

<b>Zeitschrift:</b>	Der Schweizer Geograph: Zeitschrift des Vereins Schweizerischer Geographieleher, sowie der Geographischen Gesellschaften von Basel, Bern, St. Gallen und Zürich = Le géographe suisse
<b>Herausgeber:</b>	Verein Schweizerischer Geographieleher
<b>Band:</b>	21 (1944)
<b>Heft:</b>	1-2
<b>Artikel:</b>	Die Maggia-Querzone und ihre geologisch-petrographischen Probleme
<b>Autor:</b>	Buchmann, H.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-18874">https://doi.org/10.5169/seals-18874</a>

### **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:** 31.12.2025

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

# Die Maggia-Querzone

und ihre  
geologisch-petrographischen Probleme

(Ein Beitrag in allg. verständlicher Form)

von

H. BUCHMANN, Basel.

## Inhaltsverzeichnis.

**Vorwort.**

**Einleitung.**

**Geologischer Teil :**

- Die Westalpen.
- Der Begriff der Wurzelzone.
- Die Maggiaquerzone.
- Schwereanomalien und Untergrund.

**Petrographischer Teil :**

- Allgemeines.
- Migma- und Magmaprobleme.

**Versuche zur Deutung der Maggia-Querzone.**

**Schlussbemerkungen.**

**Nachtrag.**

## **Vorwort.**

Vorliegende Arbeit versucht dem « geologisch » Interessierten (Naturgeschichts-Lehrer, Morphologen usw.) über die Problematik geologisch-petrographischer Erforschung der grossen Querstruktur des Alpenkörpers südlich des Gotthardmassivs etwas Aufschluss zu geben. Sie bietet nebst wenigen neuen Gesichtspunkten, die ich dort während meiner Aufnahmetätigkeit gewonnen habe, kurze Ueberblicke allgemeiner Natur, ohne jedoch auf Vollständigkeit Anspruch erheben zu wollen. Es sollen lediglich einige brauchbare Ergebnisse in verständlicher Form vermittelt werden, die sonst nur mühsam aus der Fachliteratur zusammen gesucht werden müssen. Einer späteren fachwissenschaftlichen Arbeit soll es vorbehalten bleiben, eingehend auf die petrographisch-geologischen Probleme eines Teils dieser Querzone einzugehen.

## **Einleitung.**

Für alle bis jetzt unserer Einsicht erschlossenen Zeiten und Gebiete besitzt die Erde mobile Zonen in ihrer scheinbar starren Rinde. Sie zeichnen sich aus durch metamorphe (umgeprägte) Gesteine, die auf starke Durchbewegung und weitreichende Massenverlagerung hin-

deuten, durch Oszillationen (periodische Hebung und Senkung) und Erdbebenherde; aber auch durch vulkanische und plutonische<sup>1)</sup> Tätigkeit. Das sind die Entstehungsorte der Faltengebirge, die man sich als einstige Geosynkinalgebiete (große Senkungströge) vorzustellen hat, so benannt, weil diese während ihrer Bildung hauptsächlich durch Senkung gegenüber ihren Nachbargebieten ausgezeichnet waren. Verschiedene Forscher (Drescher, Staub usw.) nehmen an, dass es ein ständiges Kommen und Gehen von Gebirgsbildungszyklen gibt, die aber für uns kurzlebige Wesen bloss im Ueber- und Nebeneinander ihrer Wirkungen zu erkennen sind. Die Lebzeit eines Forschers ist nur ein unendlich kleiner Teil der reliefbildenden Zeit im Leben unserer Erdkruste, die vielleicht nicht nur kontinuierliche Vorgänge erlebt, sondern wahrscheinlich auch lebhafte (quantenhafte) Entwicklungsperioden mitmacht. — Der Aktualismus ist nur eine Annahme und keine für alle vorgeschichtlichen Zeiten erwiesene Tatsache, er kann deshalb im Speziellen angezweifelt werden (Prof. Portmann). Vielleicht ist die durch die Geschichtswissenschaft umspannte Zeit im Ganzen gesehen wohl die seiner Gültigkeit.

Das Forschen nun nach den Spuren aus geologischen Zeiten und der Versuch, diese zu erklären — Tätigkeiten, die aber immer so klar als möglich voneinander zu trennen sind — sind bekanntlich die Aufgaben der Geologen und Petrographen<sup>2)</sup>. Sie müssen sich hiezu einer sorgfältigen Einzelarbeit befleissen, die sie oft in die unwegsamsten Gebirgsgegenden der Alpen führt, denn es dürfte klar sein, dass in unserm jüngsten Kettengebirge wesentliche Probleme der Gebirgsbildung lösbar erscheinen.

Im Folgenden soll nun versucht werden, kurze Einblicke in die Arbeits- und Problemwelt dieser Forschungsrichtung zu geben (immer im Bewusstsein, dass nur wenige Grundlagen der Geologie gesichert sind), und zwar anhand eines speziell hiezu geeigneten Gebietes, worin die tieferen Zonen der Westalpen aufgeschlossen sind.

<sup>1)</sup> Als plutonische Tätigkeit werden alle Energieäusserungen der irdischen Schmelze zusammengefasst, die sich innerhalb der Kruste und insbesondere unterhalb des vulkanischen Bereiches abspielen oder abgespielt haben (siehe H. Cloos, 1929).

<sup>2)</sup> Um aber einer nie vorhandenen absoluten Objektivität keinen Vorschub zu leisten, seien hier Haarmanns diesbezügliche Worte zitiert: « Die Ergebnisse geologischer Vorgänge sind selten eindeutig und werden nicht eindeutig gedeutet. Ja wir können nicht einmal die Ergebnisse der geologischen Vorgänge, wie etwa die Tektonik der Kruste, eindeutig beobachten und darstellen. Das zeigt die Entwicklung der geologischen Karten und Profile, die ohne Theorien oder wie der Geologe schamhaft zu sagen pflegt, ohne eine « Auffassung » nicht gezeichnet werden können. Auch wenn Kartierungen oder sonstige Fixierungen geologischer Beobachtungen noch so naturgetreu sein wollen, müssen sie doch immer schematisch ausfallen, weil unsere Kenntnisse der Zusammenhänge schematisch sind ». »

## Geologischer Teil.

### Die Westalpen.

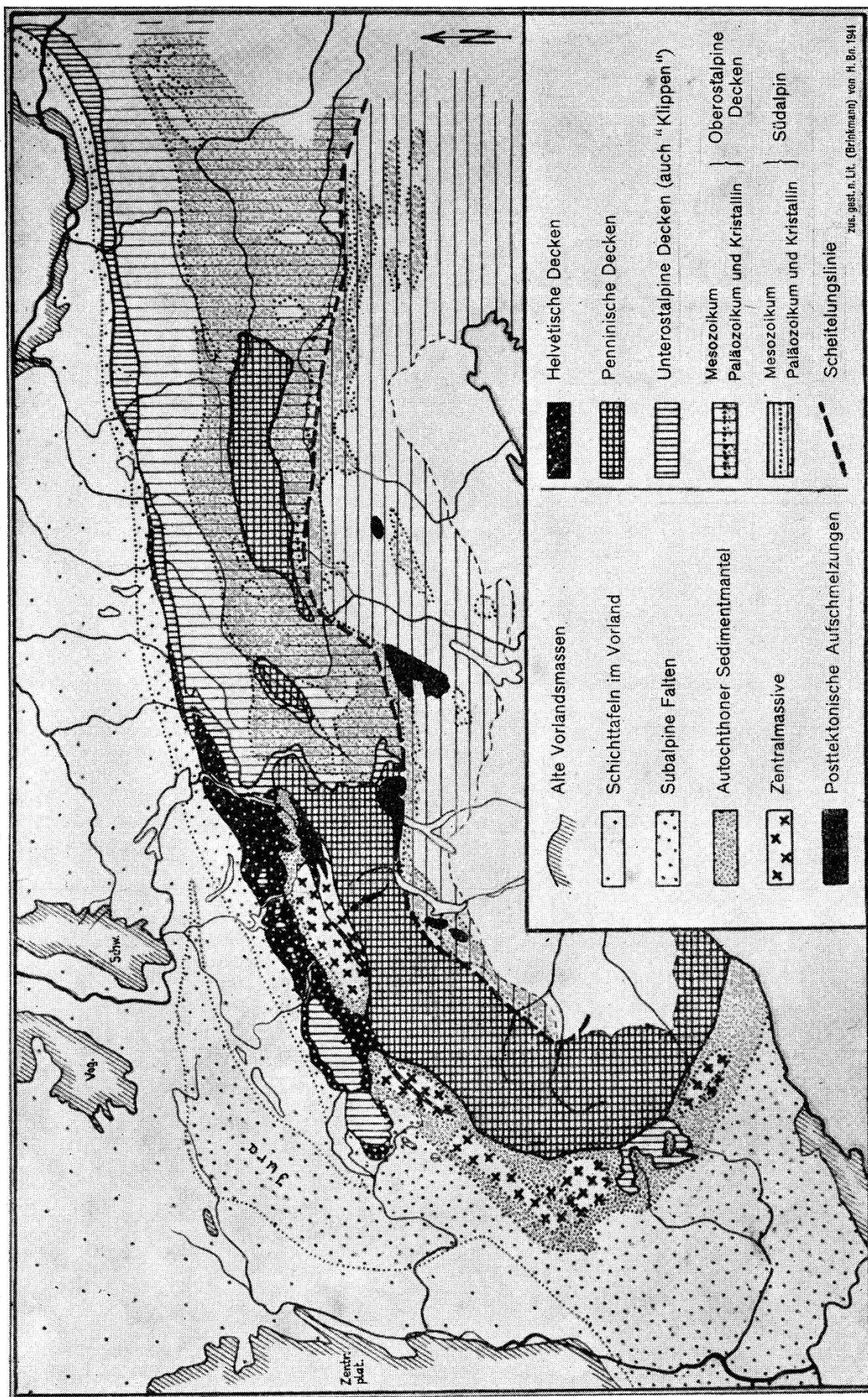
Die tektonische Uebersichtskarte der Alpen (Abb. 1) zeigt deren Unterteilung in eine westliche Hälfte, wo die Zentralmassive, helvetischen und penninischen Decken, oberflächenmässig vorherrschen und in eine östliche Hälfte, wo die unter- und ober-ostalpinen Deckensysteme die tektonischen Einheiten der Westalpen bedecken und letztere nur an einigen Stellen von der Erosion fensterartig blossgelegt sind.

