da ist doch seit der Bildung der Schichten Unglaubliches mit ihnen passiert, ganz abgesehen davon, daß sie 2500 Meter über der heutigen Meeresfläche tronen. Und aus fernem Alpenpanorama ragen, bei günstiger Beleuchtung vom Säntis sichtbar, der Granitgrat des Bernina im Oberengadin und aus dem Berner Oberländer Zentralmassiv das Finsteraarhorn, Mönch und Jungfrau Spitze auf. Sie komplizieren das Rätsel. Wir müssen der Architektur der Alpen nachgehen, ihre „Tektonik“ zu begreifen suchen. Wir suchen hiefür einige, als besonders maßgeblich erscheinende Belegstellen auf aus einem Nord-Süd-Querschnitt durch das ganze Gebirge, an dessen südwest-nordöstlicher Streichrichtung unser Säntis einen schier etwas vorwärtigen äußersten Flügel darstellt. Wir entnehmen sie den Landschaften vom geologisch wie vaterländisch klassischen Vierwaldstättergebiet durchs Urnerland aufwärts, über den Gotthard und jenseits bis an die Tessiner Seen hinab.

Eine erste tektonische Frage stellt uns schon der Nigi. Als „seinerzeit“ von den werdenden und gleichzeitig abwitternden Alpen abgetragenes Material, zeigen schon die Luzerner Sandsteine und, näher am Gebirge, die größeren Nagelfluhschichten der mittelländischen Molasse Lagerungsstörungen: schwache „Gewölbeaufbiegungen“ („Antiklinalen“) und Muldenzonen („Synklinalen“) streichen parallel nebeneinander längs des Alpenrandes von Südwest nach Nordost. Und ganz konträr zu ihrer einstigen Herkunftsrichtung fallen die bunten Nagelfluhbänke vom Nigikulmgipfel südwärts - alpeneinwärts - steil unter Versau hinab. Kopfberg, Schänniserberg bis Speer sind ihre östliche Fortsetzung. Sie erscheinen von Süden her aufgeschoben über die nördlich vorliegenden, schwächer dislozierten bis flachen Molasse-Sandsteine.

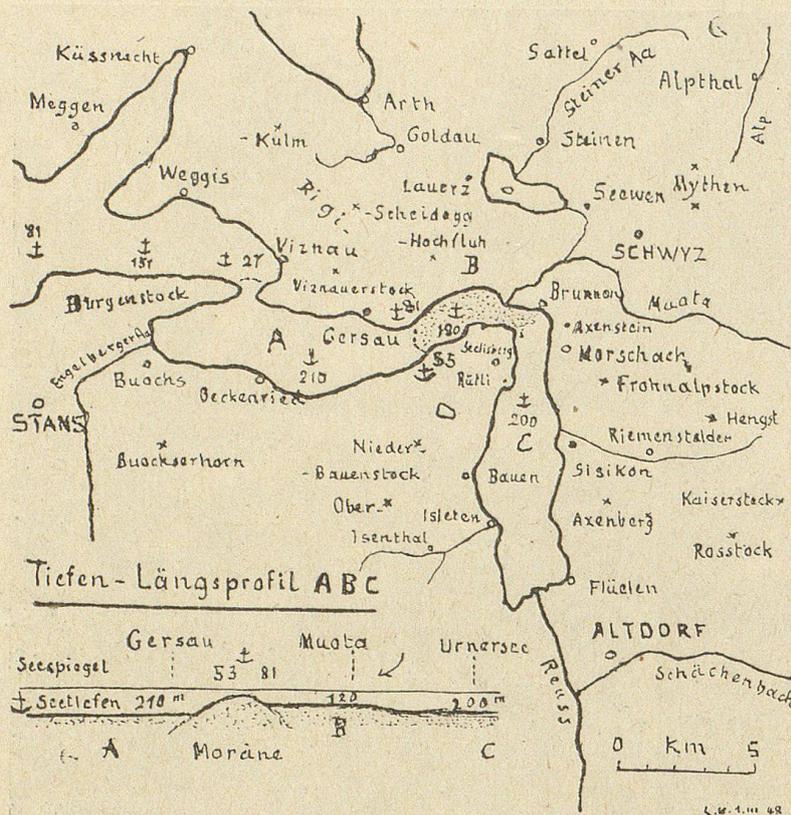
Steigt man von Nigi-Scheidegg auf der Nagelfluh ostwärts zum Gätterli-Sattel ab, so trifft man hier auf eine weich-tonschieferige, schmale „Flysch“-Zone der ältesten Tertiärformation (Cocän), die der südfallenden (jünger tertiären) Nigi-Nagelfluh mit gleichem Süd-fallen altersregelwidrig aufliegt, und wir sind nicht wenig erstaunt, daß sich südlich darauf erst noch 500 Meter mächtige Schichtenköpfe wie eine Steiltreppe zur Nigi-Hochfluh aufbauen. Es sind Kalkplatten der in der normalen Schichtreihe ja älteren, schon zum sekundären Zeitalter gehörenden Kreideseformation, die südlich vor der (jüngeren) Nigi-Nagelfluh, und noch abschüssiger als diese, auch zum Versauer Längsarm des Vierwaldstättersees absinken und, offenbar unter diesem durchziehend, jenseits bei Treib zum Seelisberg wieder aufsteigen. Nach Westen erkennen wir das gleiche Gestein im Bznauerstocf, und gegen Osten streicht es als Kalkgrat der Zinggelsenfluh bei Seewen axialsinkend aus. Drüben liegt Schwyz auf breiter eo-zäner Tonschiefermulde, und die Kreidefalte steigen von Brunnen südlich gegen Morschach auf, wie von Treib zum Seelisberg. Urnersee-aufwärts bilden die schroffen Felsbänder der



