

Der Triaszug von Kalkstein im Schlingengebiet der Villgrater Berge (Osttirol).

Von Oskar Schmidegg.

(Mit 3 Tafeln und 4 Textfiguren.)

Inhaltsangabe: Im Schlingengebiet der Villgrater Berge ist, das Streichen derselben schneidend, der Kalksteiner Triaszug eingeschaltet. Die Lagerungsverhältnisse im Kristallin und im Triaszug werden beschrieben, ferner auch der Bau des Thurntaler Phyllites, der ebenfalls den Schlingenbau mitmacht, außerdem in Form einer nach SO überkippten Synklinale in das Altkristallin eingefaltet ist. Auf Grund der Achsenlagen werden die ersichtlichen Bewegungspläne gegliedert und ihre zeitliche Abfolge mit besonderer Berücksichtigung der Einschaltung der Trias besprochen. Auch junge, nachkristalline Bewegungen mit örtlich begrenzter Auswirkung sind vorhanden. Tektonische Folgerungen und Stellungnahme zur Deckentheorie.

Bei meinen Untersuchungen über Schlingentektonik, die ich in den letzten Jahren südlich der Zentralalpen Tirols mit Beihilfe des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins ausführte (L 21),¹⁾ hatte ich auch im Villgrater Gebirge ein Schlingengebiet nachgewiesen. Im letzten Sommer hatte ich nun Gelegenheit anlässlich meiner geologischen Aufnahmen, die ich zur Fertigstellung der Blätter St. Jakob und Hopfgarten im Deferegggen der neuen österreichischen Karte durchführte, besonders das Gebiet um Kalkstein, das wegen seiner Triaseinschaltung²⁾ eine wichtige Stelle im Alpenbau darstellt, genauer zu begehnen und meine tektonischen Untersuchungen dort fortzusetzen. Meine bisherigen Beobachtungen, die auf mehr großzügigen Begehungen erfolgt waren, fand ich im Grunde durchaus bestätigt, doch brachten die nunmehrigen Ergebnisse doch immerhin so viel Neues, daß ich darüber nun berichten möchte. In einem Vortrage an der Geologischen Bundesanstalt in Wien im Februar d. J. habe ich das Wesentliche bereits dargelegt.

Vorausgeschickt muß noch werden, daß ich bisher erst eine geringe Zahl von Schliffen erhalten konnte. Es sind daher einige Angaben, besonders was das Verhältnis zwischen Deformation und Kristallisation anlangt, vielfach erst auf Grund von Anschliffen und bisheriger Erfahrung gemacht, unter Vorbehalt späterer Überprüfung durch eine größere Zahl von Dünnschliffen.

Tektonische Übersicht.

Das Villgrater Gebirge liegt in jenem Gneisstreifen „Zone der alten Gneise“ nach Klebelsberg (L 12), der sich am Südrand der Tauern hinzieht und

¹⁾ Die in Klammer angeführten Ziffern mit L ... beziehen sich auf das Verzeichnis des Schrifttums S. 131.

²⁾ Unter Trias ist hier im allgemeinen auch das mitgehende Jungpaläozoikum (Perm, Verrucano) inbegriffen.

nach der Deckenlehre als Wurzelzone der ostalpinen Decken aufgefaßt wird. Im N wird er durch die Matreier Zone, im S, wenn man den Thurntaler Phyllit hinzurechnet, durch die eingeklemmte westliche Fortsetzung des Drauzuges, weiter im W durch den Brixner Granit begrenzt.

Eine Reihe von Triaseinschaltungen sind dieser Gneiszone eingelagert, z. T. in verschiedenem Streichen. Die größten Partleis—Weißhorn—Mauls und Kalkstein liegen anscheinend wenigstens annähernd im selben Streichen, jedoch durch eine Strecke von über 50 km, von der bisher kein Triasvorkommen bekannt ist, unterbrochen. Weitere Vorkommen finden sich an weiter nördlich gelegenen Flächen: am Staller Sattel (L 24), südlich St. Veit i. Def. und ein fragliches im Mühlthal nordöstlich Bruneck. Weiter nach O wurden in neuerer Zeit, abgesehen von dem hier noch besprochenen Vorkommen östlich Innervillgraten, von Beck am Iselsberg und in der Kreuzeckgruppe noch jungpaläozoische Einschaltungen aufgefunden (persönliche Mitteilung und L 1). Nach W ist die Fortsetzung dieser Triaseinschaltungen einerseits nach SW abbiegend im Ultental, anderseits in der Ortlergruppe zu suchen.

In unserem Bereich, im Meridian des Villgrater Gebirges, folgen von N nach S auf die Matreier Zone zunächst ein Streifen von hauptsächlich Paragneisen und Glimmerschiefern, der neben einer Tektonik mit flachen Achsen auch ältere, steilachsige Tektonik aufweist, wie neuere Beobachtungen an der Kalser Straße gezeigt haben. Nach S folgt dann weiter die in der Rieserfernergruppe mächtige nach O sich stark verschmälernde Tonalitintrusionsmasse, beiderseits von Hüllschiefern umgeben, die Marmore und Amphibolite führen und Kontakterscheinungen aufweisen. Dem Südrand entlang, an dem auch einige Triaslinsen eingelagert sind, zieht die ziemlich jung ausgearbeitete Deferegger Hauptstörung.

Von hier bis zur Pustertaler Linie folgt dann das Gneisgebiet der Villgrater Berge mit dem Thurntaler Quarzphyllit. Die Gneise bilden hier, wie ich in L 21 gezeigt habe (siehe auch Abb. 1), eine große, stark asymmetrisch gebaute Schlinge. In weitem Bogen zieht das Streichen vom Staller Sattel über Hochgrabe (hier mit W-Einfallen)—Innervillgraten zum Toblacher Pfannhorn. Die Umbiegungslinie beginnt ganz im NW beim Staller Sattel bei starker Umfaltung mit lotrechten bis steil W einfallenden Achsen, biegt dann etwa über das Villgratener Törl um in die spitz zulaufende Arntaler Schlinge, in der flache NNO gerichtete Achsenlagen herrschen bei besonders westlich der Rotspitze muldenförmigen Bau, bis an den Kalksteiner Triaszug. Im SW ragt noch die Hochhornmulde herein.

Demnach lassen sich im Altkristallin, das den Triaszug umgibt, drei verschieden gebaute Bereiche unterscheiden, die allerdings meist ohne scharfe Grenze ineinander übergehen.

1. Die Gneiszüge, die in ungefähr paralleler Anordnung SSW—ONO streichend die Gruppe des Toblacher Pfannhorn und die nördlichen Ausläufer des Marchkinkels aufbauen, im N etwa begrenzt durch die Linie Pfanntörl—Alfnerbachgehänge südöstlich Kalkstein. Nach NO leiten sie über den Grumauer Berg in die große Schlinge der Hochgrabe über, nach W keilen sie anscheinend zwischen dem Granit des unteren Gsiesertales und der Pusterer Linie aus.

2. Die Hochhornmulde. Nach O begrenzt durch das Alfner und Roßbachtal bis zum Kalksteinjüchl.

3. Nördlich des Triaszuges der SW-Schenkel der Schlinge des Arntales.

Gneisstreifen des Toblacher Pfannhorn.

Dieser etwa 3 km breite Streifen enthält zwischen dem Toblacher Pfannhorn und dem Villgratental eine besonders reichhaltige Folge von verschiedenen Orthogneisen. An der Fortsetzung am Grumauer Berg werden sie viel spärlicher, nehmen aber dann an der Hochgrabe wieder an Menge zu. Es folgen hier von der Phyllitgrenze nach N zunächst:

1. Ein mächtiger doppelter Zug von Biotitgranitgneisen, die stellenweise, z. B. bei Oberhof, Hornblende führen und meist stengeliges Gefüge besitzen. Sie ziehen von der Mündung des Tafnbaches mit steilem N-Fallen über den Ganerkogel, dessen O-Grat sie größtenteils aufbauen zum Blankenstein, wo sie bei flachem O-Fallen scharf nach S gegen das Sylvestertal abiegen. In ihrer Begleitung treten vielfach, besonders im oberen Ruschlettal, Quarzite auf, ähnlich denen der Hochhornmulde.

2. Ein zunächst ziemlich schmaler Zug von hellem Augengneis setzt knapp südlich Innervillgraten ein und läßt sich durch die steilen Wälder hinüber ins Ruschlettal und zur Gruberspitze verfolgen. Am Grat südlich davon besitzt er muldenförmige Lagerung, auch sind mehrere Parallellagen zu beobachten. Die weitere Fortsetzung zieht dann durch den N-Hang des Blankenstein bis hinüber zum S-Grat des Toblacher Pfannhorn.

3. Wieder eine Lage von Biotitgranitgneis zieht längs des Grabens südlich Gisser hinauf, überquert das Ruschlettal und zieht zur Gruberspitze, wo er bei flach S-fallender Lagerung ziemlich grobkörnig massiges Gefüge zeigt und stellenweise reichlich Hornblende führt. In den schlecht aufgeschlossenen N-Hängen des Blankenstein tritt er wieder mehr zurück, um erst wieder am N-Grat des Toblacher Pfannhorn mehr zur Entfaltung zu kommen. Neben einer durchziehenden Lage gewöhnlichen Biotitgranits finden sich auch noch südlich davon bis zum Gipfel mehr linsige Einschaltungen von Biotitaugengneis und mehr amphibolitischen Granites sowie auch von hellen Augengneisen.

4. Nun folgen einzelne mächtigere, linsige Einschaltungen von hellen Augengneisen: im Ruschlettal nordöstlich der Stauderalm, bei der Senfteralm, östlich der Alfneralm und südlich des Pfannhörns. Auch die Augengneislage am Eingang ins Kalksteiner Tal, die schon zu den Orthogneislagen des Eggebirges hinüberleitet, könnte man noch hieherzählen.

Dazwischen findet sich im Steilgehänge südlich Hauser bei etwa 1600 m (am obren Ende der Schutthalde) eine stark gefaltete Einschaltung von Biotitgranit bis Gabbro, wieder von dunklen Quarziten begleitet.

Nahe südlich des Augengneiszuges 2 konnte ein ganz schmaler Zug von Marmor festgestellt werden. Er setzt knapp südlich Innervillgraten ein und ließ sich durch alle Gräben der dichten Steilwälder meist anstehend oder wenigstens durch Fallstücke belegbar bis zum Ganerkogel verfolgen, wo ich ihn in einem Schartl im Nordgrat noch anstehend finden konnte. Eine etwaige weitere Fortsetzung wäre etwa westlich und südwestlich des Blankenstein zu suchen.

Der Marmor besitzt eine Mächtigkeit von nur wenigen Dezimetern und noch geringer und ist meist stark mit Silikaten und Quarz vermischt und verfalet. Die Farbe ist gelblich bis grau. Das Korn mehr fein, seltener grob. Es ähnelt am meisten manchen Typen der Tonalemarmore.

Die Hoehhornmulde.