Bemerkenswert für die Westalpen sind die autochthonen Doppelzentralmassive, deren östliches (Aar- und Gotthardmassiv) gegen Osten unter die höheren, überschobenen Deckensysteme taucht. Der Begriff « Massiv » bedeutet in der Geologie nicht irgend eine Berggruppe topographischer Art, sondern seit Bernhard Studer (1794—1887) einen gesonderten Gebirgsteil aus kristallinen Silikatgesteinen, die von einer mesozoischen Sedimentzone umrandet sind. Die Zentralmassive sind während der alpinen Faltung mehr oder weniger autochthon (am gegenwärtigen Lagerungsort entstanden) emporgestaut worden. Die Region der Zentralmassive war bereits während der mesozoischen Sedimentation eine Faziesschwelle. Sie trennte den geosynkinalen penninischen Raum nach Norden ab. Südlich von ihnen befindet sich das Gebiet der eigentlichen Deckfalten (P. Niggli, 1934).

Klar erfasst und im wesentlichen richtig gegliedert wurden die Westalpen erstmals von dem grossen Neuenburger Geologieprofessor Argand (1879—1940), der auf Grund seiner vielen Beobachtungen nicht nur ein Schema für die Westalpen aufstellte, sondern darüber hinaus Grundprinzipien der Gebirgsbildung auffand. Er unterschied zwei Haupttypen von Gebirgen, den alpinen Typ und den Grundfalten-typ, die beide als extreme Fälle derselben Erscheinung zu gelten haben und ineinander übergehen.

In dem für unsere jetzige Betrachtung wichtigen alpinen Typ legen sich über einen nicht allzu mächtigen Sockel geosynklinale Schieferkomplexe (Flysch und Bündnerschiefer in den Alpen). Beim Fortgang der Faltung, deren möglichen Ursachen hier nicht nachgegangen werden soll — auch die Geosynklinalbildung kann nämlich bereits als der Beginn dieser aufgefasst werden — wölben sich die mächtigen Teile des Sockels empor, dringen in die Schiefer und gleiten zuletzt als Decken über die davorliegenden Schiefermassen. Der alte Sockel wird dabei von tiefgehenden Scherflächen durchschnitten, durch die tieferliegende Gesteinsschmelzen (Magmen) empordringen können.

In seiner Arbeit : « Les nappes de recouvrement des Alpes Pennines et leurs prolongements structuraux » hat Argand bereits 1910 die Zusammenhänge der penninischen Decken, kurz genannt : das Pennini-



Abbild. 1. Tektonische Uebersichtskarte der Alpen.

kum<sup>1)</sup>), die als Hauptstamm des alpinen Gebirges zu gelten haben, in ihrer Eigenart der grossangelegten Tektonik beschrieben. Sie stossen mit ihren nördlichen Stirnen im Gebiete der Schweizer Alpen an den Südrand der Zentralmassive und haben diese stellenweise noch überfahren. Im Süden wurzeln sie, wie z. B. der Simplontunnelbau aufgezeigt hat, in der Gegend der Scheitelungslinie (siehe Abb. 1), der sogenannten Hauptwurzelzone, die den Alpenkörper in seiner Längserstreckung in zwei in mancher Beziehung sich verschiedenen verhaltende Zonen teilt.

### Der Begriff « Wurzelzone ».

Es muss zugegeben werden, dass in der Geologie oft Begriffe<sup>2)</sup> Verwendung finden, die nicht alle notwendigen und hinreichenden Bedingungen enthalten. Wurde beispielsweise ein solcher von einem Forscher für ein beschränktes Gebiet eingeführt, so haben andere das Wort übernommen, aber mit einer für ihr Gebiet typischen Prägung versehen. Meist sind dann auch noch genetische Anschauungen mit einem Begriff verknüpft worden, die dann immer irgendwie durchschimmern, auch wenn diese inzwischen gewechselt haben. Es kann auch vorkommen, dass zwei Geologen ein und dasselbe in der Natur beobachten und es im grossen Ganzen genau gleich beschreiben, die Erscheinung aber mit verschiedenen Namen aus irgend einem Grunde belegen, was dann oft zum « Hin und Her » in der Fachliteratur führt. Man kann natürlich nicht behaupten, dass dies immer wertlose Auseinandersetzungen seien, haben doch solche meist zur Abklärung eines oder mehrerer Begriffe geführt.

Diesen Eindruck erhält man, wenn man die Arbeiten über den für die Tessinertektonik wichtig gewordenen Begriff der Wurzel-

<sup>1)</sup> Das Penninikum wird von Jäckli (Schüler von Prof. Staub) 1941 wie folgt definiert: «Das Penninikum gegen Norden begrenzt durch das Helvetikum, gegen Süden durch die ostalpine Zone, ist die Zentralzone im Querprofil der Alpen; es stellt in diesem das Gebiet des einstigen geosynkinalen Hauptfroges dar, der beidseitig von Schelfgebieten umgrenzt war. Dieses Geosynkinalgebiet ist charakterisiert einerseits durch die Fazies (Die verschiedene Beschaffenheit gleichaltriger Sedimente bezeichnet man als Fazies) seiner Sedimente — fehlendes oder rudimentäres Perm, mit wenigen Ausnahmen geringmächtige Trias und darüber folgende Bündnerschiefer in bathyaler (unterhalb der Schelfregion) bis orogener Fazies und oft sehr grosser Mächtigkeit — und deren durchgehend intensive Epimetamorphose, anderseits durch die Art seiner Tektonik, die mit ihren plastischen Verformungen, Lamellierungen, Verschuppungen und Einwicklungen an Kompliziertheit ihresgleichen sucht ».

<sup>2)</sup> Zur Mitteilung der Gedanken (= Produkte der hergestellten Beziehungen zwischen den durch die Beobachtung erhaltenen Empfindungen) an andere bedient man sich der Sprache. Jedem Wort entspricht ein bestimmter Begriff. Für wissenschaftliche Zwecke muss der Inhalt jedes Begriffs genau festgelegt werden, dies geschieht bekanntlich durch eine Begriffsbestimmung oder « Definition ».

zone näher betrachtet. Es ist heute sehr wichtig, eine genaue Definition des wissenschaftlichen Streitobjektes — Wurzelzone — festzulegen, denn die diesbezüglichen Diskussionen haben nun zu einer gewissen Klärung geführt. Ueberdies hat man ausserhalb der Alpen ebenfalls solche Stellen nachzuweisen versucht (z B. Salomon in Kleinasien), die, um miteinander verglichen werden zu können, mit exakten Begriffen beschrieben sein müssen. Wenn immer möglich, soll man sich auch in der Geologie bemühen, zu einer bestimmten Exaktheit vorzudringen. Auch empfiehlt es sich, bei Verwendung von lang umstrittenen Begriffen zum mindesten anzugeben, nach wessen Auffassung (versehen mit Jahreszahl) man das Wort verstanden haben will, nur so wird man aus den oft unklaren und verschwommenen Vorstellungen herauskommen.

Der Versuch, obwohl dieser sehr lückenhaft durchgeführt werden muss, die Entwicklung des geologischen Begriffes « Wurzel » skizzenhaft zu schildern, dürfte neben anderem imstande sein, Hauptprobleme des Gebirgsbaues aufzuzeigen.