1. Mythen = Frohnalpstock, von südlich Seelisberg. Scharf geknickte Schatten-Kalk-Mulde, zum Frohnalpstock-Gipfelband aufbiegend (höhere helvetische Decke). Links hinten Mythen (Resten der Klippen-Decke). 13. Mai 1923.
2. Rigi, vom Bürgenstock. Südfallende Molasse-Nagelfluhbänke vom Dossen, rechts darüber von Süden aufgeschoben (älterer) Kreidefalk: Rigi, Hochfluh, Wignauerjod. 25. August 1940.
3. Gotthard = Paßhöhe, vom Hospiz her gegen Nord. Granit vom Gletscher runderbucklig geschliffen. 22. Juli 1913.
4. Faltengewirr an der Argenstrasse, vom Schiff aus. (Tiefere helvetische Decke). 22. Juli 1913.
5. Sântisgewölbe, aus der Schwebebahn. Seewerkfall. Südflügel der Sântis-Gyrenspiz-Mulde. 20. Juli 1940.
6. Magadino = Ebene. Endzungen der Tessin-Anschwemmung, querüber von Süden gesehen. 6. September 1943.

Kreideformation spiegelbildartig, kühn geschwungene Falten am Bauenstock westlich und östlich im Fronalpstock. Erosion und Talbildung haben uns hier das Naturbuch herrlich geöffnet. Weit im östlichen Hintergrund sitzen auf der Gfösch-Mulde von Schwyz die trotzigen Mythen, erst recht nochmals ältere, in der Haupt-

masse der Juraformation zugehörige Kalkklöße. Mehrfach findet sich also Älteres auf Jüngerem aufgebaut. Zwar fehlt der Mythengruppe weitere zusammengehörige Nachbarschaft. Genaue Gesteins- und Fossilvergleiche führen aber zum Schluß, daß Roggenstock, Buochser- und Stanserhorn und der Wiswilerstock ob dem Lun-



gernsee „von gleichen Eltern“ abstammen, will sagen, einst einen zusammenhängenden, auch schon in Falten gelegten Gebirgstheil darstellen. Dieser setzt sich als tatsächliche Ganzheit gegen die Westschweiz fort in den Simmentaler Bergen (Stoßhornkette), und es sind die Freiburgerischen und Waadtländer „Préalpes“. Sie kamen, Fremdlinge aus dem Süden, als sog. Klippendecke, über die „helvetischen“ Kalkalpendecken herübergeschoben und überborteten im Westen stellenweise noch die weit jüngere, mittelländische Sandstein-Molasse.

Verfolgen wir, zum Urnersee zurückkehrend, unseren tiefsten Faltenzug der Kreiddecken vom Fronalpstock südwärts. Er biegt unter's Niesenstaldertal ab und steigt auf der anderen Talseite hinter dessen eoänen Gletschermulde als neue mechanische Schubeinheit in tausendfach übereinander liegenden Schichtfalten zum Axenberg auf. Es sind die schon vom großen Zürcher Naturforscher J. J. Scheuchzer zu Anfang des 18. Jahrhunderts beobachteten und von ihm in origineller Profil- und Kartenzeichnung wiedergegebenen, in unseren Reisehandbüchern „besternte“ geologischen Wunder der heutigen Axenstrasse. Weiter folgt wieder eine, diesmal sehr breit ausgelegte Mulde, das Schächental, von Altdorf-Bürglen bis zum Klausenpaß und Scheerhorn und ins Glarnerland verfolgbar.