Landschaftlich recht gut abgegrenzt durch die Täler des Roßtalbaches und Alfnerbaches stellt sie eine tektonische Mulde von Schiefern dar, in die eine Folge von Granitgneisen eingelagert ist. Wie aus der italienischen Karte (L 2) ersichtlich ist, bilden diese Granite die nach O auskeilende Fortsetzung der Granitmasse am Ausgang des Gsiesertales, wobei die Mulde dem östlichen Teil der Granitmasse aufgelagert ist.

Hier am Kamm zwischen Kalksteiner Jöchl und dem Pfanntörl läßt sich in der Anordnung der Granitzüge insofern eine Regelmäßigkeit feststellen, als die innere Hauptlage aus mehr basischen biotitreichen bis hornblende-führenden Gneisen gebildet wird, während die randlichen, also in der Lagerung nach oben und unten folgenden Lagen mehr aplitisch sind. Begleitet werden diese Granite von meist dunklen, hornfelsartigen Quarziten bis feinkörnigen Gneisen als Auswirkung einer Kontakterscheinung. Auch Graphitschiefer kommen vor (an der Grubers-Lenke und Pürglers-Lenke).

Diese ganze Folge von Granitgneisen mit den Begleitgesteinen hat, wie bereits erwähnt, muldenförmige Lagerung mit etwa $N 40^{\circ} O - N 50^{\circ} O$ gerichteter meist SW einfallender Achse. Stärkere Verfaltungen sind am Grat südwestlich der Kerlspez häufig. Am Kalksteiner Eck wird die Lagerung etwas flacher, dann hebt sich die ganze Folge nach O über den Alfnerbach in die Luft aus, ohne jenseits eine Fortsetzung zu finden. Es wäre denn die gabbroide Einschaltung südlich Hauser mit den Begleitquarziten als eingeklemmter Rest einer Fortsetzung anzusehen.

Eggeberg (Arntaler Schlinge).

Das Kristallin nördlich des Triaszuges gehört bereits zur Gänze dem SW-Schenkel der Arntaler Schlinge an, die hier am Eggeberg einen sehr verwickelten Bau aufweist. Einige eingelagerte Granitgneislagen erleichtern seine Auflösung.

Die mächtige Augengneismasse des unteren Antholzertales entsendet ober St. Magdalena nach O einen Ausläufer, der über den Geil ins Roßtal streicht. In seiner Fortsetzung tritt auf der andern Talseite eine schmale Augengneislage auf, die den Vordern Eggeberg (Punkt 2552) unterhalb seines Gipfels in flacher Lagerung unterfährt und dadurch ringsum zutage tritt. Nördlich des Gipfels und im S nahe dem Triaszug tritt wieder steileres S gerichtetes Einfallen ein.

Weiter östlich, bei den „Flecken“ (Punkt 2401), folgen Muskowit- und Biotitgranitgneislagen, die bei steilem Einfallen nach W — nur am Grat selbst liegen sie noch etwas flacher — fast senkrecht zum Triaszug abstoßen. Die unmittelbare Berührung ist nicht ersichtlich, doch ist wenige Meter davon eine schwache Abbiegung nach W erkennbar.

Überhaupt ist von hier nach W eine immer mehr zunehmende Anschmiegung der am SO-Kamm des Eggeberges noch senkrecht zur Trias verlaufenden Gesteinslagen im Bogen nach W zu beobachten, während weiter nach O — zunächst folgt ein unerschlossenes mit Moräne bedecktes Stück — die Anschmiegung in östlicher Richtung erfolgt, entsprechend dem W-Flügel der Schlinge.

Im O-Gehänge des Eggeberges verlaufen die Gesteinslagen im allgemeinen ungefähr NS bei meist flacher bis etwas gegen den Berg fallender Lagerung, die im unteren Teil meist unvermittelt nach einer N 20° O—N 40° O streichenden Achse in steile bis senkrechte Lagerung übergeht. Gleichzeitig vollzieht sich gegen den Triaszug hin ein Abbiegen der hier auch höher oben steil aufgerichteten Gesteinslagen in seine OW-Richtung bei steilen B-Achsen.

Im unteren O- und NO-Gehänge sind zahlreiche Orthogneislagen eingeschaltet, Biotitgranit- und helle Augengneise, letztere in ziemlich mächtigen, aber im Streichen nicht sehr anhaltenden Lagen. Nach NW hören sie, ummantelt von den Paragneisen, an einer Rinne ziemlich rasch auf, mit nur geringfügigen Fortsetzungen auf der andern Seite. Das Streichen wechselt hier zuweilen rasch, doch bleiben die Achsenlagen durchaus recht beständig (etwa N 40° O, bei flachem S-Fallen).

Der Augengneis, der im Bachbett des Kalksteiner Baches und am Weg nördlich der Trias aufgeschlossen ist, ist mit flacher N 20° E streichender Achse verfaltet und stößt wieder nördlich der Trias, von ihr durch einen Mylonitstreifen und phyllonitische Schiefer getrennt, ab.

Weiter nach O wäre nun wieder ein Abbiegen der Gesteinslagen entsprechend der Schlingenbiegung zu erwarten, doch fehlen in dem dicht bewachsenen Waldboden Aufschlüsse. Weiter nördlich am Augengneis von Hauser ist das Streichen schon wieder gleichmäßig NNO. Auch hier herrscht in höheren Lagen, nördlich der Senfteralm, im N-Gehänge, aber auch tiefer herunterreichend, flache W-fallende Lagerung wie am Eggeberg, mit ebenso unvermitteltem Übergang in die steile, wie dies besonders an dem zur Ruschletbachmündung herunterziehenden Rücken festzustellen war.

Auch an der N-Seite des Villgratentales tritt in ebenderselben Weise die flache Lagerung neben der steilen ein (nördlich Lahnberg).

Im Altkristallin unmittelbar südlich des Triaszuges, im N-Gehänge des Roßbaches, sind die Streichrichtungen durchwegs NW—SO, verlaufen also in der Fortsetzung der Gesteinslagen der N-Seite, bis auf den mittleren Teil, wo man aber einen nach W gerichteten Knick annehmen kann. Auch Einschaltungen von Orthogneisen, die denen der N-Seite entsprechen könnten, zwar stark gequetscht und schwerer kenntlich, fehlen nicht (nördlich der Lipperalm).

Östlich des Kalksteiner Baches biegen die Gesteinslagen wieder allmählich zu O und weiter NO-Streichen um, um dann in den Gneisstreifen des Pfannhorns—Hochgrabe einzubiegen. Ganz so, wie es der Schlingenbiegung auf der N-Seite des Triaszuges entspricht.

Es scheint also durchaus, besonders wenn man das tektonische Übersichtsbild betrachtet, daß die Arntaler Schlinge, so als ob die Trias überhaupt nicht vorhanden wäre, sich nach S fortsetzt.

Auch das Einfallen ist ganz entsprechend der N-Seite steil nach S gerichtet, weiter im W senkrecht. Die Achsenlagen sind lotrecht oder auch steil nach S, stimmen also auch mit der Schlingenbiegung überein.

Irgendein Anzeichen einer synklinalen Einfaltung der Trias ist im ganzen angrenzenden Kristallin nirgends zu beobachten.

Der Triaszug.

Eine eingehendere stratigraphische Untersuchung war nicht beabsichtigt, sie müßte unbedingt im Zusammenhang mit der Maulser Trias geschehen, der die Kalksteiner Trias faziell — zentralalpine Fazies — und auch tektonisch gleichzustellen ist. Beschreibungen liegen bisher vor (1883) von Teller (L 27) und (1912 und 1921) von Furlani (L 8, 9).

Von N nach S, d. i. stratigraphisch von unten nach oben, lassen sich folgende Glieder erkennen:

Verrucano; rote und grünliche bis weiße Konglomerate, gelbliche Sandsteine. Die Durchbewegung ist merklich bis zu stengelliger Ausbildung, stellenweise aber auch recht gering. Der Verrucano ist erhalten und aufgeschlossen am N-Rand von O an bis zum Knick, dann noch einmal an einer Störungsstelle und am Kalksteiner Jöchl. Am S-Rand fand er sich nirgends.

Gelbliche, sandige Kalke und Dolomite stehen am Bachdurchbruch an.

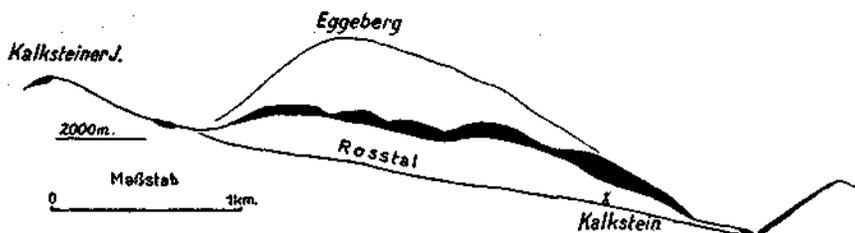


Abb. 6. Längsprofil durch den Triaszug.

Rauhacken gibt es an mehreren Stellen, so am großen Knick der N-Seite und weiter westlich. Wie weit sie nur tektonisch bedingt sind, ist noch fraglich.

Bänderkalke (anisisch) sind hauptsächlich im O-Teil in der Bachschlucht, am Knick und am Kalksteiner Jöchl vertreten. Sie zeigen laminare Durchbewegung und sind mit Kalzit wieder verheilt.

Dolomit (ladinisch) bildet die Hauptmasse, besonders nördlich des Ortes Kalkstein, wo er auch Diploporen führt. Er ist von dunkelgrauer Farbe und hier stellenweise stark mylonitisiert („Tuffe“), die Diploporen sind aber noch gut erkennbar. Ein H_2S -Gehalt macht sich durch den Geruch beim Anschlagen bemerkbar und durch die Schwefelquelle des Bades. Die stratigraphisch höheren Lagen sind mehr feinkörnig und dicht, in der Farbe licht- bis dunkelgrau, stellenweise auch bräunlich.

In der italienischen Karte (Anteil Cornelius-Furlani) sind am S-Rand und von dort nach W ziehend Phyllite eingetragen; auch gibt Dal Piaz (L 3, S. 132) an, daß dünne Lagen von Quarzphyllit analog denen des Thurntaler in der „Kalksteiner Synklinale“ vorkommen. Tatsächlich sind meist wenig mächtige phyllonitische Quetschzonen der Trias entlang, allerdings vorwiegend auf der N-Seite vorhanden, doch möchte ich sie mehr für Phyllonite des Altkristallin halten, z. T. sind sie es auch sicher. Jedenfalls wird es schwer sein, in diesen stark diaphoritischen Gesteinen sicheren Thurntaler Phyllit nachzuweisen, der außerdem nur von ganz geringer Mächtigkeit sein kann.