Der Begriff Wurzel wurde zur Herkunftsbestimmung gewisser weitverfrachteter und durch die Erosion heute isoliert als Fremdkörper aufliegender Schichten, sogenannter Klippen, dem biologischen Wörterbuch (Handwurzel, Baumwurzel usw.) entnommen. Man fand nämlich, dass die Klippen nach der Tiefe zu sich nicht an Ort und Stelle fortsetzen, weshalb man nach ihren « Wurzeln » anderswo suchen musste. — Es sei erwähnt, dass an jenen Orten der Alpen, wo man eine Decke, die man sich im Prinzip als extreme, liegende Falte vorstellen kann, von ihrer Stirn weg bis zu der rückwärtigen Stelle, wo sie in unerforschbaren Tiefen endgültig verschwindet, lückenlos verfolgen kann, die Wurzelfrage relativ einfach zu beantworten ist.

Im Folgenden sollen nun einige Definitionen, deren man viele in der Literatur findet, aufgeführt werden :

1921 / A. Heim :

« Dem Südrande der Alpen nahe streicht eine Gesteinszone, ca. 100 km lang und 15 km breit, von ganz abweichendem Charakter. Hier stehen Schichtung und Schieferung steil, senkrecht, sogar nordfallend. Dennoch ist sie kein autochthones Zentralmassiv, es sind auch keine Decken, sondern durch Denudation abgeschnittene Wurzelstiele. Stets ist sie stark zusammengequetscht. — (Dem gegenüber steht Cornelius' Feststellung : « Ein Grund zur Annahme grosser Ausquetschungen liegt nicht vor ». In H. P. Cornelius und M. Furlani : Die insubrische Linie vom Tessin bis zum Tonalepass. 1930, Seite 282.) — Sie bildet einen Fächer, dessen Gesteine hochgradig dislokationsmetamorph sind. Zwischen den einzelnen Zügen der kristallinen Silikatgesteine sind Pakete von Bündnerschiefern, Marmoren und Dolomiten eingeklemmt. Dieselben sind unvollständig erhalten, verdünnt, in einzelne Linsen verquetscht und überdies oft kontaktmetamorph. Sie stammen von den tiefsten

rückliegendsten Teilen der Muldenzonen zwischen den Decken ab ».

1924 / R. Staub :

« Ist doch eine Wurzel nur der steilgestellte rückwärtige Teil einer Decke ».

1930 / E. Haarmann :

« Rückwärts der Kompression, im oberen Teil der Gefälle, wird die Kruste gezerrt und entlastet, wodurch dem Magma der Aufstieg ermöglicht und erleichtert wird ».

Anmerkung : Wenn Heim, Staub und andere den Ursprungsort der Decken als zusammengequetschte Zone beschreiben, so bezeichnet Haarmann diesen gerade mit dem andern Extrem, Zerrgebiet. Die deckenmässige Anordnung der Gesteinskomplexe leugnet er in seiner Theorie nicht ab, doch lässt er sie von dem einst gehobenen Wurzelgebiet abgleiten. Cornelius (1940) fragt zwar, woher das notwendige Gefälle hiezu gekommen sei.

1936 / H. Cloos :

« Lange Zeit sah man in den alpinen Decken überweit seitwärts getriebene und flach ausgerollte Faltensättel und suchte ihren Ursprung in den weit zurückgebliebenen Faltenmulden oder Wurzeln. Dieser Vorstellung entsprechen jedoch anscheinend nur wenige Beispiele, und die Nachforschung nach besonderen, steil in den Untergrund hinabhängenden Wurzeln ist vielfach ergebnislos geblieben ».

1940 / O. Ampferer (seit 1906 vertreten) :

« Die rückliegenden Falten sind durch Schub- oder Gleitmassen, die Wurzelzonen durch Verschluckungszonen zu ersetzen. In der Kernzone der Alpen befinden sich ganz deutlich grossartige Verschluckungszonen aufgeschlossen.

Man kann niemals ganze Gebirgszonen wie die Zahnpasta aus der engen Spalte einer Tube herauspressen lassen ».

Anmerkung : Ob in diesem letzten Satz nicht die begrenzte Vorstellungswelt eines kurzlebigen Erdenbewohners zum Ausdruck kommt, der alles sich Vorfindende innerhalb der Erdkruste mit dem beschränkten Wirkungsmaßstab eines solchen messen will ? Doch gibt Ampferer andernorts bessere Einwände, resp. Argumente für seine Verschluckungstheorie, die teilweise recht bestechend sind.

1940 / H. P. Cornelius :

« Die einzige mögliche Definition der Wurzel ist eine rein beschreibende : sie ist die Stelle, wo die Decke entgegen der Rich-

tung ihrer Bewegung endgültig in die Erde hineinverschwindet. Dabei kann man noch exakter die so definierte Wurzel als die sichtbare unterscheiden von der theoretischen Wurzel als der Stelle, an welcher die Decke vor ihrer selbständigen Bewegung gegenüber der Unterlage gelegen hat. Sie muss mit der sichtbaren Wurzel nicht zusammenfallen ».

Bereits diese kleine Uebersicht vermittelt die anfänglich versuchte Verknüpfung der alpinen Gebirgsbildungstheorien mit einem nun durch Cornelius neutral definierten Begriffe. Heim und Staub verstehen unter Wurzeln Quetschzonen, wo der Süd- auf den Nordkontinent gestossen ist. Haarmann und Ampferer glauben, dass Gleitung und Abscherung die einzelnen Decken übereinander gelagert haben. Ersterer nimmt Abgleitung gegen den girlandenförmigen Alpennordrand an. Letzterer eine

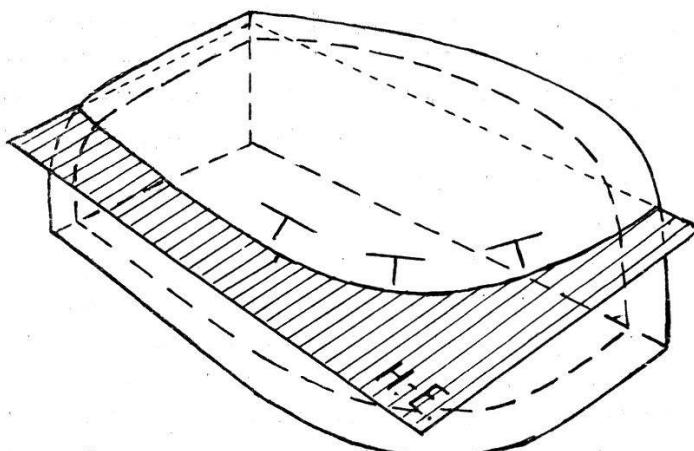


Abb. 2. Schematisches Raumbild der Einbiegungsstelle (nur eine Hälfte) der Hauptwurzelzone am Südrand der Alpen in die meridionalgerichtete Maggiaquerzone.

H. E. = Horizontalebene, deren Schnittlinie mit der Gesteinsschicht die Streichrichtung dieser angibt (siehe die darüber eingezeichneten Fallzeichen).

Schub- und Gleitrichtung gegen interne Verschluckungszonen. Cloos äussert sich vorsichtig, und erst Cornelius macht einen deutlichen Strich unter das bisher jeweils mit einer einseitigen Deutung versehene Wort «Wurzelzone», und verlangt ausdrücklich, dass mit dem Wurzelbegriff keine genetischen Deutungen verquickt werden dürfen, zumal die Genese noch stark umstritten ist. Nur so erhält man eine brauchbare Bezeichnung für diese typischen Stellen (siehe Heims Beschreibung oben) im Alpenkörper, die dann auch noch benutzt werden kann, wenn man vielleicht nach Jahren einsehen muss, dass beispielsweise die Kombination zweier oder mehrerer einseitiger Deutungen eher der Wirklichkeit entspricht.

#### Die Maggia-Querzone (= M-Q).

Im penninischen Teil des Alpenkörpers findet sich in der Regel ein der Scheitelungslinie (siehe Abb. 1 und 2) paralleles Streichen der

**Gesteinsschichten.** Das Maggiagebiet, welches zwischen dem Südrand des Gotthardmassives und dem Lago Maggiore (Locarno) liegt, macht aber hievon eine Ausnahme grösseren Stiles. Hier biegen nämlich die Schichten, die aus der Hauptwurzelzone am Südrand des penninischen Deckenkörpers heraufsteigen und normalerweise nach Norden überliegen sollten, nach Norden ein, sodass eine Querzone entsteht, die bis zum Gotthardmassivrand hinaufreicht. Das Blockdiagramm (Abb. 2) zeigt zur Verständlichmachung die östliche Hälfte der Einbiegungsstelle stark schematisiert.