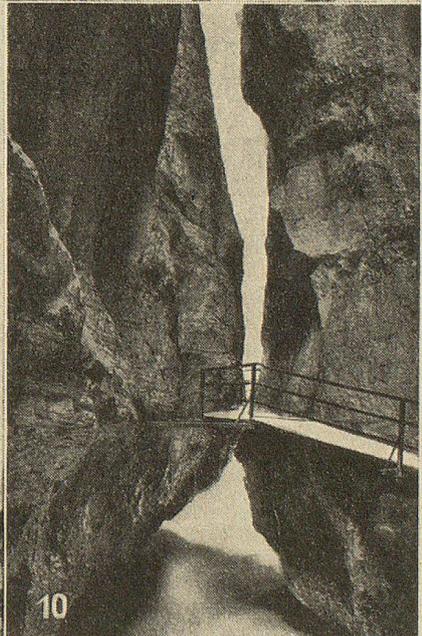
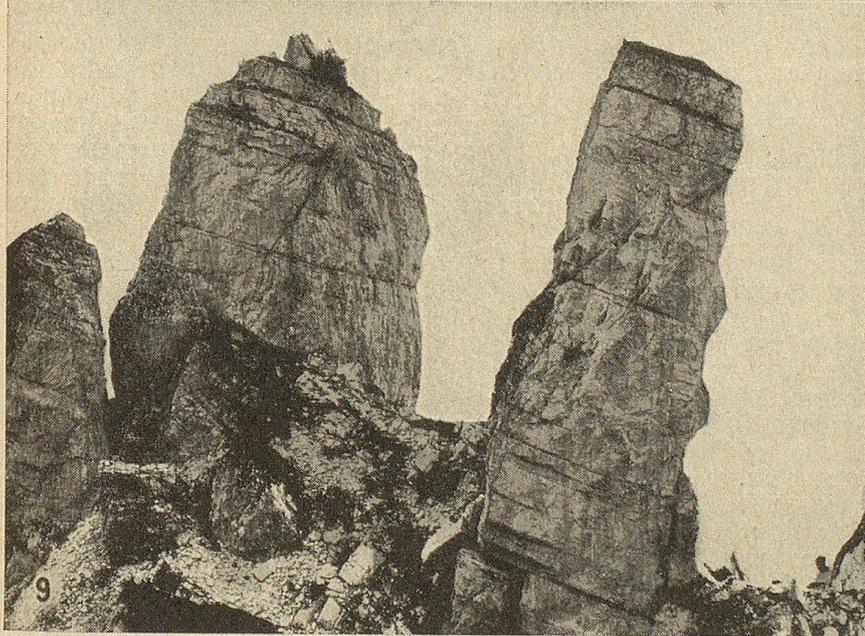
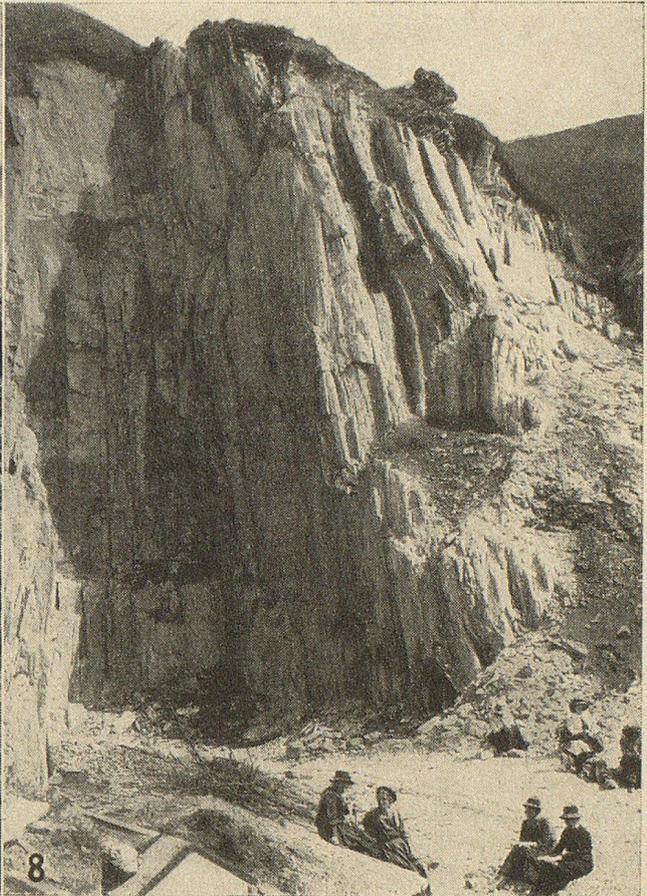
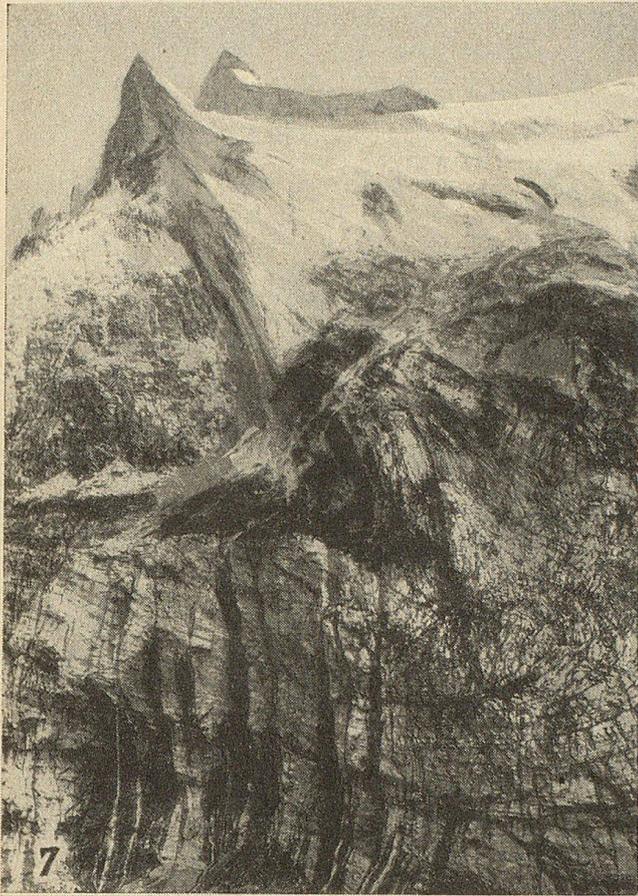
Vor Erstfeld tauchen nun, das Profil beherrschend, beträchtlich ältere Formationsglieder auf: stöszige Felswände graublau anwitternden schwarzen „Alpenkaltes“, nebst tieferen Gliedern aus dem Jurazeit- Meer, untermauert von hübsch gebänderten, rötlichgelben Dolomiten

der Trias, des untersten Gliedes der sekundärzeitlichen Schichtreihe. Dieser mächtige Gesteinskomplex schlingt sich als gewaltiger Schichtenbogen in der Nordflanke des Maderanertales unter der kleinen Windgälle hindurch nach Norden über sich selbst zurück, umbüllt dabei einen nach Norden gegen den Seeweli-See sich öffnenden Alt-Tertiär (Cozän)-Keil der Schächental-Südflanke und endet, schon wieder südwärts umbiegend, mit der scharf in die Luft abbrechenden, schier schreckhaften Vertikalplattenwand von Großer Windgälle und Kuchen als Schlußglied des nördlichen Kalkalpen-Anteils unseres Urner Querschnitts. Denn der ganze große Windgällenaufbau ruht quer auf steil, fast senkrecht stehenden Gneisen und Granit des Naremassives. Schon bei Erstfeld steigen diese Urgesteine am Talrand (berühmte Kontaktstelle am Scheidnöfli) aus der Tiefe und beherrschen, braun angewittert und massig-klobig abstechend von den überlagernden, wellig-faltig ansteigenden Sedimentbändern von nun an das Landschaftsbild, mit einziger Unterbrechung durch die Urferrenzone, bis jenseits des Gotthard ins Tessin hinab.