Die Schichten des Triaszuges sind steil aufgerichtet. Die Breite ist schwankend, im Durchschnitt etwa 100—300 m bei 4 km Länge. Soweit er auf-

geschlossen und noch nicht der Erosion zum Opfer gefallen ist, erreicht er eine Höhe von etwa 1500 m im Taldurchbruch, bis 2100, bzw. 2200 m am Eggeberg und 2350 m am Kalksteiner Jöchel, also eine aufgeschlossene relative Gesamthöhe von 850 m. Im Längsprofil (Abb. 6) sind die Aufschlußverhältnisse dargestellt. Man sieht, wie wenig weit die Aufschlüsse in die Tiefe reichen. Das Einfallen schwankt um lotrecht bis sehr steil nach N, auch steil S kommt vor. Nirgends ist mit einiger Sicherheit zu erkennen, ob die Mächtigkeit nach unten oder oben zu-, bzw. abnimmt. An Klüftungen ist vor allem ein lotrechtes System quer zum Längsverlauf zu erkennen.

Soweit der Triaszug im Zusammenhang erschlossen ist, d. i. vom Querdurchbruch des Roßtales bis nahe seinem O-Ende, weist er eine verhältnismäßig wenig gestörte Lagerung auf. Wie eine lotrechte Mauer durchschneidet er das Gehänge. Das Streichen ist im Durchschnitt N 60° W—OW bei Bad Kalkstein, er beschreibt also einen leicht nach S ausgebauchten Bogen, verbunden mit einem schwachen Knick mit Anschwellung nördlich des Ortes Kalkstein. Auch geringe Bildung von Schollen, die im Gelände als lotrecht stehende Mauern hervortreten, aber meist nicht viel bis höchstens 30° voneinander abweichen, läßt sich erkennen. Sehr deutlich tritt der Knick an der N-Seite des Zuges hervor. Der Verrucano, der am Fuß des Gehänges noch beträchtliche Mächtigkeit hat, spitzt nach W gegen den Knick hin aus. Es treten Rauhacken auf, die Bänderkalke zeigen stärkere tektonische Durcharbeitung mit flasrigem Gefüge und der nach S folgende Dolomit ist zonenweise stark mylonitisch.

Eine weitere Stelle stärkerer tektonischer Störung befindet sich östlich Punkt 2138 der neuen österreichischen Karte. Ein Span des Triaszuges hat sich auf der N-Seite mit dem Altkristallin verspießt. Hauptsächlich ist es Verrucano, der sonst hier bis zum Kalksteiner Jöchel fehlt.

Am nächsten nach W folgenden Köpfl hat der Triaszug, der hier nur noch aus Dolomit besteht, nur mehr 80 m Mächtigkeit, um dann unter dem Schutt des Roßtales zu verschwinden.

Auf der gegenüberliegenden Talseite treten etwas gegen N verschoben, wieder zwei Schollen von Dolomit und Kalk mit genau O—W-Streichen auf. Dann tritt, wenn auch die Aufschlüsse nicht ganz vollständig sind, doch wahrscheinlich eine Unterbrechung durch die Gneise und dunklen Schiefer auf, die im Gegensatz zu dem mehr O—W-lichen Streichen in Querstellung nach NO vordrängen.

Der nächste und letzte Aufschluß befindet sich am Kalksteiner Jöchel selbst. Stark zertrümmert, besteht er hauptsächlich aus Dolomit mit einer zwischenliegenden Scholle von Kalk sowie Verrucano am N-Rand. Der Triaszug biegt hiebei bei einem Streichen von N 30° W und Steilstellung stark nach N ab und verschwindet nach NW bald unterhalb des Joches im Schutthänge des obersten Koflertales.

Das Straßenprofil am Durchbruche des Kalksteiner Baches zeigt starke Verschuppung. Kalke herrschen vor mit einzelnen Dolomiteinschalungen, im N begleitet von Verrucano. Knapp unterhalb des Badhauses, an der Brücke stehen schöne Bänderkalke an mit starker Verfaltung bei lotrechten Achsen. Die Mächtigkeit des Triaszuges nimmt an der jenseitigen Bachseite und weiter aufwärts rasch ab. Er zieht dann sehr steil N-fallend in genau ostwestlicher Richtung den Wald hinauf und ist fast bis zum Kamm,

im obersten Teil nur mehr durch am Waldboden herumliegende Fallstücke feststellbar, bei denen aber noch alle drei Hauptglieder: Verrucano, Bänderkalk und Dolomit vertreten sind.

Weiter nach O konnte in keinem der Gräben der steilen Waldgehänge an der Schattseite des Villgratentales auch nur ein Fallstück gefunden werden. Die südlich Innervillgraten vorkommenden Kalkstücke gehören unzweifelhaft dem früher erwähnten Marmorzug an.

Erst am unteren Ende der Schlucht des Grafenbaches, hinter dem Hof Pichler, wurde 1936 von Grancy (L 25) wieder ein kleines Triasvorkommen aufgefunden. Es besteht bei einer Gesamtmächtigkeit von höchstens 10 m und noch geringerer Ausdehnung im Streichen aus grünen, sandigen Schiefen des Verrucano mit roten Tonschiefern (Buntsandstein?) und Bänderkalken. Das Streichen verläuft ungefähr N 40—50° W, bei steilem Einfallen etwa 70° nach N. Die B-Achsen fallen steil nach NO.

Die Lagerung ist also umgekehrt wie am Kalksteiner Triaszug, die älteren Schichten (Verrucano) auf der S-Seite, die Fazies entspricht ihm. Nach N wird die Trias überlagert von Quarzphyllit, der fast rechtwinkelig dazu (N 60° O) streicht und ebenfalls steil nach N einfällt mit fast horizontalen Achsen. Nur ein kleiner Phyllonitauflauf nahe dem Bänderkalk hat NS-Streichen mit steil O-fallender Achse. Nach S fehlen die Aufschlüsse. Erst auf der andern Talseite, durch die Schotterbedeckung getrennt, stehen wieder Phyllite an mit nach W folgendem Altkristallin. Die Trias liegt also anscheinend als quergestellte Scholle an der Spitze des in den Quarzphyllit hineinragenden altkristallinen Keiles.

Über die Möglichkeiten einer Fortsetzung des Triaszuges nach Osten.

Bereits in L 21 habe ich festgestellt, daß eine Fortsetzung des Kalksteiner Triaszuges nach O nicht vorhanden und auch nicht möglich sei. Durch die Auffindung eines Triasvorkommens östlich Innervillgraten und durch meine Beobachtung, daß die altkristallinen Gneise sich doch nicht so an die Trias anschmiegen, sondern in einem gewissen Grade davon quer abgeschnitten werden, war es notwendig, genauere Untersuchungen anzustellen, ob nicht doch noch die Möglichkeit einer Verbindung der beiden Triasvorkommen, die allerdings quer durch das Streichen der Gneise verlaufen müßte, bestände.

Grancy vermutet nun in einem unveröffentlichten Bericht eine solche Verbindung entweder in gerader Linie durch die Steilhänge südlich des Tales vermittle kleiner Schollen oder längs des unaufgeschlossenen Tales. Erstere Annahme ist durch meine neuen Aufnahmen bereits hinfällig geworden, letztere möchte ich noch der näheren Betrachtung unterziehen.

Geht man von der Triasscholle am Ausgang des Grafenbaches nach W, so bewegt man sich bis Innervillgraten an der Grenze zwischen Phyllit im N und Altkristallin im S. Hier ist es also durchaus möglich und vielleicht nicht so unwahrscheinlich, daß hier noch Triasvorkommen unter dem Talschutt verborgen liegen.

Südlich Innervillgraten tritt nun, wie bereits erwähnt, ein schmaler Zug von Marmor auf, der einerseits nicht zur Kalkstein-Trias hinüberleitet, sondern mitten durch das Altkristallin bis nördlich des Ganerkogel zu verfolgen ist. Seine weitere Fortsetzung im Streichen würde in die Zerrüttungszone an der S-Seite des Toblacher Pfannhorns hinüberleiten. Die Einfaltung dieses

Marmors in das Altkristallin, dessen Tektonik und Metamorphose er durchaus mitmacht, ist auch viel älter. Andererseits ist das Gepräge dieses Marmors gänzlich verschieden von der Trias und etwa den alten Marmoren der Tonalezone vergleichbar.

Daß wir es jedoch hier mit einer Einfaltung von gegenüber dem Altkristallin relativ jüngeren Gesteinen zu tun haben, die vielleicht mit dem Thurntaler Phyllit in Beziehung stehen, ist durchaus möglich. Hiefür spricht auch das Einsetzen dieses Marmorzuges gerade gegenüber dem letzten vorspringenden Zipfel des Quarzphyllites, ferner daß der Marmor in auffallender Weise von phyllonitischen Gesteinen begleitet ist, die als Vertreter des Thurntaler Phyllites aufgefaßt werden können und ihnen jedenfalls mehr gleichen als die Phyllonite der Quetschzonen an der Kalksteiner Trias.

Von Innervillgraten nach W herrscht ein Stück weit an der S-Seite des Tales starker Wechsel im Streichen, eine Interferenz zwischen dem Streichen des S-Randes des Altkristallin (ONO) und dem Streichen, wie es durchaus an der N-Seite des Tales am ganzen Grumauer Berg herrscht. Steilachsige Biegungen und Verfaltungen geben die Übergänge.

Noch weiter nach W über den Talausgang des Ruschlettales ist das Streichen nur mehr ONO, an beiden Talgehängen im N und S. Auch die Gesteinslagen setzen sich von einer Talseite auf die andere gleichlaufend fort, ebenso findet sich die flache Lagerung, wie sie für den unteren Teil des S-Gehänges südlich Lahnberg kennzeichnend ist, auf der nördlichen Talseite wieder.

Nichts deutet darauf hin, daß hier eine Unterbrechung im NS-Streichen vorhanden ist.

Außerdem würde diese gedachte Fortsetzung der Trias erst noch ein gutes Stück nördlich des Kalksteiner Triaszuges enden und wäre noch durch eine Verbindung von 500 m senkrecht zur übrigen Richtung diesmal im Streichen zu ergänzen.

Eine weitere, an sich naheliegende Möglichkeit der Fortsetzung des Triaszuges wäre natürlich dem Streichen folgend, also von seinem O-Ende fast rechtwinkelig abbiegend nach N. Man käme dabei in weitem Bogen über das Rotkinkle durch die ganze Hochgrabeschlinge ins obere Bruggertal bis in das Defereggental an den Rand des Rieserferner-tonalites. Abgesehen davon, daß nirgends auf dieser ganzen Linie etwas von einem Triasvorkommen bekannt ist oder sonst etwas auf diese vermutete Fuge hinweist, steht, wie später gezeigt wird, dieser Fortsetzung entgegen, daß die Triaseinschaltung erst nach der Schlingenbildung erfolgt sein kann.

Wir sehen also, daß eine Fortsetzung der Kalksteiner Trias oder auch nur einer entsprechenden Fuge nach O nicht vorhanden ist.

Aber auch nach W — eigene Beobachtungen fehlen hier — scheint man bald an ein Ende zu kommen. Wenn auch das Streichen einer Fortsetzung nicht widerspricht, so folgt doch nach etwa 15 km ein quer zum Streichen der möglichen Fortsetzung zusammenhängender Granitgneis, der für eine durchgehende Bewegungsfläche den Weg versperrt.