Prof. Preiswerk (1876—1940)<sup>1)</sup>, der eigentliche Pionier der nördlichen Tessinertektonik, hat diese Tatsache, die auch schon Bernhard Studer 1851 beobachtet hatte, erneut als wichtige Unterbre-

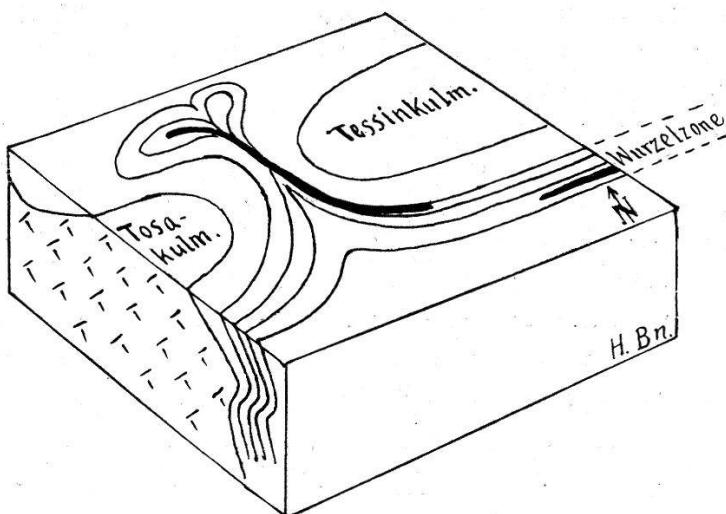


Abb. 3. Räumliches Schema zur Maggia-Querzone.

Die oberflächlich angechnittenen Kulminationen des Tosa- und Tessingebietes wurden von Preiswerk als Ausläufer des Gotthardmassives gedeutet. Die gemäss einer geäusserten Ansicht als auf den Fugen der Wurzelzone mobilen Intrusivmassen (Coccopluton, Morobbiatalit usw.) sind schwarz eingezzeichnet.

chung im Längsstreichen der Alpen erkannt und beschrieben. Alle Versuche über oder unter dieser Querzone hinweg einander entsprechende Teile feststellen zu wollen, müssen diese Tatsache unbedingt berücksichtigen, falls sie als brauchbare Parallelisierungsversuche angesprochen werden wollen.

Aus dem beigegebenen Schema (Abb. 3) ist zu entnehmen, dass die M-Q zwischen Tosa- und Tessinkulmination (von Preiswerk gedeutet als verursacht durch die Aufwölbungen des Grundgebirges) liegt. Im Norden erfährt sie eine kopfartige Ausweitung, die einen zwiebelschalenförmigen Innenbau aufweist. Dieser Kopf, der aus einem grösseren, westlichen (Rodi & Alpiga) und einem kleineren, östlichen (Sam-

<sup>1)</sup> Siehe A. Buxtorf: Heinrich Preiswerk (in Abhandl. der Nf. Ges. Basel, 1940).

buco) Teil besteht, ist nun tatsächlich in direkter Verbindung mit seinem engen Hals, obwohl gewisse Alpentektoniker bis heute diesen vom Kopf getrennt voraussetzen, weil sie am süd-östlichen Rande des letzteren (teilweise schwer begehbares Gebiet) keine Muldenfortsetzung fanden. Kopf und Hals werden aber beide von einem typischen Muldenstein (Marmor und Quarzit = Mesozoikum der Synklinalzonen) zusammenhängend umschlossen. Nur auf der Westseite (zwischen Pzo. Mascalpino und Someo) besteht bis heute noch eine Lücke (die Abklärung kann vielleicht später noch erfolgen), deren Enden aber gleiche Ausbildung (körniger, weissgelber Marmor) aufweisen, und darum wohl so kombiniert werden können<sup>1)</sup>. Bis heute stand dieser Zusammenhang zwar immer noch stark in Zweifel, doch habe ich bei wiederholten Begehungungen unter anderm die direkten Verbindungen zwischen den bereits bekannten Muldenstücken der Ostseite (Alpe Ruscada und Zuccherio oberhalb Mogno, im Val Pertusio und Val d'Ossola, welch ersteres und letzteres Stück von Preiswerk 1927 laut Feldbuchnotiz auch schon festgestellt wurde) auffinden können, wodurch der Streit um die hypothetische Abtrennung des Maggiakopfes von seinem Stiel eindeutig negativ entschieden sein dürfte. Leider konnte dies der zu früh verstorbene Prof. Preiswerk nicht mehr selbst durchführen, hätte ihm doch der direkte Zusammenhang mindestens eines Muldenzuges bis weit nach Süden (Val d'Ossola usw.) als treffliche Bestätigung seiner weitblickenden auf guter Detailbeobachtung beruhenden Deutung dienen können, die von anderer Seite so oft auch unsachlich angezweifelt wurde.

Eine weitere scheinbare Streitfrage wurde durch die Deutungsversuche Kündigs (1932 und 1934) ausgelöst. Prof. Preiswerk hatte nämlich vom Simplongebiet an die M-Q herankommend, diese als eine grosse Querfalte (Mulde) gedeutet. Kündig bezeichnet sie aber als eine quer zum alpinen Streichen verlaufende Wurzelzone, die im Süden Anschluss an die Hauptwurzelzone hat. Auf den ersten Blick scheint dies wirklich eine neue Deutung zu sein; nachdem aber die Wurzelfrage im vorigen Abschnitt behandelt wurde, gelangt man zur Einsicht, dass dies ja nur ein Streit um Worte ist<sup>2)</sup>. Denn die in die Tiefe einstechenden Falten-schenkel der Querfalte Preiswerks genügen der neutralen Wurzeldefinition Cornelius'. Das «endgültig» ist so zu verstehen, dass die Fal-

<sup>1)</sup> In diesem Zusammenhange mag noch darauf hingewiesen werden, dass der auskeilende, Mascalpinomarmor in einer mächtigen Amphibolithzone liegt, die in ihrem südlichen Verlauf «migmatisiert» wurde. Es stellt sich nun die Frage, ob die Enddolomitisierung und Migmatitisierung eine gesetzmässige Veränderung von Muldengesteinen ist, sobald diese in direkten oder indirekten Kontakt mit granitoiden Gesteinen gelangen. In diesem Falle wäre das Verschwinden des Marmors erklärbar.

<sup>2)</sup> Kündig hat zwar den Wurzelbegriff nach Heim und Staub mit festgelegter Deutung verwendet, die aber — wie bereits angedeutet wurde — heute fragwürdig ist.



No. 9522 BRB 3. 10. 1939.

Phot. Hch. Buchmann.

Abb. 4. Der Pzo. Ruscada (2558) von WNW gesehen.

In diesem W-Hang zieht sich die östliche Mulde der Maggia-Querzone (im oberen Teil der Bergsturzabrissnische von S her aus dem Val Prato hinauf ins Bild, zur Ruscada-Alp ziehend) vom Val Pertusio (Kündig'sche Pertusio-Mulde) zum Campolungopass (Campolungomulde Preiswerks) hinüber.

Auf der geologischen Spezialkarte No. 116 wird der Marmor-Quarzitzug in die Gipfelregion des Pzo. Ruscada hinaufgezogen. In Wirklichkeit bildet er ungefähr den obersten Abrissrand des Ruscada-Bergsturzes, was entsprechend dem

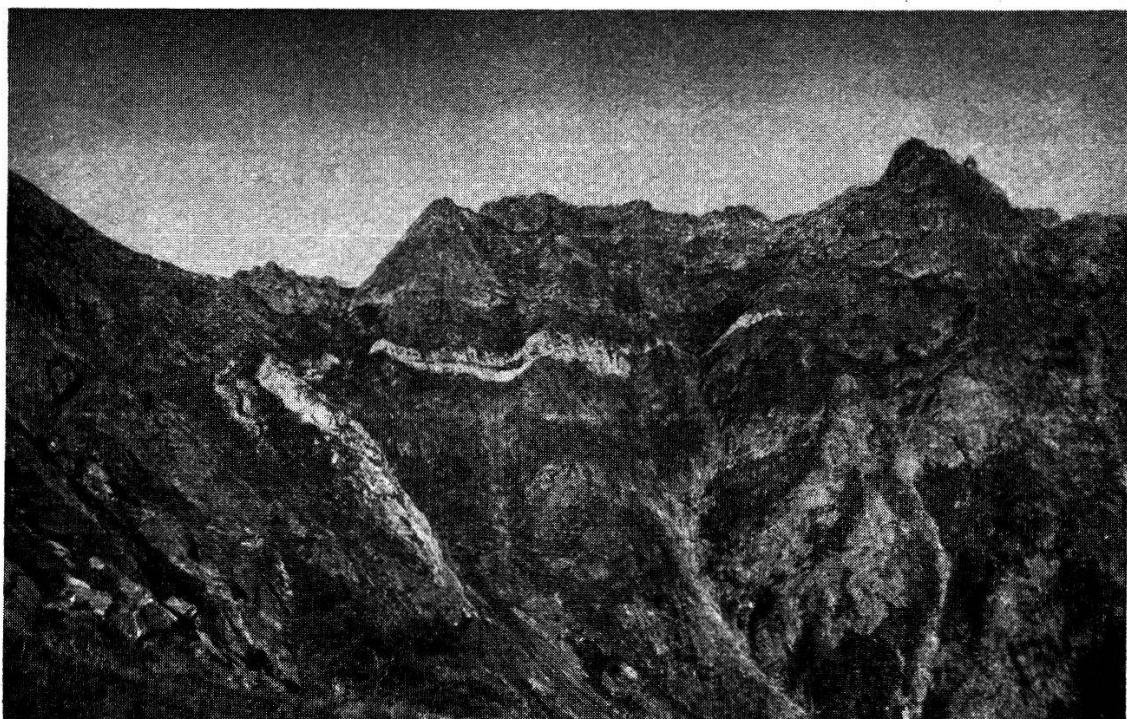
Festigkeitsverhalten von Quarzit nur natürlich ist. Links ist die angeschnittene Moränennische der Ruscada-Alp erkennbar. Unten im Vordergrund ist noch etwas von den Rundhöckern (Casa nuova, 1652 m) des ehemaligen Maggiagletschers sichtbar.