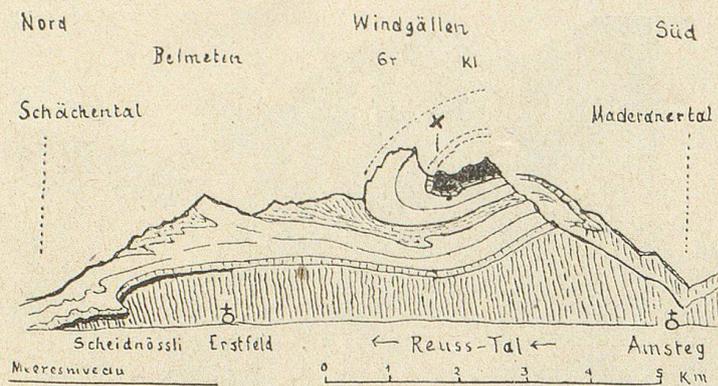
Während aber vom Rigi bis Altdorf die Schichtgesteine in den mehrfach übereinander geschobenen und in sich selber wieder gefalteten „helvetischen“ Decken und mit der „Klippendecke“ (Mythen usw.) als oberstem Bau-Stockwerk durch Schub aus Süden hergebracht, gleichsam wurzellos sich aufbeigen, ist die Windgällen-Architektur, obgleich selber und in größtem Schwung gefaltet, auf ihrer Urgesteins-Unterlage bodenständig, sog. autochthones Gebirge.

Es ist wohl selbstverständlich, daß die Gebirgsdislokationen, die unser Profil schon bis dahin erkennen ließ, im Streichen, d. h. in der Längsrichtung des Alpengebirges nach Südwesten und Nordosten, sich ausgewirkt haben müssen. So lassen sich tatsächlich tektonische Äquivalente der helvetischen Decken bis in den Säntis hinaus und in die Unterwaldner-, Berner- und Waadtländer-Alpen verfolgen; vom gebirgsarchitektonischen Zusammenhang der Mythen-Klippen mit den welschen Vor-alpen ist bereits die Rede gewesen. Das autochthone Windgällengebäude setzt sich erkennbar östlich im Tödi bis Calanda und westwärts über Tilsis, Wetterhorn-Eiger, und als Kalkteile in der Granitbrust der Jungfrau fort, allerdings mit bedeutenden lokalen Unterschieden.

Noch ein besonderes Geheimnis verwahrt die Kleine Windgälle. Ihr Gipfelgestein ist wichtiger Quarzporphyr, ein regelrechtes vulkanisches Ergußprodukt von rötlicher, stellenweise grünlicher Farbe. Er liegt im Gwölbekern der nach Norden umgelegten großen Windgällenfalte und durch deren Abwitterung im Dach freigelegt. Vor hundert Jahren war dieser Porphyr von den Geologen verdächtigt, ehemals durch seinen Aus-



7. Großer Ruchen, vom Hüfi-Abpli. Mächtiger Hochgebirgskalk-Bogen (autochthone Juraformation) um den altvulkanischen Porphyrok. Rückseitenbild zur Windgällen-Profilzeichnung. 22. August 1893.
8. Andermatt Marmor, v. West. Durch Gebirgsdruck zwischen Nar- u. Gotthardmassiv eingeklemmte Urjeren-Mulde. 19. Sept. 1910.
9. Teufelskirche am Ortstock ob Braunwald. Musterbild größter Verwitterung. 16. Juli 1912.
10. Nareschlucht Meiringen, aufwärts. Ausstellung durch Nare-Flußgeröll im Kirchet-Querriegel. Photoglob Zürich, 1905.



Windgällen-Profil nach Alb. Heim (vereinfacht)

	Eozän (Tertiär)		Quarz-Porphyr
	Malm (Hochgebirgstal)		Porphyrgerölle im Dogger
	Dogger		Gneis und Granit des Aarmassivs
	Trias (Rötidosomit)		

bruch an der Auffaltung der Alpen mitgeholfen zu haben. In den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts entdeckte Albert Heim anlässlich der geologischen Kartierung des Dufourblattes XIV in den der Mitteljuraformation (Dogger) zugehörigen Schichten zwischen Großer und Kleiner Windgälle eingeschlossene Gerölle dieses schönen Porphyr. Der Porphyr muß demnach zur Ablagerungszeit dieses Meeres-Sedimentes schon fertig gebildet existiert haben. Weit jüngere Schichten (alttertiäres Eozän) sind aber bei der Alpenfaltung in die große Windgällenfalte miteingeschlossen worden. Der Faltungsvorgang ist also viel jünger, als der Porphyr, und dieser an der Faltung unschuldig, vielmehr von ihr passiv mitgeschleppt worden. Seinen Ursprung glaubt man in sechs Kilometer südöstlicher Entfernung im Urgestein des Tscharren, einem Vorberg des Oberalpstokes, erkannt zu haben.