Damit ist jedenfalls das Nichtvorhandensein einer durchgreifenden Trennungsfläche erwiesen. Das sagt aber noch nichts gegen einen unmittelbaren Zusammenhang etwa mit der Maulsertrias in dem früher darüberliegenden, nunmehr abgetragenen Bereich. Anzeichen hiefür, z. B. Reste von Synklinen, könnten in dem Zwischenstück allenfalls noch aufgefunden werden.

Thurntaler Quarzphyllit.

An das Altkristallin der Villgrater Berge schließt sich nach S, von nördlich Toblach nach O rasch an Breite zunehmend (bis 10 km bei Außervillgraten), der Thurntaler Quarzphyllit. Er dürfte wohl sicher (siehe auch Klebelsberg, L 12, S. 252) als schon ursprünglich vortektonisch dem Altkristallin aufliegende Serie, die dem Ausgangsmaterial nach hauptsächlich aus tonreichen Gesteinen bestand, zu betrachten sein, also schon dem Material nach abzutrennen und nicht, wie Grancy (L 25) meint, erst durch Metamorphose. Wie besonders am Strickberg und Thurntaler zu sehen ist, stellt er eine tektonische Mulde mit einer im großen und ganzen OW verlaufenden Achsenrichtung dar. Im einzelnen wechselt das Streichen und auch die Achsenrichtungen oft recht stark, bewirkt durch spätere tektonische Einwirkungen auf das inneren Bewegungen viel leichter als die Gneise zugängliche Material.

Doch lassen sich besonders an den Amphiboliteinschaltungen einige größere Leitlinien feststellen. So konnte ich den bereits von Grancy kartierten Amphibolit des Thurntaler in großem Bogen nördlich Außervillgraten mit den stellenweise mächtig entwickelten Amphibolitzügen Steinrast—Mittewald verbinden. Auch die Porphyrgneise, die nebst den Erzvorkommen die Amphibolite begleiten, lassen sich über Außervillgraten hinweg verbinden.

Eine weitere Amphibolitzone, die aber mehr aus einzelnen, linsigen Einschaltungen besteht, quert den Eingang des Villgratentales, bei Heimfels und nördlich davon. Auch hier mit Erzlagern vergesellschaftet. Die Fortsetzung gegen den Thurntaler ist noch zu untersuchen.

Auf der Höhe des Strickberges sind flachliegende Chloritschiefer-Amphibolite eingelagert als Fortsetzung jener vom Gumriaul—Tafinbachtal. In seiner Nähe finden sich am Gumriaul auch Erzvorkommen (alte Schürfe) und gneisige Ausbildung der Phyllite.

Die Grenze gegen das Altkristallin verläuft nicht ganz einfach und ist jedenfalls durch verschiedene tektonische Vorgänge stark beeinflusst. Nördlich Toblach und im Tafintal steht sie ziemlich steil. Dazwischen am Marchkinkle liegt der Phyllit flach auf dem Kristallin bei schwach östlichem Einfallen. Nördlich Innervillgraten bis zu dem eingeklemmten Zipfel der Villponeralpe legt sich das Altkristallin besonders auf der Höhe nördlich der Gabesitten über den Phyllit. Der Achsenverlauf ist hier so wie im ganzen Hochgrabener Gneise im Durchschnitt N 50° O bei SW-Fallen. Ihm entspricht auch die starke Verfaltung der Phyllite mit den Gneisen in dem nach N eingeklemmten Zipfel. Der Achsenrichtung nach ist dieser Phyllitzipfel mit dem bei Innervillgraten nach SW vorspringenden Phyllitock zu verbinden, so daß also hier der Quarzphyllit in Form einer nach SO überkippten und z. T. flachgelegten Syncline unter die von N her darüberliegenden Gneise einfällt (Syncline der Gabesitten).

Bei Innervillgraten keilt der Phyllit sowohl nach der Tiefe als auch nach W rasch aus, wie die Zusammenscharung nach W zeigt. In gleicher Höhe tritt auf der andern Talseite Gneis auf, über den erst in höheren, nunmehr abgetragenen Lagen wieder Phyllit zu liegen käme, worauf auch die flache Auflagerung am Marchkinkle deutet.

Es liegt nun nahe, auch den in genauer Fortsetzung der Phyllite südwestlich Innervillgraten einsetzenden Marmorzug (mit Phyllit?) als eingeklemmte

Fortsetzung der Gabesittensynklinale zu betrachten. Diese Fuge würde dann den südlichen Gneisstreifen mit dem Biotitgranitgneiszug Oberhof—Ganerkogel—Blankenstein von den übrigen Gneisen im N abtrennen. Sie würde, wenn sie nicht schon vorher ausklingt, dann weiter nach W gegen die Pustertaler Linie hin verlaufen.

Nach NO tauchen diese Gneise gegen den Hof „Pichler“, wo das Triasvorkommen liegt, unter die Phyllite ein. Von einem zu erwartenden Gewölbebau ist jedoch nichts zu bemerken. Wahrscheinlich liegt, wenigstens teilweise, eine steile Ummantelung des Altkristalls durch den Quarzphyllit vor.

Bewegungspläne.

Nach den eingemessenen Achsenrichtungen ließen sich bei Beobachtung des Verhältnisses der zugehörigen Deformationen zu den Kristallisationsphasen dreierlei Bewegungspläne im untersuchten Bereich unterscheiden:

Plan 1 mit Achsenrichtung 1: Steilachsen. Diese finden sich vor allem in der Schlingenbildung der Arntaler Schlinge in der Nähe des Triaszuges und sind hier vorherrschend. Ferner noch an andern Stellen in der Nachbarschaft des Triaszuges und in den Bänderkalken der Trias selbst, besonders bei Bad Kalkstein an der Straße. Ferner untergeordnet noch südwestlich Innervillgraten und vereinzelt an verschiedenen Stellen des ganzen Bereiches. Außerhalb des hier beschriebenen Gebietes haben sie ihre Hauptverbreitung in der Gegend des Gsieser Törls bis zum Staller Sattel (siehe L 21) und, wie neuere Begehungen zeigten, in dem Zwickel zwischen dem Schlingenbogen der Hochgrabe und den Gneiszügen des Regenstein, nördlich der Villponeralpe. Auch im Thurntaler Quarzphyllit kommen stellenweise Steilachsen vor, so an dem Amphibolithogen nordwestlich und nördlich Außervillgraten.

Die Durchbewegung erfolgte unter größerer Belastung (mit einigen Ausnahmen nachkristalliner Steilfaltung besonders im und am Triaszug) tangential mit Ausweichen nach oben und unten, also geringsten Druck in der Lotrechten.

Plan 2 mit Achsenrichtung 2: flach, horizontal bis leicht nach SW geneigt. Die Richtung ist im Durchschnitt N 40° O—N 50° O. Diese Achsen finden sich durchgehend im ganzen Bereich sowohl in der Hochhornmulde als im Streifen Toblacher Pfannhorn—Grumauer Berg und in der Arntaler Schlinge, aber auch noch weiter darüber hinaus im ganzen Bogen der Hochgrabe, einschließlich des eingeklemmten Phyllitlappens der Gabesitten.

Die Durchbewegung auch dieses Bewegungsplanes erfolgte unter größerer Belastung tangential, jedoch mit Ausweichen in seitlicher Richtung (NO bis SW). Die Deformationsebene lag ungefähr NW—SO, lotrecht bis steil NO einfallend. Die Richtung, in der die Bewegung erfolgte, war SO, es wurde also Höheres gegen Tieferes nach SO bewegt, wie die bis flach nach SO umgelegten Lagen am Eggeberg und beiderseits Lahnberg zeigen und ebenso die Überkipfung der Phyllitsyncline der Gabesitten nach SO. Auch der ganze S-Bogen der Hochgrabeschlinge fällt nach W und SW ein. Die Achsen liegen hier schief zur Streichrichtung einfallend.

Weiter im N, am Kamm Schrittkopf—Rotspitz—Weißspitz, verlaufen, wie im Profil, Abb. 9 von L 21 dargestellt ist, diese Achsenrichtungen mehr nach NS, wobei ein ausgesprochen muldenförmiger Bau zustande kommt (Quermulde der Rotspitze), der am Eggeberg nur mehr leicht angedeutet ist.

Ob das Pendeln der Achsenlagen um die NO-Richtung durch ein Schwanken der Beanspruchungsrichtung oder, wie besonders das Abbiegen im N an der Rotspitz in die NS-Richtung, durch eine nachträgliche Verbiegung zu erklären ist, ließ sich noch nicht entscheiden.

Die steil nach SW einfallenden Achsen, wie sie besonders im Roßtal, auf der S-Seite des Triaszuges vorkommen, könnte man der Lage nach, da sie in einer Ebene mit den Achsenrichtungen 1 und 2 liegen, sowohl zu den Steil-

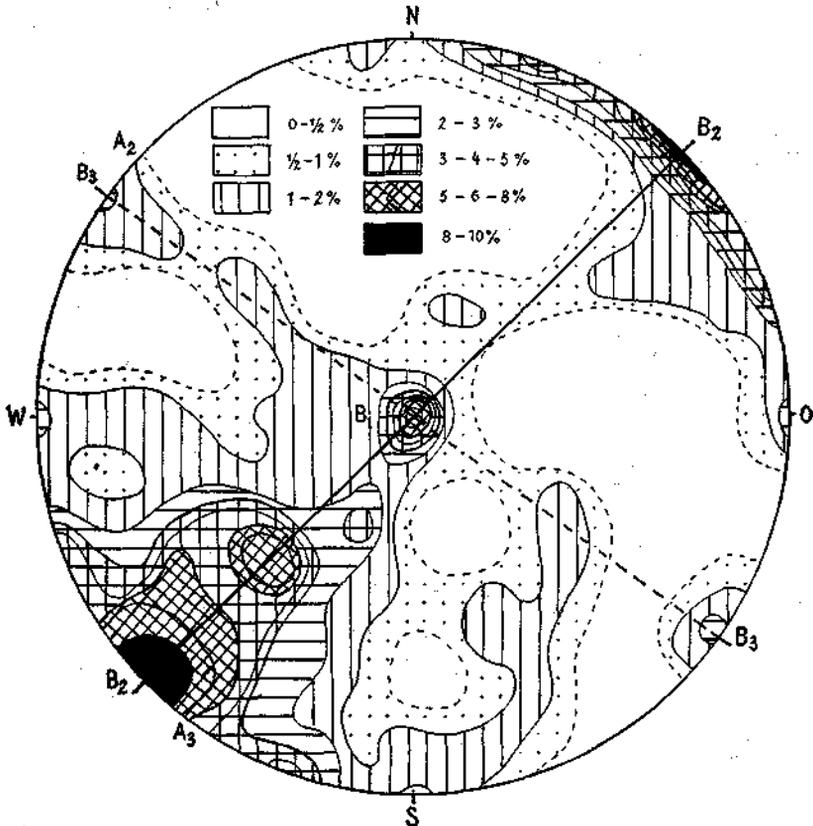


Abb. 7. Diagramm der B-Achsen (385 Achsen).

achsen rechnen, die in dieser Lage entstanden oder allenfalls etwas umgelegt sind, als auch als steilgestellte Achsen nach 2 auffassen. Wahrscheinlicher sind sie wohl zu den Steilachsen zu stellen.