tenschenkel (seien es die der Maggiaquerfalte oder die zweier benachbarter Decken der Hauptwurzelzone) als praktisch nicht zusammenhängend betrachtet werden. Kündig hat also in dieser Beziehung nichts Neues aufgestellt, bloss insofern, als er in seinem beigegebenen Profil die einstechenden Schichten nicht unten durch verbindet, da dies sowieso jeder Beobachtung entzogene Regionen sind. Das wesentliche Merkmal einer Wurzelzone besitzt die M-Q sicher, denn ihre Falten-schenkel verschwinden endgültig in unkontrollierbare Erdtiefen hinein (entgegen der Richtung ihrer Bewegung) und können auf Grund bloss ähnlicher Gesteinsbeschaffenheit höchstens vermutungsweise parallelisiert werden, sodass es nahe liegt, sie als Wurzelgebiet im Sinne Cornelius' zu bezeichnen, umso mehr, weil sie zudem noch in direkter Verbindung mit der Ost/West verlaufenden Hauptwurzelzone der penninischen und ostalpinen Decken steht, was auch schon Preiswerk erwähnt hat.

Kündig benutzt dann im weitern das Ergebnis der Schweremessungen zum Beweis seiner scheinbar neuen Deutung, was im folgenden Abschnitt behandelt werden soll. Er geht dabei offenbar nicht von der Originalliteratur aus, sondern übernimmt einfach eine diesbezügliche Ansicht Heims, ohne diese selbst zu überprüfen. Es muss an dieser Stelle ausdrücklich betont werden, dass diese verhängnisvolle Art gegen das wissenschaftliche Arbeitsprinzip verstösst. Man gelangt sonst von ausgesprochenen Vermutungen grosser Fachgelehrter zu (scheinbaren) Tatsachen, die keine sind, aber dem Uneingeweihten als solche erscheinen müssen, besonders wenn sie dann noch in Lehrbüchern Eingang gefunden haben, die gewöhnlich die Problematik ihrer Darbietungen nicht aufzeigen. Dass Kündig diesem Fehler tatsächlich erlegen ist, zeigt sein Satz: « Nach den allgemeinen Erkenntnissen, vergl. auch Heim, gilt der Satz, dass, je grösser ein Faltungstiefgang, um so stärker die Verdrängung tieferer, schwerer Erdschalen durch die darüber aufgehäuften, leichteren, eintauchenden Rindenmassen ».

### Schwereanomalien und Untergrund.

Bekanntlich zwingt uns die Dichtedifferenz zwischen Gesamterde und Kruste (Gesamterde = 5,527, Kontinentschollen = 2,75) zu der Annahme, dass unter den Schichten der oberen Erdkruste solche von höherem spezifischem Gewicht liegen müssen, die nun in Faltungsgebirgen, wo leichtes Oberflächenmaterial gebirgshoch übereinander gelagert ist, etwas eingedrückt wurden, was — relativ zu andern Gegenden der Erdoberfläche — hier zu Schweredefiziten Anlass geben soll. Kündig schliesst nun aus dieser Ueberlegung Heims und dem Isogammeverlauf (Linien gleicher Schwereabweichung) wie folgt: « Da die Zone



No. 9522 3. 10. 1939.

Phot. Hch. Buchmann.

**Abb. 5. Die W-Wand des Pzo. Mascarpino (2445 m) mit dem hellen auskeilenden Marmorband der Teggiolomulde.**

Prof. Preiswerk schreibt zu dieser tektonisch wichtigen Stelle der Tessiner Alpen 1918 (Geol. Beschr. d. Lep. Alp.):

«Bei Gheiba im Peccialatal endet scheinbar die Teggiolomulde. Jedoch findet man in Verfolgung ihrer Streichrichtung eine Linie, die scharf als Grenze differenter prätriadischer Bildungen markiert ist. Auf dieser Linie stellen sich nun zunächst am SW-Hang des Pzo. del Piatto di Rodi und des Pzo. Mascarpino, sodann nochmals weit unten im Maggatal, bei Someo, wieder Marmore ein, die ich als ausgewalzte Reste der Teggiolomulde auffassen muss. Es zeigt dieses Verhalten, wie vorsichtig man in der Beurteilung der Muldenenden sein muss ».

Von links stoßen die Maggialappengneise an das Marmorband. Letzteres liegt in einer mächtigen aus dem Alpigiakar in die Gipfelregion des Mascarpino ziehenden Amphibolitzone. Im Liegenden folgen die hellen Bänke des Antigoriognesis, der die Steilabstürze bis nach Al Piano di Peccia hinunter bildet.

relativen und absoluten Massenüberschusses am Südrande der Alpen mit der Tessinerwurzelzone zusammenfällt, kann die Maggiaschwebrechtfalte als eine Abzweigung dieser Wurzel gedeutet werden, ein Resultat (!), das bereits auf anderm Wege erhalten worden ist ».

Beim Nachprüfen dieses Kündig'schen Resultates ergibt sich heute nun folgendes Bild :

1915 gibt A. Heim eine — man möchte fast sagen — etwas voreilige geologische Deutung der Schweizerischen Isogammekarte von Prof. Niethammer. Letzterer sagt nämlich ausdrücklich im Begleittext zur Karte : «In Anbetracht des Umstandes, dass die isostatischen Schwer-

anomalien unter einer ganz willkürlichen Annahme über die Grösse des Kompensationsgebietes abgeleitet sind, wird man vorläufig darauf verzichten, Zusammenhänge mit Fragen geologischer Natur aufzusuchen zu wollen ». Man darf also gemäss dieser Warnung des Geophysikers nicht zuviel aus dem Isogammenverlauf herauslesen wollen, was aber Heim bereits getan hat. Man mag dagegen einwenden, dass dies vielleicht noch bei solch grossen Strukturen wie dies z. B. der ganze Alpenkörper darstellt, angängig sei. Sicher ist aber Kündig zu weit gegangen, wenn er diesbezügliche Schlüsse in viel kleineren Verhältnissen ziehen will.

Zu dieser Tatsache der Willkürlichkeit kommt nun noch eine Erfahrung neuesten Datums hinzu. Von Zwerger schreibt 1941: «Durch ausgedehnte Erfahrungen im Laufe der Reichsvermessung hat sich herausgestellt, dass Pendelstationen nur dann als zuverlässig gelten, wenn sie zwei- bis viermal zu verschiedenen Zeiten wiederholt werden ». So präzis nun auch Prof. Niethammer seine Karte mit dem Pendel erstellt hat, so sollen sie doch auf die von Zwerger gemachten Erfahrungen hin untersucht werden.

Als weitere Kritik an geologischer Deutung gewisser geophysikalischer Daten schreibt Kober 1938 wie folgt: « Man hat mit den relativen Schweremessungen auch den Deckenbau der Alpen beweisen wollen (A. Heim). Man hat umgekehrt aus dem Schwerebild auch wieder zeigen wollen, dass die Ostalpen kein Deckengebirge sein können (Kossmat). Beide Auffassungen werden widerlegt durch die Tatsache, dass im afrikanischen Grabenbruch gleichfalls ein Minus von 160 vorkommt. Dabei liegt hier statt alpinem Zusammenschub typischer kratogener Bruchtektonismus vor ».

Aus all dem Angeführten ist nun eindeutig zu entnehmen, dass der Versuch Kündigs, die geologische Struktur der M-Q mit den erwähnten geophysikalischen Daten zu enträtselfn, auf äusserst schwachen Füßen steht. Er darf also auf keinen Fall von einer « trefflichen Bestätigung » seiner Ansicht von dieser Seite her sprechen. Diese Feststellung berührt aber in keiner Weise Kündigs gute geologisch-petrographische Feldbeobachtung, solange diese rein beschreibend aufgefasst wird.

## Petrographischer Teil.

### Allgemeines.

Die bisherigen Betrachtungen waren im allgemeinen geologisch-tektonischen Problemen gewidmet, die einem das Studium der M-Q stellt. Gerade diese eignet sich aber auch besonders gut, klarend auf die Fragen der Gesteinsumformung (Metamorphose, Metasomatose und Ultrametamorphose) einzuwirken.