Doch setzen wir unser Profil Reusstal aufwärts fort. Bis zum Urserental bleibt es im kristallinen Aarmassiv. Bei Andermatt kreuzt man (wie auch darunter im Gotthardtunnel) die schmale, vertikal stehende, zwischen Aar- und Gotthardmassiv eingeklemmte Sedimentmulde des Urserentales. Sie ist durch Gebirgspressung geschiefert und teilweise marmorisiert aus Kalken jurassischen Alters und zieht Urserental aufwärts gegen die Furka; triasisches und kohlig geschwärztes, wohl carbonisches Gestein begleitet sie. Die Urserenmulde bildet das Mittelstück der tiefen, inneralpinen Rhone-Rhein-Längstlinie von Martigny bis Chur. Die Nordflanke des Walliser Rhonetales und das Bündner Vorderrheintal sind als Wurzelzone der helvetischen Kalkalpen-Decken anzusehen. Aus ihr wurden diese über das Aarmassiv in komplizierten Reihenfolgen hinübergeschoben, dem sie heute in welligen Abfällen nördlich vorliegen, nicht ohne auf seinem granitischen Rücken Kalkfluhlen zurückzulassen (z. B. das im Jahre 1946 durch Erdbeben-Verasturz interessant gewordene Kawilhorn).

Ab Hospental verfolgen wir direkt südwärts die Gotthardstraße über den Nordrand des Gotthardmassivgranites mit gneisig malträtierten Randsedimenten und ver-

schiedenen Linsen von Serpentin und Talk-schiefern, die mehrerorts als Feuersteine und für geschliffene Kleinarbeiten abgebaut werden. Auch das sind durch Gebirgsbildungsdruck sekundär metamorphosierte Gesteine. Grobmassige Granite, feinkörnige weiße Ganggesteine, grüne Hornblendeschiefer (Amphibolite) und allerhand schiefrige Gneistypen erfreuen den Gesteinskundler, und über eine breite Passhöhe mit dort selbst kaum merklicher großalpiner Wasserscheide zwischen Reuß-Tessin (Nord-Süd) und Rhone-Rhein (Südwest-Nordost) erreichen wir beim Gotthardhospiz die ungemein steil abfallende Südrampe und durch das Tremolatal schluchtartig die geologisch markante Bedretto-Canaria-Sedimentmulde von Airolo. - Ihre Glanzschiefer (durch Gebirgsdruck umgewandelte mesozoische Ton-schiefer) und Gypszüge verbinden sich, ostwärts mächtig verbreiternd, mit den „Bündnerschiefern“, und via Nusenen-

paß erreichen sie gegen Brig die Rhonetal-Narbe, deren südseitige Flanke sie talabwärts unterbauen. Tessin abwärts stoßen sie unter die paketartig flach übereinander gebankten Tessiner Gneise, ein neues, weit ausgebreitetes Gebiet kristalliner Gesteine. Ihre zahlreichen sedimentären Zwischenlagen verraten auch hier von Süden hergeschobenen Deckenbau. Wir finden Äquivalente als Simplondecken durch den denkwürdigen großen Alpentunnelbau staunenswert aufgeklärt. Die Simplon-Tessiner-Decken sind die tiefstbekannte Überschiebungsetage der Schweizeralpen. Aber sie erreichen doch mit ihrer im Mittel-Tessin aufgewölbten Decken-Culmination durchweg hochalpine Gipfelhöhen von 2500 bis 3000 Meter. Ihre tiefeingesägten Talzüge münden alle zur Linie Castione-Bellinzona-Engensee-Centovalli. Hier tauchen denn auch die Tessiner Gneisdecken steil südlich zur Tiefe ein; es ist ihre „Wurzelzone“. Nach Westen über Sesia und östlich über den Joriopaß bildet sich das eng zusammengepresste Ursprungsband des über südlichem Wallis und Graubünden ausgebreitet ausliegenden penninischen Deckensystems (im weiteren Sinne).

Als nächst höheres Stockwerk folgt südlich der Rhone als (im engeren Sinne) penninisches System: die St. Bernhards-Decke mit den qualitativ und quantitativ wenig berühmten Anthrazit-Linsen aus der Carbonformation, Monte Rosa-Decke und Dent Blanche-Decke mit den vornehmsten Walliser Hochgipfeln Matterhorn, Gabelhorn, Weißhorn. Über den Tessiner Gneisen als untersten penninischen Decken, sind jene oberen, eigentlichst penninischen, längst abgetragen. Dafür sind sie, gedanklich über Simplon-Tessin nach Osten verfolgt, in den Mittelbündner-Schuppenzonen wieder zu erkennen. Die stolze Margna an der Maloja wird als Fortsetzung des obersten Walliser Hochbaues, der Dent Blanche-Decke, aufgefaßt. Ihr tektonisch übergeordnet, aber unter stetem östlichem Sinken der alpinen Firs-Achse erheben sich die stolzen Oberengadiner als unterste ostalpine Decken, beginnend und kulminierend in ihrem einzigen Viertausender, dem majestätischen Pijs Bernina.



Tödi, von Planura, gewaltige Hochgebirgs-Kalkwand (oberste Juraformation des Autochthonen), am Klein-Tödi noch tiefere Juraschichten und Trias. 2. August 1931 (Phot. S. Schönwetter, Glarus)

Nordwärts bot der Gotthard-Granitstock dem Anstich der Tessiner Decken Halt, wie die oberen penninischen Deckenserien am Narmassiv an der Rhone-Linie brandeten. Und es wäre ein lockendes, aber langatmiges Unternehmen, diese mechanischen Schuppen-Einheiten unserer Alpen in deren Längsrichtung über das Unterengadin hinaus und in entgegengesetzter Richtung durch die französisch-italienischen Alpen bis Korsika und übers heutige Mittelmeer zu verfolgen.