Soweit bisher ersehen werden konnte, sind die Deformationen nach Plan 1 und 2 im wesentlichen vor Abschluß der Hauptkristallisationsphase (gekennzeichnet durch Biotit) erfolgt, also im wesentlichen vor- bis parakristallin. Eine Ausnahme bilden nur einige Steilachsen vor allem am und im Triaszug, die erst einer späteren nachkristallinen Bewegungsphase angehören. Genauere Gefügeuntersuchungen darüber sind noch beabsichtigt.

Plan 3 mit Achsenrichtung 3. Die Achsen verlaufen SSO—OW, meist horizontal, aber auch bis zu steilem Einfallen nach NW, je nach der Lagerung

der Gesteine. Sie sind besonders am Eggeberg stark verbreitet, aber auch weiter nach S zum Toblacher Pfannhorn und nach N in die Gegend der Rotspitze. Die Bewegung erfolgte durch eine Stauchung in Richtung etwa SSW bis NNO, also senkrecht zum Verlauf des Triaszuges.

Die Durchbewegung ist deutlich nachkristallin. Sie hat die nach Plan 1 und 2 bereits gefalteten Gesteine überprägt, u. zw. senkrecht zu den älteren Bewegungsplänen — Näheres weiter unten beim Diagramm —, so daß stufenförmige Stauchfaltungen zustande kamen, wie sie in L 21 schon beschrieben und abgebildet (Abb. 11) sind. Ihr jüngerer Alter gegenüber Plan 1 und 2 ist also dadurch erwiesen.

Diagramm.

Die statistische Verteilung der Achsenrichtungen, des durch die Kartenskizze (Abb. 2) dargestellten Gebietes, jedoch ohne die des Quarzphyllites, ist im Diagramm Abb. 7 dargestellt. Es wurden sämtliche im Felde gemessenen Achsenlagen in ein Netz nach der flächentreuen Azimutalprojektion eingetragen und nach der Besetzungsdichte ausgezählt. Zur Darstellung kam die untere Projektionshalbkugel.

Die Mitte besetzt das Maximum der Steilachsen mit einer kleinen Ausbuchtung nach SW, das einer stellenweise vorkommenden schwachen Überbückung nach N zuschreiben ist. Das Hauptmaximum wird jedoch durch Achsenlagen nach Plan 2 gebildet mit einer um die durchschnittliche Lage $N 45^{\circ} O$ pendelnden Richtung und wechselndem Einfallen nach SW. Das Schwanken im Vertikalkreis dürfte zum größten Teil auf nachträgliche Verstellungen nach Plan 3 zurückzuführen sein. Sehr wenig Achsen fallen nach NO ein, so daß nur ein schwach ausgeprägter Gürtel in dieser Richtung entsteht. Ungefähr senkrecht auf B_2 , also etwa NW—SO (genauer $N 55^{\circ} W$) verläuft der Gürtel, der durch die nachkristallinen Stauchfaltenachsen nach Plan 3 gebildet wird. Da im (nichtausgezählten) Punktdiagramm die nachkristallinen Achsen B_3 eigens bezeichnet wurden, war ihre Zuordnung leicht möglich. Die zugehörigen Bewegungsrichtungen A_3 nehmen nun die Lagen der alten B -Achsen B_2 ein. Das kleine Maximum in genau OW-Richtung entspricht hauptsächlich den nachkristallinen Verfaltungen mit Flachlegungen am SO-Hang des Grumauer Berges (siehe L 21, S. 140).

Man ersieht aus diesem Diagramm die regelmäßige Anordnung der B -Achsen trotz der sehr verschiedenen Streichrichtungen und besonders das Vorherrschen der gut eingeregelten Achsen nach Plan 2, entsprechend der homogenen Durchbewegung des ganzen Bereiches nach diesem Bewegungsplan.

Anschließend mögen noch die ganz jungen Bewegungsflächen mit vorwiegend rupturrellen Deformationen und Mylonitbildungen erwähnt werden. Sie sind besonders an der nördlichen und südlichen Grenze des Triaszuges entwickelt, mehr anscheinend noch im N, sind aber selbst gewöhnlich schlecht aufgeschlossen. Gut sichtbar sind sie an der Straße: Dunkle Mylonite, wechselnd mit stark phyllonitischen Schiefen legen sich vor die Trias, die Gneise quer abschneidend; am Knick des Triaszuges im Graben nordwestlich Bad Kalkstein sind sie ebenfalls erschlossen.

Aber auch an andern Orten im Kristallin finden sich solche junge Bewegungsflächen, wie z. B. an der Kerlspitze graphitische Mylonite und Phyllonite

mit N 70° W-Streichen; im N-Gehänge des Grates Blankenstein—Pfannhorn, der auch sonst stärkere Zerrüttung aufweist. Morphologisch treten sie hier durch Geländestufen hervor, die nicht den Gesteinslagen entsprechen, da sie diese im spitzen Winkel schneiden.

Wahrscheinlich stellt auch der N-Rand des Eggeberges, dem entlang sich der Bodenbach sein Bett gegraben hat, eine solche jüngere Störungsfläche dar.

Versuch einer zeitlichen Abfolge.

Was die zeitliche Abfolge von Plan 1 und 2¹⁾ anlangt, so werden da weitere Dünnstufte mit Gefügeuntersuchungen genauer aufzuklären haben, ob Plan 1 und 2 zeitlich scharf getrennt in Erscheinung treten und in welcher Folge oder, was mir wahrscheinlicher erscheint, zeitlich und örtlich interferierend als Auswirkung eines größeren, übergeordneten Bewegungsplanes.

Zunächst kann aber aus den feldgeologischen Befunden, wie z. T. schon in meiner vorjährigen Arbeit ausgeführt, gesagt werden, daß nach vorangegangener Steilstellung und Zusammenpressung der Gesteinslagen sich zuerst die Großform der Schlinge gebildet hat, wobei Verfaltungen nach Plan 1 (Steilfaltung) besonders an den Hauptbiegestellen, d. i. hier vor allem an der Biegung nordwestlich Bad Kalkstein und weiter westlich stattfanden. Beanspruchung nach Plan 2 erfolgte dann homogen über das ganze Gebiet, wobei anscheinend die bereits stark verfalteten und für diese Beanspruchung weniger günstig gelegenen Bereiche weniger davon betroffen wurden.

Danach fand erst der Abschluß der Hauptkristallisationsphase statt (nach der zweiten Tiefenstufe und hauptsächlich durch Biotit gekennzeichnet).

Auf diese Kristallisationsphase vollzog sich die Durchbewegung nach Plan 3, die sich schon im Handstück als deutlich nachkristallin erweist und wohl als alpin anzusehen ist.

Eine nachfolgende jüngere Kristallisationsphase, etwa ähnlich der Tauernkristallisation, fehlt hier gänzlich.

Die Einschaltung der Trias kann erst nach der Schlingenbildung Plan 1 und nach Plan 2 erfolgt sein, wie schon ein Blick auf die tektonische Übersichtskarte zeigt, da es ja doch nicht denkbar ist, daß der Triaszug die Tektonik mitgemacht und dabei so gerade und unberührt durchziehen und die Schlingenbögen schneiden würde. Auch zeigt die Trias gar nichts von der nach Plan 1 und 2 erfolgten Metamorphose. Auffallend ist der Unterschied zwischen dem nur oberflächlich beanspruchten Triaszug gegenüber dem Kristallin mit seiner starken Metamorphose. Wie ein Fremdkörper steht der Triaszug darin.

Anzunehmen ist aber eine Beziehung zu Plan 3. Daß dessen Bewegungen im wesentlichen vor der Triaseinschaltung erfolgt wären, dafür spricht, daß diesen häufig vorkommenden und am Eggeberg bis tief herunterreichenden Verfaltungen, für die der Schub doch von SW her gekommen sein muß, dort an der lotrechten Triasmauer nicht das Geringste entspricht. Allerdings könnte

¹⁾ In der früheren Arbeit (L 21) entspricht Phase 2 dem Plan 1, Phase 2 α dem Plan 2 und Phase 3 dem Plan 3.

man ja auch an Vertikalbewegungen denken, die später die Trias gegen das Kristallin mit seinen Stauchfalten weiter versenkt hätte, doch auch dafür zeigten sich keine Anzeichen. Nur an einer Stelle (nördlich Ort Kalkstein) konnte ich eine geringfügige Stauchung mit etwa 40° nach O einfallender Achse bemerken. Der nachkristalline Charakter der Deformation nach Plan 3 würde ja sonst mit der Trias ganz gut übereinstimmen. Am ehesten könnte man vielleicht noch die Einschaltung gegen Ende der Bewegung von Plan 3 annehmen.

Eine Beanspruchung der Trias nach diesem Plan hat jedenfalls stattgefunden, wie die lotrechte Querklüftung zeigt, die sich als *ac*-Klüftung entsprechend einer horizontalen *B*-Achse deuten läßt.

Nach der Triaseinschaltung kam es aber, wie die steilachsigt gefalteten Kalke nahe dem O-Ende bei Bad Kalkstein zeigen, noch einmal zum Aufleben einer Faltenbewegung mit steiler Achse, deren Einordnung noch nicht ganz geklärt ist. Weitere Untersuchungen darüber sind beabsichtigt. Jeden-

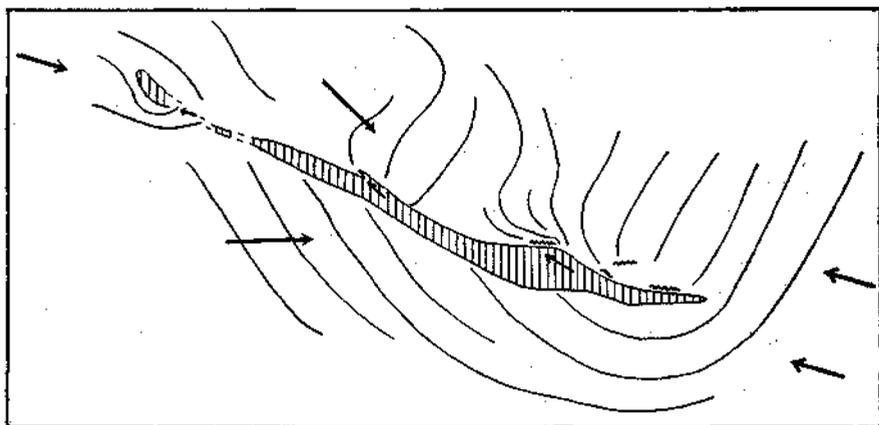


Abb. 8. Letzte Bewegungen im Triaszug.

falls ist nachher noch eine Umkristallisation von Kalzit in den Bänderkalken erfolgt.