Betrachtet man ein Faltengebirge, so findet man folgende Regel: Von aussen nach innen zunehmende Metamorphose der Gesteinsschich-

ten, Kristallinwerden vorher meist nur diagenetisch verfestigter Gesteinstypen, schliesslich in der innern Zone Bildung von Graniten und Gneisen, die teilweise auch als eng begrenzter Körper (Massive und Stöcke) auftreten oder als grosse, ausgedehnte Areale sich vorfinden.

Es erhebt sich nun die heute heiss umstrittene Frage, nämlich : « Woher sind diese granitischen Gesteine gekommen ? » Granit, den man vor noch nicht allzu ferner Zeit als das Urgestein auf der Erdkruste betrachtete. Ist er während der Faltung des Geosynkinalraumes aus einem tieferen Niveau in die sich faltenden Schichten eingetreten, oder entstammt er dem Inhalt jenes Faltungsraumes selbst ? Ist er ein erstmalig Auftretender, erstarrt aus einem juvenilen Magma, oder gehört er mit zu dem grossen Kreislauf, worin die Sedimente zu metamorphen oder gar ultrametamorphen Gesteinen umgebildet werden ?

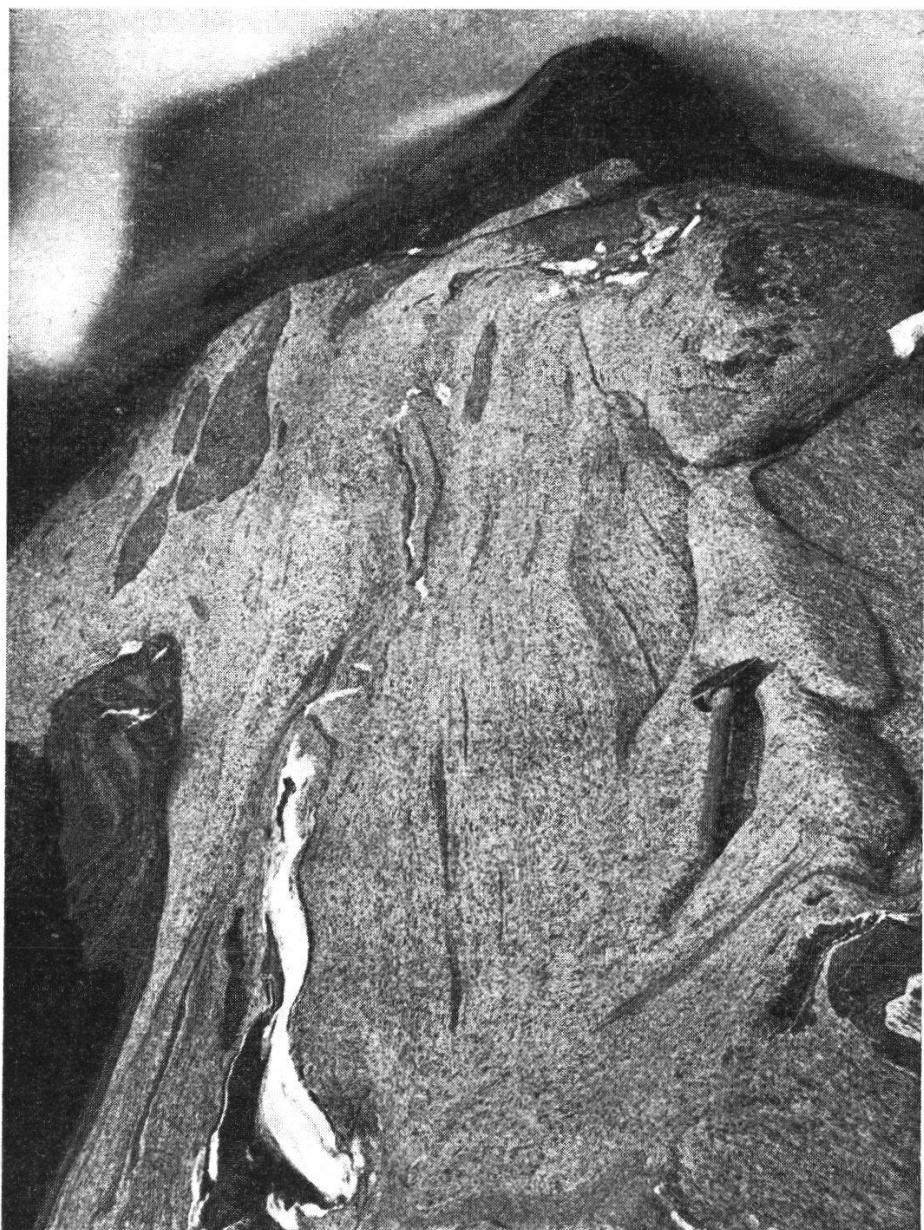
Diesen schwierigen Fragen versucht man heute beizukommen, indem man z. B. Einschlüsse (mikro- und makroskopischer Art) im Granit (siehe Abb. 6), oder Uebergänge zu Sedimentgesteinen (Paragneisen) betrachtet und die vorhandenen Gesteinstypen einander chemisch und strukturell gegenüberstellt, wie dies für das Bergeller-Massiv jüngst von Herrn Prof. Drescher-Kaden ausführlich durchgeführt wurde.

Die beigegebene Photo aus dem « Granitkörper » der M-Q zeigt ein schönes Beispiel für Gesteine mit heterogenem Durchmengungsverband, sogenannte Migmatite (im Sinne Scheumanns 1936).

### Migma- und Magmaprobleme.

Wie schon Prof. M. Reinhard in seinem Delftervortrag anno 1935 (« Ueber Gesteinsmetamorphose in den Alpen ») hervorhob, « ist hier <sup>1)</sup> ein altkristalliner Grundgebirgssockel mit seiner mächtigen Hülle von permotriasischen Ablagerungen und Bündnerschiefern in grosser Rindentiefe dislokationsmetamorph umgewandelt worden. Die alten tektonischen Strukturen im Grundgebirge und die Diskordanzen zwischen Grundgebirge und Deckgebirge wurden verwischt ». In gewissem Sinne ist also das Gebiet Grund- und Deckgebirge zugleich, was zu der Hoffnung Anlass gibt, die im nordischen Grundgebirge angestellten Beobachtungsergebnisse, die unter dem Namen « Migmatitbildung » zusammengefasst werden können, hier mit ähnlichen Problemen der Gesteinsumprägung zu vergleichen. Bekanntlich unterscheidet man nach Prof. Argand zwei Haupttypen von Gebirgen : den alpinen Typ und den Grundfaltentyp. Im Abschnitt « Die Westalpen » ist ersterer skizziert. Aufwölbungen kommen aber auch ohne vorhergehende alpinotype Deformation vor, wenn der Sockel an sich stark genug ist, um auf diese Weise zu reagieren. Man findet sie im Vor- und Rückland von Geosynkinalfaltungen. Es sind die typischen Grundfaltungen Argands.

<sup>1)</sup> Gemeint : Tessiner Penninikum.



No. 9522 BRB 3. 10. 1939.

Phot. Hch. Buchmann.

Abb. 6. Migmatit im Alpigiagneiskörper.

Es befinden sich Relikte alter Biotit- bis Hornblendegneise, teilweise mit exsudativen Quarzsäumen, in jüngerem leukokraitem Gneis.

Der abgebildete Block liegt im Bachbett der Maggia zwischen Cambleo und Peccia und stammt aus den rechtsseitigen steilen Alpigiagneiswänden.

Als die Vergleichsmöglichkeit ebenfalls hervorhebende Ansicht mögen hier noch die Worte eines «Grundgebirgsforschers», Backlund (in «Die ältesten Baueinheiten Fennoskandias», 1941) angeführt werden: «Eine regionale und konsequente Untersuchung von Gesteinsstrukturen und -texturen und ihrer räumlichen Anordnung innerhalb der verschiedenen Teile des Urgebirges zeigt nicht nur Analogien, sondern auch Identitäten mit den Bauformen der jüngeren Orogen».

Wenn nun heute immer mehr die seit langem im nordischen Grundgebirge bekannten Erscheinungen der Migmatitisation an manchen Stellen der Alpen (junges Orogen) nachgewiesen wurden, so soll in diesem Zusammenhang die Auffassung eines Forschers, der sowohl die Westalpen als auch das nordische Grundgebirge aus eigener Ansicht kennt, erwähnt werden. Prof. Wegmann sagt in seiner Arbeit (« Zur Deutung der Migmatite », 1935) : « Die Migmatite kommen in Gebieten mit Grundgebirgscharakter vor. Man könnte sie sogar als eines der Merkmale für den Grundgebirgscharakter bezeichnen. Sie können mit grösseren Intrusivmassen vorkommen, bedecken aber oft grosse Areale, ohne dass grössere Intrusivmassen sichtbar wären. Bei genauerem Zusehen ist es aber nicht immer leicht, beide Erscheinungen zu verbinden. Oft gehören Intrusivgesteine eines Migmatitgebietes früheren oder späteren Episoden oder Perioden an, als die Migmatitisation ».