Versuchen wir schließlich an unserem Nigi-Gotthard-Tessin-Querschnitt ein vorläufiges Ende zu finden. Am Ceneri, südlich der Magadino-Ebene, steht neuerdings kristallines Grundgebirge an. Darin eingeklemmt steht bei Manno, hervwärts Lugano, eine carbonzeitliche Mulde mit spärlichen Kohlenpflanzenresten. Südlich von Lugano, gegen Melide-Morcote, machen sich, ähnlich wie an der Kleinen Windgälle, altvulkanische Ergüsse prächtiger Porphyre breit, rote und schwärzliche, die als Bausteine (Kirche Carona) und für Straßenbelag (Lugano) abgebaut werden.

Mit dem triasischen Dolomitklotz des Salvatore beginnen schon die Schichtgesteine der südlichen (dinarischen) Kalkalpen, die im Monte Generoso mit sekundärzeitlichen Ablagerungen (Gias, Kieselkalk) gewaltiger Mächtigkeit dominieren und in weit nach Süden ausgreifendem, doch verglichen mit den nördlichen Kalkalpen zahmeren Faltenwurf schließlich unter die allu-

vialen Schuttmassen der Po-Ebene absinken. Dafür geben hier Schollenverschiebungen durch Verwerfungsbrüche der Erdrinde ungewohnte geologische Fragen zu lösen. Bei Arzo im Sotto-Ceneri ist ihnen ein wundervoll buntscheckiger Brekzien-Marmor zu danken, und zwischen dem Capolago- und Porto-Ceresio-Arm des Euganersees wird am Monte San Giorgio aus triasischen bituminösen Schiefeln das Heilmittel Sauriol ausdestilliert; der Betrieb brachte hochinteressante Saurier-Skelette zu Tage, die im paläontologischen Institut der Universität Zürich (Leitung Prof. S. Peyer) zu bereits weltberühmt gewordenen Schaustücken minutiös auspräpariert wurden.

Was bis hieher an einem Nord-Süd-Querschnitt durch die zentralschweizerischen Alpen klarzulegen versucht wurde, schälte wohl das nackte Baugerippe unseres Gebirges heraus, das unfassbar gewaltige innere Kräfte in ebenso unfassbaren Zeiträumen primär aus obersten Nindenzonen aufgestaut und in Falten- und ausgedehnten Deckensystemen in- und übereinander geschoben haben müssen. Die jetzigen Oberflächenformen aber, die als Berge dastehen und von Tälern durchfurcht erscheinen, sind sekundär, doch gleichzeitig den Aufbau begleitend, durch abbauende äußere Kräfte ziseliert worden. Atmosphärische Abwitterung, fließendes Wasser und endlich die Gletscher, vorab diejenigen der für

uns jüngsten erdgeschichtlichen Periode der Eiszeit, haben die Alpen mitgeformt, die wir Menschen, noch rechtzeitig, zu bewundern kamen. Alles wurde, war, besteht und vergeht wieder.

Rückwärts schätzt man nach neuesten Methoden (Uran-Zerfall) das Alter der ältesten, uns zugänglichen Gesteine auf rund zwei Milliarden Jahre, und vorwärts in die Zukunft dürfen und können wir nicht zu denken wagen. Für die Ungeheuerlichkeit solcher Zeitzahlen fehlt uns jeder Begriff. Analoge Altersbestimmungen an Gesteinen aus allen großen Abschnitten der geologischen Zeitskala geben mit dieser befriedigend übereinstimmend differenzierte Zahlen.

Schon mancherlei frühere Meßversuche an jungen geologischen Vorgängen in der freien Natur gewannen greifbarere Zeitmaßstäbe. Ein einziges Beispiel sei, weil gerade in unser Alpenprofil einspielend, kurz angeführt. Zwischen Gersau und Treib ließ der jetzt-eiszeitliche Neußgletscher auf dem Seeboden eine (durch Tiefenmessungen festgestellte) hohe bogenförmige Rückzugsmoräne liegen. Seither bleibt der von der Muotta bei Brunnen in den See geschwemmte reichliche Schlamm vor dieser unterseeischen Barriere rückgestaut liegen. Aus seinem Volumen bestimmte Albert Heim auf geistreichem Umweg das Alter der Schlamm-Auffüllung auf 16 000 Jahre, die verflossen, seitdem der Gletscher den See freigegeben. Damit war wenigstens die Größenordnung dieses Zeitabschnittes gekennzeichnet. Solches oder ähnlich gewonnenes Ergebnis aber wäre, als Maßstab mit gefühlsmäßigen Faktoren belastet, ein gefährlich phantastisches Instrument zu Zeitunterteilungen im Werden der Alpen: Bildung und Verfestigung der Gesteine, Hebung aus Meeresgrund, Aufwölbung in Falten, Isolierung in die einzelnen Deckensysteme und deren Teilgebiete usw.