Entlang des ganzen Triaszuges lassen sich noch an einer Reihe von Stellen Anzeichen von jüngeren Bewegungen feststellen, die auf eine Bewegung des ganzen Triaszuges von O--W gegenüber dem einschließenden Kristallin schließen lassen (s. Abb. 8):

- die Aufstauchung nördlich Ort Kalkstein,
- die Abspaltung des Spanes östlich Punkt 2138,
- die Abbiegung der Gesteinslagen am SW-Grat des Eggeberges,
- die Querstellung der Gneise und Quarzite südöstlich des Kalksteiner Jöchls,
- die Abbiegung des Triaszuges am W-Ende (Kalksteiner Jöchel).

Westlich des Roßtales fand wahrscheinlich auch noch ein geringer Schub nach N statt.

An der S-Seite, an der das Streichen der Gneise nur in ganz spitzem Winkel zur angenommenen Bewegungsrichtung verlief, kam es nur zu einer etwas

stärkeren Quetschung und vielleicht geringen Anשמיעgung der Gneislagen. Die Mylonitzone scheint daher auch hier kaum ausgebildet.

Überhaupt stimmen die der Trias benachbarten Streichrichtungen im Kristallin gut mit einer derartigen Bewegung der Trias von O gegen W überein. Widerhaariges Streichen fehlt fast und wo es vorhanden ist, sind immer die deutlichen Anzeichen eines Ausweichens oder eines Widerstandes gegen die Bewegung ersichtlich.

Ob die starken Umfaltungen der Bänderkalke, die mit ihren steilen Achsen ja auch ganz gut in dieses Bewegungsbild passen, aber bereits durch Kristallisation von Kalzit überholt sind, auch hinzugehören, muß weitere Untersuchung erst feststellen.

Dieses ganze Bewegungsbild läßt sich leicht durch eine Zusammenstauchung des ganzen Bereiches in OW-Richtung verstehen, wobei die querverlaufenden durch Graniteinschaltungen und stellenweise flache Lagerung verstärkten Gneiszüge im O Widerstand boten gegenüber dem Triaszug mit seinen in der Bewegungsrichtung verlaufenden, durch die gerade und glatte Begrenzung als Gleitflächen wirksamen Rändern. Besonders an einzelnen Stellen hinterließ stärkere Reibung aber noch Spuren dieser Bewegung.

Tektonische Folgerungen (Stellungnahme zur Deckenlehre).

Nach den Ansichten der Deckenlehre, wie sie vor allem Staub in seinem „Bau der Alpen“ (L 26) entwickelt [von Dal Piaz (L 3, tektonische Karte, Tafel X) genauer auf dieses Gebiet angewendet, allerdings — siehe weiter unten — von ihm selbst in neueren Arbeiten wieder überholt], besteht der Streifen altkristalliner Gesteine südlich der Tauern aus den Wurzelzonen der drei ostalpinen Decken. Die Grenzen zwischen den einzelnen Wurzelzonen werden auf Grund der einzelnen mesozoischen Einschaltungen und von im Streichen dazwischenliegenden Quetschzonen konstruiert.

Danach würde die Kalksteintrias als das Mesozoikum der mittelostalpinen Decke, mittel- und oberostalpine Wurzelzone trennen. „Die Wurzel von Kalkstein ist also die Wurzel der Radstätter Decke“, schreibt Staub, S. 214. Sie wird weiter nach W durch eine allerdings in ihrem weiteren Verlauf zum großen Teil tatsächlich unbekannte Störungszone mit der Maulsertrias in Verbindung gebracht.

Noch sehr fraglich war immer die Verbindung nach O. Staub sagt hier: „Im Kristallin zieht diese Trennung weiter, erreicht nördlich Lienz das Iseltal ...“ Nun sind allerdings in letzter Zeit von Beck (L 1) jüngere, paläozoische Einschaltungen, auch Verrucano am Iselberg und weiter östlich in der Kreuzeckgruppe (Gaugenwaldgraben) gefunden worden. Eine unmittelbare Verbindung durch eine Trennungsfuge im Kristallin, ist aber, wie ich in dieser Arbeit gezeigt habe, nicht vorhanden und auch nicht möglich.

Diesen Vorstellungen lagen ja zum Großteil noch zu wenig genaue feldgeologische Untersuchungen gerade dieser Gebiete zugrunde. Mit dem Fortschreiten der genaueren Aufnahmen ergaben sich dann vielfach Unstimmigkeiten und Schwierigkeiten, besonders diese Grenzziehungen durchzuführen, Schwierigkeiten, die schon lange vor allem in den weiter im W gelegenen Gebieten dieser Wurzelzonen aufgetreten sind (zuerst Sander, L 18, dann

Schmidegg, L 20 und 21). Außerdem zeigen diese altkristallinen Gebiete zum großen Teil gar nicht das Gepräge von Wurzelzonen.¹⁾

Meine Beobachtungen bei den Aufnahmen in der südlichen Gneiszone Tirols führten mich nun dazu, wie ich schon z. T. in L 21, S. 147, ausgeführt habe, diesen ganzen Streifen als enggepreßtes, kristallines Gebirge aufzufassen, das im wesentlichen aus unten altkristallinen Gesteinen (mit Graniten usw.), darüber mehr phyllitischen Gesteinen bestand und in einer früheren tektonischen Phase durch seitlichen tangentialen Schub stellenweise in einen Faltenbau mit lotrechten Achsen (Schlingenbau) neben flachen Achsen gelegt wurde.

In diesen nun schon vorhandenen Bau wurde dann in einer späteren, nachkristallinen Phase die Trias eingeschaltet. Es kam zu einer Zusammenpressung in meridionaler (bis NO—SW) Richtung, wobei die obenauf liegende Trias — ob sie in primärer Auflagerung oder tektonisch aufgeschoben, bleibe noch dahingestellt — mit einzelnen synklinealen Fortsetzungen oder Schuppen nach unten in das Kristallin mit seinem alten Bau eingeklemmt wurde. Ähnliches zeigt noch die Ortlertrias, die als mächtige Masse dem Kristallin aufliegt und in Form einzelner Synklinen in den Untergrund eingreift: Schaubachhütte, Zumpanell, Gomagoi—Stilfs—Prad. Besonders die Schuppe des Zumpanell zeigt gute Übereinstimmung mit der Kalksteiner Trias, nur daß bei ersterer noch das spitze Zulaufen nach unten gut zu sehen ist. Der einseitige Bau ist aber ebenso vorhanden. Auch die Trias westlich Gomagoi ist nach Hammer (L 10, S. 183) „eher als überkippte, längs der Bruchlinie ins Grundgebirge eingesenkte Scholle“ zu betrachten. Ein Satz, der sich genau so auch auf die Kalksteiner Trias anwenden läßt.

Daß diese Einschaltungen meist nur ältere Glieder der Trias (+ Verrucano) enthalten, ergibt sich daraus, daß hauptsächlich der untere Teil der Auflagerungen abgespalten und eingeklemmt wurde.

Mit diesen Vorstellungen als Abspaltung einer früheren Triasüberlagerung läßt sich auch ganz gut vereinbaren, daß die Triaseinschaltungen als im Streichen vollständig unterbrochene Schmitzen vorhanden sind, während im andern Falle als Wurzelzonen wenigstens die Bewegungsflächen weiterhin seitlich verfolgbar oder mindestens möglich sein müßten.

In einer Reihe neuerer Arbeiten (L 4—6) rückt nun auch Dal Piaz von seiner bisher vertretenen Ansicht, einer Teilung dieses Streifens in mehrere durch Bewegungsflächen und mesozoischen Gesteinen getrennten Decken, bzw. Wurzeln ab und betrachtet, besonders von der Brennergegend ausgehend, den genannten Gneisstreifen auch hier südlich der Tauern als eine tektonische Einheit, wobei die Triaseinschaltungen als eingeklemmte Synklinale angesehen werden. Die Trennung nach Decken wird durch eine Teilung in drei

¹⁾ Lehrreich ist hier der Vergleich meines Profils (10) entlang des Kammes Toblacher Pfannhorn—Kalksteiner Jöchl in dieser Arbeit, bzw. der vorjährigen (Abb. 10, das allerdings am Eggeberg noch etwas zu berichtigen wäre), mit dem bei Dal Piaz (L 3, Taf. XIII, Prof. I). Letzteres weist einschließlich der Kalksteiner Trias durchwegs gleichsinniges N-Fallen auf und läßt also leicht die Annahme einer Wurzelzone im Sinne Staubs zu, was nach meinen neuen Ergebnissen und Profilen nicht mehr möglich ist.

Übrigens hat schon Teller 1883 einen Muldenbau südlich der Kalksteiner Trias erwähnt, wie es auch in dem bei Löwl (L 16, S. 633, Abb. 10) gezeichneten Profil ersichtlich ist.

Zonen ersetzt, die sämtlich den Tiroliden angehören, also oberostalpin sind, von N nach S:

- „falda del Monte Nevoso“ = Zone des Schneeigen Nock,
- „falda della Croda Rossa“ = Zone der Roten Wand,
- „falda del Corno Alto“ = Zone des Hochhorn.

Die Hochhornzone umfaßt im Villgraten die von mir genannte Hochhornmulde und den Streifen des Toblacher Pfannhorn, welcher ja in die Hochgrabeschlinge hinüberzieht und damit dort mit der Arntaler Schlinge in untrennbarer Verbindung tritt und damit mit der Zone der Roten Wand von Dal Piaž, dessen Fortsetzung ja diese bildet. Auch weiter nach W ist die Verknüpfung beider Zonen durch die alten Antholzer Granite gegeben.

Das Verhältnis zur nördlichen Zone erscheint noch nicht hinreichend eindeutig. Die bisherigen Angaben von Grancy über seine Arbeiten in diesem anscheinend sehr verwickelt gebauten Gebiet (Auftauchen von Phylliten südlichen St. Veit i. Def.) lassen noch zu wenig ersehen, besonders fehlen noch Angaben über Achsenrichtungen, weiter nach O im Iseltal zum Großtal überhaupt noch neuere Aufnahmen. Längs des Defereggentales (meist südlich) zieht die von Grancy aufgefundene junge Störungsfläche (Deferegger Hauptstörung) bis zum Staller Sattel und soll nach Dal Piaž mit der das Mühlthal querenden Störungsfläche und dem fraglichen Triasvorkommen in Verbindung stehen. Wie hiezu sich der ältere Bau verhält, ob dessen OW-Streichen hier voll einbiegt oder schräg geschnitten wird, ist nicht ersichtlich.

Weiter nach W engen sich alle drei Zonen zu einer praktisch jedenfalls nicht durchgehend mehr trennbaren Einheit von 3 km Breite ein, der hier die Maulsertrias enthält.

Der Hauptunterschied der hier vertretenen Auffassung gegenüber der von Staub im „Bau der Alpen“ dargestellten liegt also darin, daß Staub die mesozoischen Sedimente der südlichen Gneiszone als trennende Einschaltungen zwischen den kristallinen Streifen ansieht, wobei letztere jeweils mit dem zugehörigen Mesozoikum mit nördlich der Tauern stehenden Decken verbunden werden. Nach meiner Ansicht hingegen gehört das ganze Kristallin dieser Zone mit dem einst aufgelagerten und jetzt in eingeklemmten Resten vorhandenen Mesozoikum zusammen und wäre allenfalls als ganzes als Decke nach N fortzusetzen.