Diese kurzen Auszüge aus Arbeiten dürften genügen, um die Wichtigkeit dieses Problems für Untersuchungen petrographischer Art in der Maggia-Querzone zu zeigen. Im Folgenden soll nun in kürzester Form darauf eingegangen werden, jedoch nur soweit, als die in diesem Aufsatz behandelten Fragen es erfordern.

Ein heute stark umstrittener Punkt in der Migmatitdeutung ist, dass die einen Forscher die migmatischen Gesteine nur in Verquickung mit eindringendem Magma<sup>1)</sup> verstehen wollen, die andern aber diese ohne Einwirkung von letzterem entstanden denken. Der Schöpfer dieses Ausdrucks « migmatische Gesteine », Sederholm, formulierte in seiner grundlegenden Arbeit 1913 wie folgt : « Anatexe bezeichnet eine höhere Potenz der Umwandlung als Metamorphose, entspricht also gewissermassen dem Begriff Ultrametamorphose, welch letzteres Wort aber meistens in mehr neptunistischem Sinne angewandt wird. Die Anatexe umfasst alle diejenigen Prozesse, durch welche migmatische Gesteine gebildet werden, also solche, die von einer wirklichen Verquikkung zwischen früher existierenden festen Gesteinen und später eingedrungenen Magmen charakterisiert werden ». Prof. Niggli stützt sich nun speziell auf diese Stelle Sederholms und erklärt die Migmatite als Produkte der Assimilations-, Einschmelzungs- und Umschmelzungsmetamorphose, die er als eine Unterart der Kontaktmetamorphose, ausgelöst durch eindringendes heisses Magma, klassifiziert (1939). An anderer Stelle ordnet er die Migmatitentstehung auch der metamorphen Provinz im Bereich der allgemein magmanahen Zone ein und sagt : « Schwierig ist hier die Trennung von magmatischen Gesteinen und Migmatiten.

<sup>1)</sup> Definition des Begriffes « Magma » nach Niggli, 1937 : Ein Magma ist eine dem Erdinnern angehörende oder von dort stammende glutheisse, molekulare Lösung von grösserem, räumlichen Zusammenhang und von geologischer Selbständigkeit.

... Von einem Migma soll nur gesprochen werden, wenn in ein und demselben Zeitmoment die Hälfte oder mehr des ursprünglichen Gesteinsvolumens flüssig geworden ist. Neubildung von Magma ».

Im Gegensatz zu Sederholm und Niggli hat dann Eskola (1932, 1936) eine Theorie der Migmatitbildung entwickelt, die neben der magmatischen Entstehung (magmanah) auch eine solche ohne Injektion von Magma für möglich erachtet. Er sagt (1939) : « Ueberall, wo die chemischen Bestandteile der Granite und genügende Mengen von Wasser vorhanden sind, muss sich das granitische Restmagma wiederbilden, sobald die Temperatur hoch genug ist. Nach den experimentellen Untersuchungen Goranson weiss man jetzt, dass die Temperatur der Endkristallisation granitischen Magmas bei etwa 550 bis 650° liegt, also viel niedriger als Holmquist annahm. Granitisches Magma kann aber auch durch Kristallisationsdifferentiation zustande kommen, und ein solches juveniles Magma kann ebensowohl durch Injektion Migmatite bilden, wie das durch teilweises Wiederaufschmelzen (Anatexis) aus dem umgebenden Gestein entstandene palingene granitische Magma ». Verschiedene Forscher bezeichnen nun das palingene Magma als Migma und wollen damit zum Ausdruck bringen, dass es an Ort und Stelle, also nicht aus dem Erdinnern (Magmaherd) aufgestiegen, entstanden ist.

In diesem Streit um die Klassifizierung der Migmatite hat nun Prof. Reinhard in seinem oben zitierten Vortrag die grundlegende Frage in die diesbezüglichen Diskussionen geworfen, nämlich : « Sind überhaupt in der Erdkruste, ausser der Daly'schen Basaltschicht, noch ursprüngliche Magmaschichten oder Magmaberde vorhanden ? Man ist versucht, diese Frage zu verneinen ». Auch Prof. Drescher kommt auf Grund seiner vielen Untersuchungen an mehreren « Granitmassiven » zu folgendem Schluss (1939) : « Die Granitbildung findet in relativ hochliegenden, selbständigen Faltungsgebieten statt. Wir haben nicht den geringsten Anlass mehr — besonders beim Fehlen jeder dahingehenden Beobachtung ! — in jedem Fall die Granite etwa als Differentiate eines Magmas anzusehen, das als basischen Pol die Basalte, als sauren die Granite fördert ».

Aus den Ausführungen ist nun ersichtlich, dass sich heute zwei Ansichten, die der « Magmatiker » und die der « Migmatiker » entgegenstehen. Die Erscheinung der Migmatite ist und bleibt eine Tatsache, die Deutung aber vorläufig noch Hypothese. Man fragt sich deshalb mit Recht, ob dem Begriff « Migmatit » heute schon eine genetische Deutung beigelegt werden soll. Hier hat nun Prof. Scheumann — man möchte fast sagen, wohltuend — eingegriffen, indem er wie folgt definiert (1936) : « Der umfassende Begriff des Migmatits soll in neutralem Sinne stabilisiert werden, ohne Belastung mit der Frage der Herkunft der zugemengten Schmelzlösungen, also für Gesteine mit heterogenem Durchmengungsverband älterer nicht geschmolzener (wenn auch veränderter) fester Anteile mit jüngeren magmaähnlichen oder magmgleichen Schmelzlösungen. Er bezeichnet in dem hier definierten Sinne als Mantelbegriff nicht nur die durch Aderbildungen ausgezeich-

neten, sondern alle Formarten ähnlich gemengter Gesteine, ohne Rücksicht auf das Bild der Durchdringung und ohne Entscheidung über die Genese im Speziellen; d. h. er stellt nur den Tatbestand des beziehungsmässigen Durch- und Zwischeneinanders von reagierendem Feinstem und reagierender Schmelzlösung fest».

Scheumann gibt nun weitere neutral zu verstehende Namen, wie Phlebit für Adergesteine, Agmatite o. ä. Diese Art der Nomenklatur ist sehr zu begrüssen; man hat mit den neutralen Namen ein ganz anderes Rüstzeug nicht nur für die Feldarbeit, sondern auch für eine sachliche Berichterstattung deren Ergebnisse.

Es kann also hier festgestellt werden, dass man, wie bei dem tektonischen Begriff der Wurzel, auch hier die Genese von der Begriffsbestimmung strikte fernzuhalten versucht. Nur so erhält man die Möglichkeit, ein Wort zu gebrauchen, das nicht schon bei seinem Aussprechen zu fruchtlosen Streitigkeiten um oft vage Vorstellungen über Magmanähe, Magmaähnlichkeit usw. Anlass gibt. Wichtig ist, dass die Erscheinung als solche von den Vertretern beider Lager anerkannt wird und wenn diese vorläufig auch die einen nur in « mengenmässig » unbedeutender Form für möglich erachten.

### Versuche zur Deufung der Maggia-Querzone.

Der bisherige Text bemühte sich hauptsächlich die Notwendigkeit der klaren und neutralen Begriffe in der Geologie und Petrographie zu zeigen; denn nur mit rein beschreibenden Werkzeugen besitzt man die Möglichkeit beispielsweise ähnliche geologische Regionen zu vergleichen. Auf Grund der vergleichenden Betrachtung dürfte es dann möglich sein, die Kausalitätsfragen anzuschneiden, denn es ist anzunehmen, dass z. B. immer wieder vorkommende Erscheinungen innerhalb der Vergleichsgebiete auf ähnlicher oder gleicher Ursache beruhen, und dass sich dabei die Sonderursachen herausstellen, die in den lokalen Verhältnissen wurzeln.

Die M-Q liegt, wie bereits erwähnt, quer zum allgemeinen Alpenverlauf. Mit ihr angenähert parallel verläuft das Tal der Maggia. Inwieweit die Durchtalung mit den tektonischen Strukturverhältnissen zusammenhängt, ist aus dem heute sich bietenden Bilde teilweise schwer zu enträtseln. Vielleicht kann man den heute an einigen Stellen scheinbar gesetzwidrigen Flussverlauf mit der etwas andern Beschaffenheit der präglazialen Oberfläche (Veränderungen in der Vertikalen von weichen und harten Schichten) erklären, da dies besonders in Gebieten mit steilstehenden Schichten ein zu berücksichtigender Faktor ist. Prof. Preiswerk hat bereits 1918 angedeutet, dass die orographischen Verhältnisse hier einander auffallend stark entsprechen. Er sagt: « Vielleicht hat dies seinen Grund darin, dass diese Strukturlinien ihre Entstehung einer relativ späten Gebirgsbewegung verdanken ». Als solche könnte z. B. die N/S-Aufschiebung an der Scheitelungslinie in Frage kommen, die statt-

fand, nachdem die « Intrusionen » z. B. im Bergell erfolgten (nach Cornelius, 1930 : Intrusion des Disgrazionalits wahrscheinlich Oligozän, spätestens älteres Miozän ; Steile Aufschiebung von N nach S an der Insubrischen Linie abgeschlossen in der Hauptsache vor Mittelmiozän ; Ausbildung der mittelmiozänen Landoberfläche ; Einmuldung längs der Insubrischen Linie abgeschlossen spätestens vor Mittelpliozän).