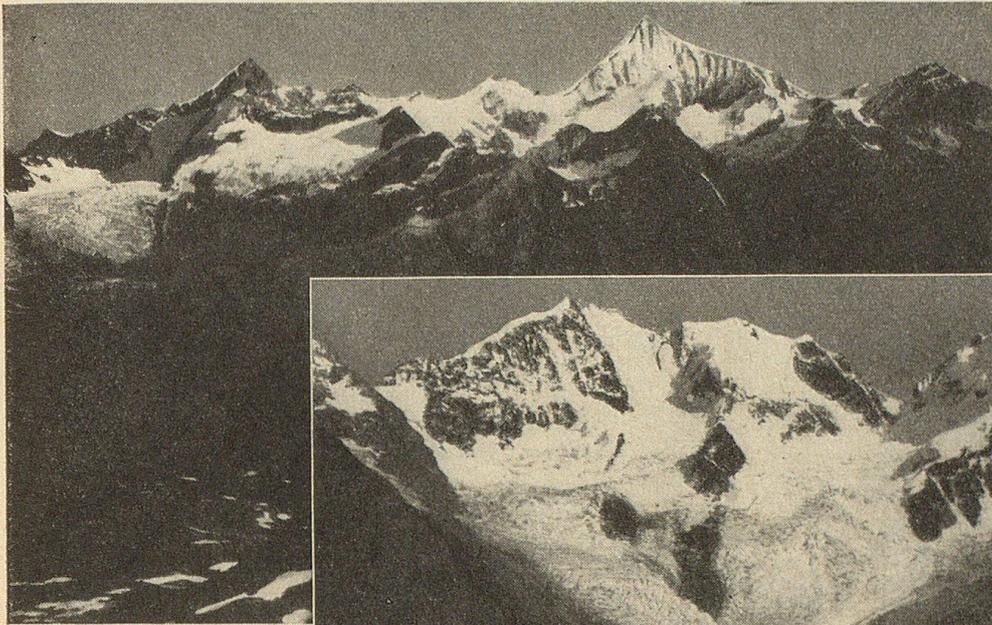
Die Alpen erhoben sich nicht auf einmal, allerdings am intensivsten nach der ältesten Tertiärzeit, deren Sozänschichten noch mit verfaltet sind. Mehrfache Vorläufer der Bewegung hatten schon im Sekundär eingesetzt, und nach dem Hauptakt muß die Gebirgsbildung auch noch später fortgedauert haben, sonst würden nicht die Nigi-Nagelfluhbänke, das ursprünglich nach Norden verfrachtete Abspülungsprodukt der sich vorerst im Südosten allmählich erhebenden Alpen, jetzt gefällswidrig alpenwärts fallen, und große Molassezonen im westschweizerischen Mittelland von Prealpes-Decken viel älteren Materials überfahren sein. Sogar unser ganzes Sänztisgebiet ist erst als letzter Schub auf seinen St. Galler Sandsteinteppich herbefördert worden. Als verspätete Ausgleichsbewegungen sind auch unsere, glücklicherweise seltenen Erdbeben aufzufassen. Große Bergstürze und der ständige, mengenmäßig ungeheure Abtransport aus den Bergen in Form von Geröll, Sand und Lehm (quantitativ noch viel bedeutender im Zustande gelöster Mineralstoffe) bis in die Meere, mag die Gleichgewichtsverhältnisse der oberen Erdrindenpartien im Laufe langer Zeiträume hier wie dort ändern und in magmatisch (gesteinsflußmäßig) beweglichen Erdtiefen Gleichgewichtsauslösungen hervorrufen (Isostasie). Solchen wären nach heutigen Theorien überhaupt die Gebirge zu verdanken, wenn auch der Schrumpfungsvorgang

der Erdrinde, infolge allmählicher Erkaltung und dadurch Verkleinerung des Erderns, als Ursache des Horizontal-schubes noch nicht ganz von der Liste der geologischen Hypothesen abgesetzt ist. Ob der neuzeitlich entdeckte Atomzerfall mit seiner riesigen Wärmeentwicklung den theoretisch altmodischen Wärmeverlust irgendwo auszugleichen oder gar zu entschädigen vermag?

Vulkanische Kräfte waren am Aufbau des heutigen Alpengebirges nicht aktiv beteiligt. Sie rumorten wohl durch Injektionen in die schon erstarrten alten Granitmassive hinein und schoben Ergußsteine in Sedimente ein, mit denen sie nachher als passive Bestandteile in den Alpenbau einbezogen und dabei oft in neue Felsarten ummineralisiert wurden: Windgällen- und Zuganer-Porphyre, Melaphyr des permischen Glarner Sernifits, Ophiolithe (Serpentin, Talkschiefer usw.) der penninischen Decken. Hephaestos regte sich ernsthaft erst post festum wieder, wo die untadelig jungfräulichen, von keinem Gebirgsdruck mehr betroffenen Bergeller Granite die fertig dislozierten Bündnerschieferdecken anschnolzen und als herrliche Gipfelzone in den Fetzaler- und Albigna-Kletterbergen aufragen. Es ist wohl noch lange nicht alles zu Ende, am wenigsten die in Generationen von Forschern sich glücklich mehrende Einsicht in den Werdegang unserer hehren Gebirgswelt. Als bald 80jähriger Geologe habe ich schon längst ergänzend und beständig berichtigend umlernen dürfen.