Diese Auffassung stimmt in dieser Beziehung auch im wesentlichen mit der von Kober bereits 1931 (L 15) dargelegten überein, wonach Kober die Wurzeln der einzelnen Decken der nördlichen Kalkalpen nördlich der Tauern sucht, d. h. sie also nicht mehr als Einzeldecken mit den aus der S-Seite der Tauern gelegenen „Wurzeln“ verbindet.

In den Achsenrichtungen des Bewegungsplanes 2 haben wir hier ein NO—SW-Streichen, wie es im gesamten Ostalpenbau ziemlich verbreitet ist. Sander hat schon 1921 in L 17 die Rolle dieses Streichens in den Ostalpen eingehend behandelt. Er stellt dort fest, daß es sich größtenteils um wahrscheinlich jüngere NW-Beanspruchungen handelt, die, wie auch die Beiträge von Ampferer und Spängler zeigen, auch die Nördlichen Kalkalpen noch mitbetreffen. Sie haben vielfach OW streichende Zonen bereits vorgefunden. Doch gibt Sander selbst schon auch das Vorkommen von älteren SW—NO streichenden Richtungen an, wie z. B. an der Judikarielinie.

Wie in dieser Arbeit gezeigt wurde, ist auch die Überprägung der Villgrater Schlinge mit NO-Achsen als älter anzusehen, in ungefähr dieselbe Phase fallend, wie die Schlingenbildung selbst. Es ist allerdings noch nicht ganz sicher, ob nicht in manchen Teilen, besonders an der Gabesitten-Synkline, die ich selbst nur zum geringen Teil begangen habe, noch jüngere Bewegungen nach dem gleichen Bewegungsplan vorliegen, was weitere Gefügestudien noch erweisen könnten. Hierzu gehört auch vielleicht die Überkipfung nach S selbst, worauf der Vergleich mit der S-Überkipfung des Schneeberger Zuges, der sich in einer ähnlichen Lage am SO-Rand der Ötztalerschlingen befindet und als jüngere, letzte Bewegung gedeutet wird (Sander, L 18), hinweist.

Es ist übrigens auch mit der Möglichkeit einer Verdrehung größerer Bereiche mitsamt den alten Achsenlagen zu rechnen, worauf vielleicht die bogenförmige Anordnung der B-Achsenrichtungen 2 und ihr Pendeln im Diagramm zu deuten ist. Diese wäre auch in einer jüngeren Phase erfolgt. Genauere Beobachtungen an den besonders gegen das Defereggengelegetenen Störungsgebieten geben da vielleicht noch Anhaltspunkte.

Zusammenfassung.

Zum Schlusse seien hier noch einmal in Übersicht die einzelnen Vorgänge, soweit sie im untersuchten Bereich ersichtlich sind, in zeitlicher Reihenfolge, wobei teilweise ein Übergreifen wahrscheinlich ist, zusammengefaßt:

1. Ausbildung einer vortektonischen Folge aus altkristallinen Serien (hauptsächlich Paragneise mit eingeschalteten Orthogneisen) + daraufliegende Quarzphyllite.
2. Bildung der Schlinge mit teilweise steilachsiger Tektonik und Durchbewegung unter größerer Belastung in Richtung NW→SO nach Plan 1 und 2, damit verbunden und überholt durch
3. Kristallisationsphase nach der zweiten Tiefenstufe.
4. Durchbewegung in Richtung SW→NO in geringerer Tiefe unter Einschaltung der Trias nach Plan 3. Kristallisation nach der ersten Tiefenstufe gering (alpin).
5. Bewegungen in Richtung O—W unter Ausbildung von örtlich beschränkten Störungszonen mit Diaphtorese und Mylonitisierung.

Bemerkungen zu den Abbildungen.

Auf der Übersichtskarte (Abb. 1) wurde die Umgrenzung des Rieserferner-tonalites, die Gegend südlich St. Veit bis zu den Granitzügen des obersten Winkeltales, die Phyllitgrenze auf der Gabesitten und der Amphibolitzug am Thurntaler nach noch unveröffentlichten Aufnahmen von Senarclens-Grancy, die Granite des Gsiesertales nach der italienischen Karte Welsberg (L 2), alles übrige, die Achsen- und Fallzeichen durchwegs nach eigenen Beobachtungen eingezeichnet.

Die tektonische Karte des Gebietes von Innervillgraten und Kalkstein (Abb. 2) beruht fast durchwegs auf eigenen Aufnahmen. Nicht begangen wurden nur der westliche Teil der Hochhornmulde und die Umgrenzung des Granites des Grumauer Berges. Die punktierte Linie grenzt größere, nicht aufgeschlossene Gebiete (Talböden usw.) ab.

Da die Gesteinsausscheidungen (Orthogneise usw.) nach dem kartenmäßigen Bild, also dem Ausstreichen auf der verschieden geformten Oberfläche, eingetragen sind, schneiden sich in verschiedenen Fällen, bei schrägem Einfallen und schiefer Ausstreichen am Gehänge die Linien des Streichens mit dem eingezeichneten Verlauf der Gesteinszüge (z. B. Grumauer Berg). In Wirklichkeit verlaufen die Gesteinslagen stets parallel den s-Flächen.

Ebenso ist bei der Profilansicht des Eggeberges von O, die eine Projektion in genau O-Richtung darstellt, die scheinbar schiefe Lage der Trias im oberen Teil nur durch den schiefen Schnitt der Trias mit der Projektionsrichtung und die Hangneigung bedingt, ebenso das scheinbare Einfallen der Orthogneiszüge zum Bodenbach, die in Wirklichkeit hier nach SW einfallen.

Die Fallzeichen und Zeichen für Achsenrichtungen auf den Kartenskizzen beziehen sich auf folgende mittlere Einfallswinkel: 0, 30, 60 und 90°.

Die Profile sind so durchgelegt, daß sie das Streichen möglichst senkrecht schneiden, sind daher auch mehrfach geknickt. Ihr Verlauf ist auf Karte Abb. 2 eingetragen (Tafel IV und V).

Schrifttum.

1. H. Beck, *Aufnahmebericht über Blatt Möltal*. Verh. d. Geol. B. A. 1932, 1934 und 1935.
2. *Carta geologica delle tre Venezie*, Blatt Monguelfo (Welsberg). Padua 1930.
3. Gb. Dal Piaz, *Studi Geologici sull'Alto Adige Orientale e regioni limitrofe*. Mem. dell'Istituto geol. della Univ. di Padova 1934, Vol. X.
4. Gb. Dal Piaz, *La struttura geologica delle Austridi*. Nota I. Atti R. Istituto Veneto di Scienze etc., Vol. XCV, 1936, S. 353.
5. Gb. Dal Piaz, *La struttura geologica delle Austridi*. Nota II. Rend. R. Acc. Lincei., Vol. XXX, 1936, S. 269.
6. Gb. Dal Piaz, *La struttura geologica delle Austridi*. Nota III. Atti R. Scienze di Torino, Vol. 71, 1936, S. 3.
7. Dünner H., *Zur Geologie des Tauernwestendes am Brenner*. Winterthur 1934.
8. M. Furlani, *Der Drauzug im Hochpustertal*. Mitt. d. Geol. Ges. in Wien, 1912, S. 252.
9. M. Furlani, *Studien über die Triaszonen im Hochpustertal*. Denkschr. d. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Kl. 1921, S. 33.
10. W. Hammer, *Vorläufige Mitteilung über die Neuaufnahme der Ortlergruppe*. Verh. d. Geol. R. A. 1906, S. 174.
11. W. Hammer, *Die Ortlergruppe und der Ciavalschokamm*. Jb. d. Geol. R. A. 1908, S. 79.
12. R. v. Klebelsberg, *Geologie von Tirol*. Berlin 1935.
13. L. Kober, *Bau und Entstehung der Alpen*. Berlin 1923.
14. L. Kober, *Der Bau der Erde*. 2. Aufl., Berlin 1928.
15. L. Kober, *Das alpine Europa*. Berlin 1931.
16. F. Löwl, *Der Granatspitzkern*. Jb. d. Geol. R. A. 1895, S. 615.
17. B. Sander, *Zur Geologie der Zentralalpen*. Jb. d. Geol. St. A. 1921, S. 173.
18. B. Sander, *Erläuterungen zur Geologischen Karte Meran—Brixen*. Schlernschriften, Bd. 16, Innsbruck 1929.
19. B. Sander, *Fortschritte der Gefügekunde der Gesteine, Anwendungen, Ergebnisse, Kritik*. Fortschr. d. Min. usw. Bd. 13, 1934, S. 111.
20. O. Schmidegg, *Neue Ergebnisse in den südlichen Ötztaler Alpen*. Verh. d. Geol. B. A. 1933, S. 83.
21. O. Schmidegg, *Steilachsige Tektonik und Schlingenbau auf der Südseite der Tiroler Zentralalpen*. Jb. d. Geol. B. A. 1936, S. 115.
22. O. Schmidegg, *Aufnahmebericht über die Blätter 1:50.000 St. Jakob i. Def. (177) und Hopfgarten i. Def. (178)*. Verh. d. Geol. B. A. 1937, S. 52.

23. W. Senarcens-Grancy, Die geologischen Verhältnisse am Ostende des Tonalites der Rieserferner. Cbl. f. Min. usw., Abt. B, 1930, S. 150.

24. W. Senarcens-Grancy, Beiträge zur Geologie der Deferegger Berge und der westlichen Schobergruppe in Osttirol. Cbl. f. Min. usw., Abt. B, 1932, S. 481.

25. W. Senarcens-Grancy, Aufnahmebericht über Blatt Hopfgarten i. Def. und Blatt St. Jakob i. Def. 1:50.000. Verh. d. Geol. B. A. 1936, S. 36.