Dieser Deutung Preiswerks steht nun die Ansicht Sonders (Lineamenttektonik und ihre Probleme, 1938) gegenüber, der die Vermutung ausspricht, dass die in den Alpen und anderswo (Mittelamerika) beobachtbaren Querzonen eher einer alten lineamenttektonischen Klüftung der Kruste entsprechen, die durch die junge darüber gegangene Faltung durchschimmert. Er sagt : « Man darf nie vergessen, dass sich der orogene Stauchungsprozess der Alpen in einem Mosaik von Gross- und Kleinschollen vollzogen hat, deren grosse Massen sehr wohl in der Lage sein dürfte, dem neu entstehenden Gebilde tektonische Bewegungsfugen aufzuzwingen, welche selbst die neue tektonische Anlage überwinden und durchsetzen konnten ».

Auch Prof. Heim (Geologie der Schweiz, II. Bd., 1922) drückt sich ähnlich aus, wenn er sagt : « Es ist also irrtümlich aus lokal anders streichenden Falten oder Ueberschiebungen mitten in einem grossen Kettengebirge sofort auf eine abweichende Richtung der ganzen erzeugenden Bewegung zu schliessen. . . . Sie bedeuten nicht Abweichungen in der ursächlichen Schubrichtung der jetzigen Alpen, sondern nur Unregelmässigkeiten in der Reaktion einer unregelmässig zusammengesetzten und unregelmässig gehemmten Erdrinde, z. T. können sie Reste einer abweichend gerichteten älteren, nun in den Alpenbau hineinverschluckten Faltung sein ».

#### Schlussbemerkungen.

Wenn nun diese Zeilen zur Hauptsache Negatives vorbringen, so möge der dadurch Unbefriedigte stets eines nicht ausser Acht lassen, dass nämlich die Erdrinde keinen gewöhnlichen Laborgegenstand darstellt<sup>1)</sup>), sondern ein äusserst kompliziertes Grossgebilde, das wir in jeder Beziehung zu stark verkleinern müssten, um es als Modell bestimmten Kräften aussetzen zu können, wie dies mit den Modellen des

<sup>1)</sup> Haarmann sagt : « Wir haben keinen Grund zu bezweifeln, dass grundsätzlich die physikalischen Gesetze nicht nur in der Physik und Chemie, sondern auch in der Botanik, Zoologie, Biologie und Geologie gelten. Grundsätzlich ist daher nichts dagegen einzuwenden, geologische Vorgänge physikalisch zu behandeln. Dass dies jedoch nur selten möglich ist, liegt daran, dass die Vorgänge zu verwickelt sind, um ihnen ex principio folgen zu können. Wir rechnen in der Geologie nicht mit abgeschlossenen (unabhängigen) Systemen, wir können z. B. nicht ein künstlich oder natürlich begrenztes Krustenstück betrachten und so tun, als ob die Umgebung nicht darauf wirkte ».

Technikers geschehen kann. (Die experimentelle Geologie wird deshalb nie zu ähnlicher Bedeutung gelangen.) Der Faktor Zeit hat zudem eine nicht abschätzbare Wirkung, sodass sehr wahrscheinlich schon « kleinste Kräfte » die ungeheuerlichsten Wirkungen (z. B. der Gleitvorgang) hervorbringen, die wir kurzlebige Wesen normalerweise nur grossen zuschreiben könnten. Es soll aber an dieser Stelle auch auf einen Widerspruch aufmerksam gemacht werden. So findet man beispielsweise in den Alpen, entgegen den vermutbaren an geologische Zeiten gebundenen Wirkungen, Stellen, wo harte und mächtige Schichten auf einer nicht unmerklich geneigten, schiefen Ebene aus weichem für Gleithorizonte prädestiniertem Material seit geologischen Zeiten nicht abgerutscht sind (Prof. Buxtorf). Diese sich dem Menschen als Widersprüche offenbarenden Erscheinungen können vorläufig nur so erklärt werden, dass wir bloss die Tangentenrichtung sehen — um die Sprache des Mathematikers zu benützen — und diese zum Erklären der durch die Kurvenrichtung hervorgebrachten Resultate in eine Bauformel einzusetzen wollen.

Eines lehrt die ernsthafte Beschäftigung mit Geologie und Petrographie sicher: Zurückhaltung vor Deutungsversuchen, zum mindesten vor solchen, die ohne Aufzeigung ihrer problematischen Natur gegeben werden. Diese Einsicht möge besonders der Alpenmorphologe berücksichtigen, der oft in Versuchung kommt, problematische geologische Aussagen für seine Schlüsse zu verwenden.

Sommer 1942.

#### Nachtrag.

Seit der Abfassung dieses Beitrages zu den Problemen der M-Q sind noch folgende Arbeiten, dieselben berührend, erschienen:

J. Cadisch: Die Entstehung der Alpen im Lichte der neuen Forschung. Basel, 1942.

Darin wird die gleiche Ansicht vertreten, die Ampferer seit 1906 und 1911 vertreten hat (siehe Abschnitt « Der Begriff der Wurzelzone »).

P. Niggli: Das Problem der Granitbildung. 1942.

M. Reinhard: Ueber die Entstehung des Granits. 1943.

Beide Arbeiten sind überaus wertvolle Abhandlungen über Magma- und Migma-Probleme, wie sie im vorstehenden gleich beititelten Abschnitt kurz und unvollständig erwähnt werden konnten.

Prof. Reinhard äussert sich zum schwierigen Problem der Petrogenese folgendermassen:

« Es wird sich bei sorgfältigen — ohne vorgefasste Stellungnahme begonnenen — Untersuchungen zeigen, dass oft nicht rein magmatische, und meistens nicht rein metasomatische Endglieder vorliegen, sondern migmatische Zwischenglieder, migmatisch in

der etymologischen Bedeutung des Wortes. Die Frage magmatisch oder metamorph ist demnach falsch gestellt: nicht um ein Entweder-Oder handelt es sich, sondern darum, festzustellen, wie gross bei einem bestimmten Granitvorkommen der magmatische und wie gross der metamorphe Anteil ist. Diese Frage jetzt schon allgemein beantworten zu wollen, ist verfrüht. Wer behauptet, die meisten Granite seien magmatischen, ja sogar juvenilen Ursprungs, gibt sich ebensowenig Rechenschaft über den Stand unserer heutigen Kenntnisse, wie derjenige, der ihre metamorphe Entstehung befürwortet ».

S. von Bubnoff: Schollentransport und magmatische Strömung. Eine vergleichende Analyse der Tiefenstockwerke von Faltengebirgen. Berlin, 1942.

In Anlehnung an Ampferer's Verschluckungstheorie (siehe obiger Abschnitt «Der Begriff Wurzelzone») kommt Bubnoff zu ähnlichen Ergebnissen in bezug auf die Wurzelbildung in den Alpen.

E. Wenk: Ergebnisse und Probleme von Gefügeuntersuchungen im Verzascatal (Tessin), 1943.

Diese Arbeit enthält die Ergebnisse neuer gefügekundlicher Untersuchungen im Bereich der M-Q Wenk sagt:

«.... dass die N-S-Struktur der Maggia-Querzone sich nicht nur im Verlauf der geologischen Zonen oder im Streichen der Schichten äussert, sondern dass sie sich in den flach gelagerten Gneisen der Verzasca in den Gross- und Kleinfalten, in der Gitterregelung und in der Orientierung der anisometrischen Mineralkörper widerspiegelt und sich in Schichten fortsetzt, die E-W streichen ».

Im weiteren stellte Wenk fest, dass die Kristallisation von Glimmer während der Hauptfaltung des Gebietes, die letzte Kristallisation von Quarz jedoch in der Schlussphase oder nach Abschluss der Faltung erfolgte. Zwischen beiden Akten muss eine geringe Verschwenkung der gebirgsbildenden Kräfte eingetreten sein. Diese Auffassung deckt sich auch mit der bereits 1931 von Preiswerk festgestellten Richtungsänderung, die zwischen der Cocco-gneisverfestigung und derjenigen ihrer sauren Nachschübe beobachtet werden kann.

Ferner hat Wenk zur Deutung Kündigs, die M-Q sei eine quer zum alpinen Streichen verlaufende Wurzelzone, festgestellt, dass die granitischen Gesteine des Verzascagebietes nicht im W, sondern eher im E bis SE wurzeln können.