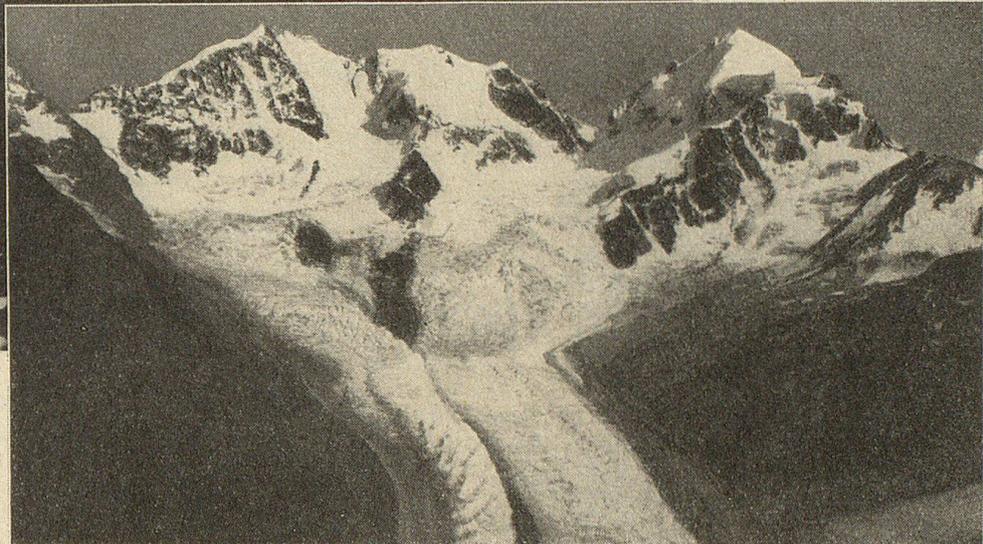
Noch eines muß gesagt werden – für den Laien wohl das Unerwartetste: Unsere Alpen sind zwar, nach Material, innerer Architektur und äußeren Formen, in verschiedenen Zeitabschnitten der Erdgeschichte entstanden. Es war einmal Meer da, wo sie jetzt wundervoll dastehen und von wo ihre Einzelteile „per Schub“ herkamen. Ihr Magazin bildete ein gewaltig ausgedehnter Meeresraum, die Tethys, von dem das jetzige mittelländische Meer nur noch einen bescheidenen Rest seiner zentralen Größe darstellt. Dort, als in einer „Geosynklinale“, bildeten sich die marinen Gesteinsschichten. Der afrikanische Kontinental-Koloß drängte, in Polflucht nach Norden, dagegen und schob die weit offene Geosynklinale zum verhältnismäßig schmalen Gebirge zusammen.

Aber diese Alpen sind nicht das erste Gebirge am Platze. Reste einer voralpinen, sogenannten hercynischen oder variscischen Faltung zeigen sich z. B. unter der Dent de Morcles in den Waadtländer Alpen. Carbonische mit (zeitweise ausgebeuteten) Anthrazitlagern stehen als steiler Spitzfächer muldenförmig eingeteilt in kristalline Schiefer vom Nordost-Ende des Aiguilles-Rouges-Massivs am Rhonetalrand. Quer dazu liegt darauf Trias-Dolomit, und darüber folgen hoch oben die elegant geschwungenen Kreidekalk-Falten der (helvetischen) Dent de Morcles-Decke mit eingewickelter (eozyäner) Alttertiär. Dieses ist also alpin mitgefaltet, die Carbon-Einklemmung aber, als Vorgang, nach Carbon-Abjats, aber vor Triaszeit erfolgt, jedenfalls anlässlich einer Gebirgsfaltung vor derjenigen der jetzigen Alpen, eben jener „hercynischen“, die auch noch andere europäische Gebiete erfaßt hatte. Sogar von einer zweitvorhergehenden, vor-carbonischen sind Spuren vorhanden. Ähnliche altgepreßte Carbon-Mulden stecken auch anderswo (Aar-



Links:  
Obergabelhorn = Weißhorn,  
vom Gornergrat. Oberste  
penninische Decke. 5. August  
1920.

Unten:  
Biz Bernina-Biz Roseg, von  
Guorcia Surlej (unterostalpe-  
Decken). Vorne Tschierna-  
gletscher mit Seitenmoränen,  
von rechts Roseggletscher.  
29. Juli 1922.



massiv, Manno und an-  
dere). Unsere Massive  
waren mindestens zwei  
Gebirgsbildungs-Haupt-

aktionen ausgefesselt. Unsere „Steine“ haben eine, an menschlichen Begriffen gemessen, unsagbar lange Geschichte durchlaufen. Aus glutflüssigem Magma in Tiefen der Erdrinde langsam erstarrt oder auf Meeresgrund aus Wasserlösung chemisch abgefeselt, oder von früherem Festland schon als zweite (Trümmer-) Generation abstammend, sind sie durch enorme Schubkräfte hauptsächlich zur mittleren Tertiärzeit – manche schon früher, nach der Carbonperiode oder noch vorher – als Gebirg getürmt worden und äußerlich wieder in Abtrag begriffen. Diese – man möchte bei aller Bewunderung fast sagen „Leidensgeschichte“ – kann sich im großen Alpenlandschaftsrahmen, im einzelnen Steinstück und bis ins mikrosto-

pische Kleinbild kundgeben. Sie forschend und für unser Land nutzbringend zu verfolgen, ist eine schwierige und überraschungsreiche, doch schöne Arbeit des Geologen.

Seit bald hundert Jahren sind allein durch die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft offiziell etwa 200 geologische Karten und dazu 150 illustrierte Textbände herausgegeben worden, von denen der größte Teil speziell unsere Alpen betreffen. Viele private Veröffentlichungen ergänzen das Bild. Jede gelöste Aufgabe strahlt wieder neue Probleme aus, und neue technische und wirtschaftliche Bedürfnisse sind zu befriedigen durch kenntnisreiche Auswertung des verschiedenartigen „Steinreichtums“ unseres Bodens, «mente et malleo».

## Mys Schweizerland

Wie schön bist du, mys Schweizerland –  
Du chönnisch nid schöner sy –  
Bist wohl im Ring a Gottes Hand,  
Die schönschti Perle gsy?

Ir het di gfaßt i Silberglanz  
Bo dine Bärge u Firn –  
U het d'r gleit e volle Ehranz  
Bo Wunder uf di Stirn.

Am schönschte bist, o Heimatland,  
We d'Abendsonne sinkt –  
Im Abendrot, mys Schweizerland  
Berglüht, – i d'Nacht versinkt.

I weiß nid wie-n-is ha verdient,  
Daß i ne Schweizer by –  
I hätt' das Glück gern abverdient,  
Die Gnad' isch z'große gsy.

Doch we mys Läbe eis esfliecht  
Is ferne Stärnland,  
Am Himmel still es Stärnli zieht  
U grüest mys Schweizerland. –

H. W. K i n d l e r.