26. R. Staurb, Der Bau der Alpen. Bern 1924. Mit einer tektonischen Karte 1:100.000.

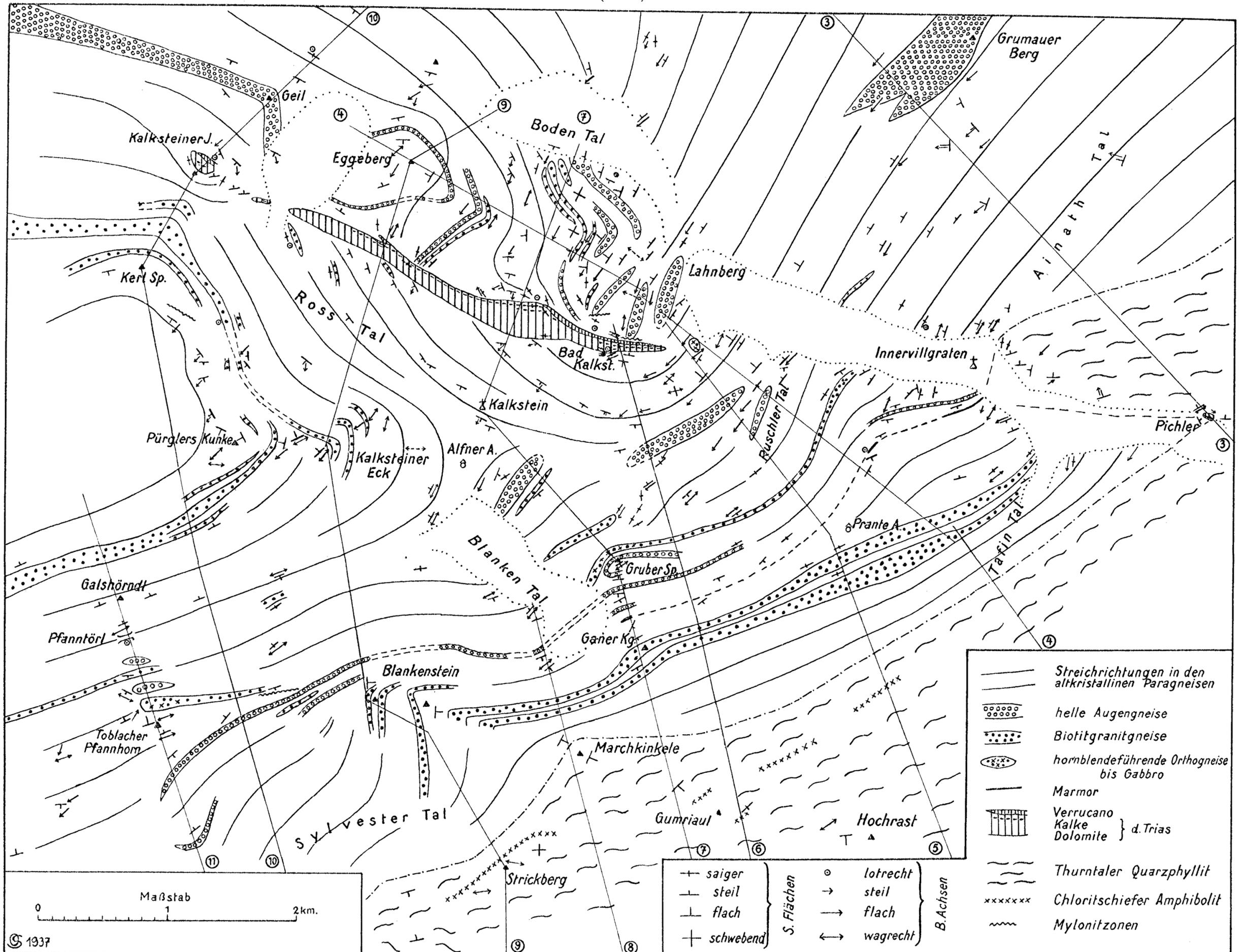
27. F. Teller, Neue Vorkommnisse diploporenführender Dolomite und dolomitischer Kalke im Bereiche der altkristallinen Schichtreihe Mitteltirols. Verh. d. Geol. R. A. 1883, S. 198.

Tektonische Karte des Gebietes von Kalkstein und Innervillgraten.

Aufgenommen von 1935—1936 von O. Schmidegg.

Maßstab 1 : 25.000.

(Abb. 2.)

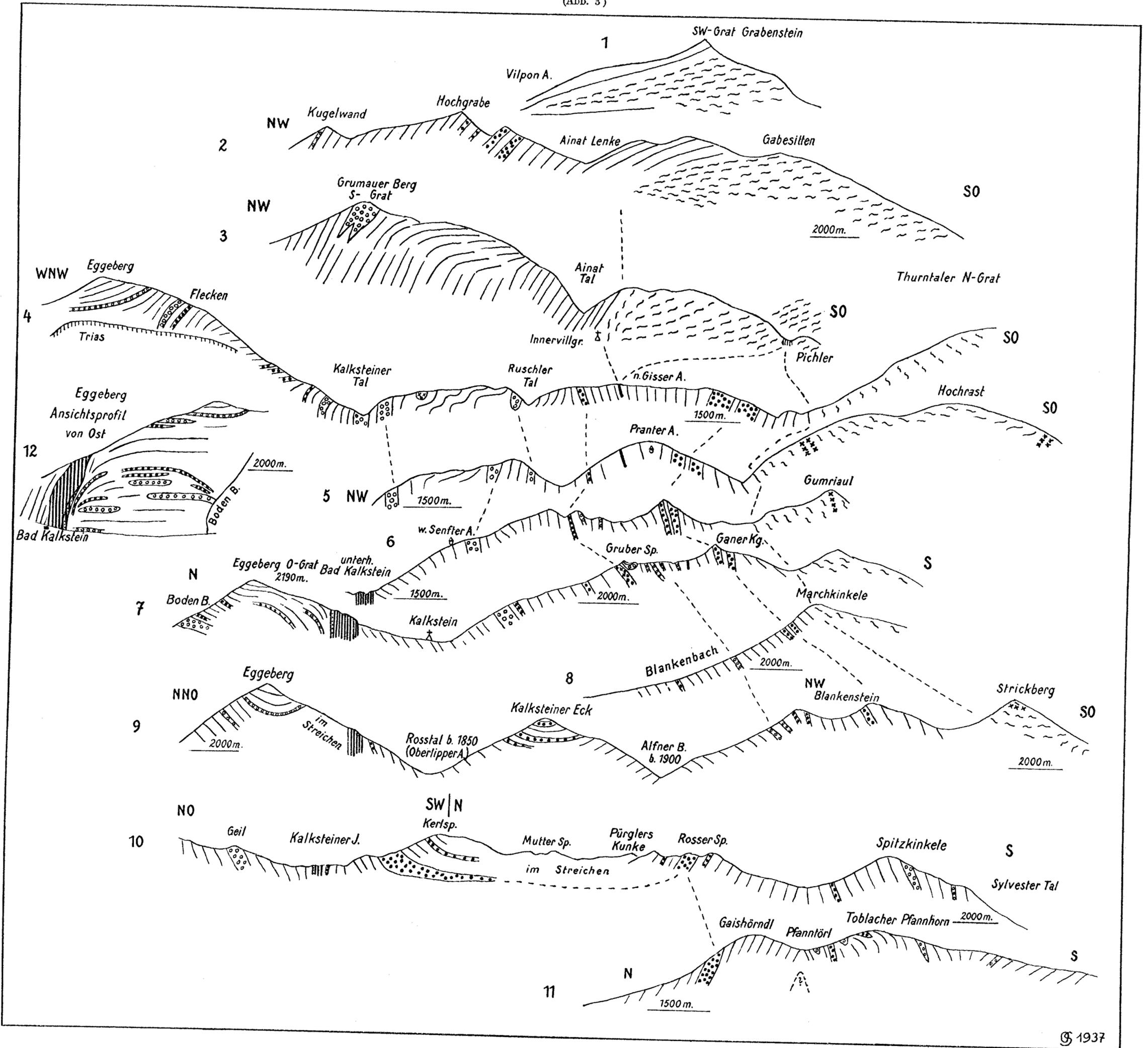


Profile durch das Gebiet von Kalkstein und Innervillgraten.

Aufgenommen 1935—1936 von O. Schmidegg.

Maßstab 1 : 25.000.

(Abb. 3)



© 1937

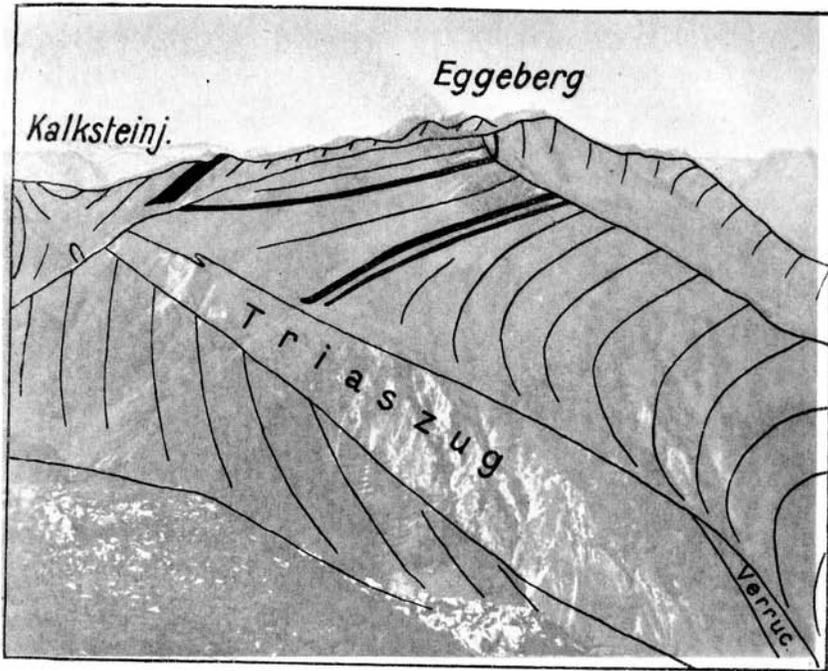


Abb. 4. Ansicht des Eggeberges mit dem Triaszug von SO (oberhalb Ort Kalkstein).
Phot. O. Schmidegg.

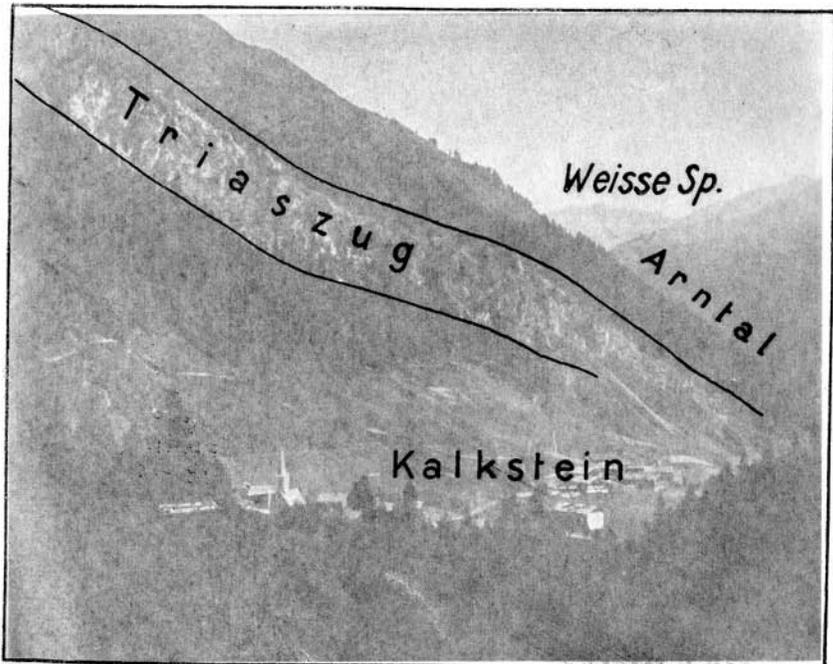


Abb. 5. Kalkstein mit dem Triaszug von S.
Phot. O. Schmidegg.



Abb. 4. Ansicht des Eggebirges mit dem Triaszug von SO (oberhalb Ort Kalkstein).
Phot. O. Schmidegg.



Abb. 5. Kalkstein mit dem Triaszug von S.
Phot. O. Schmidegg.

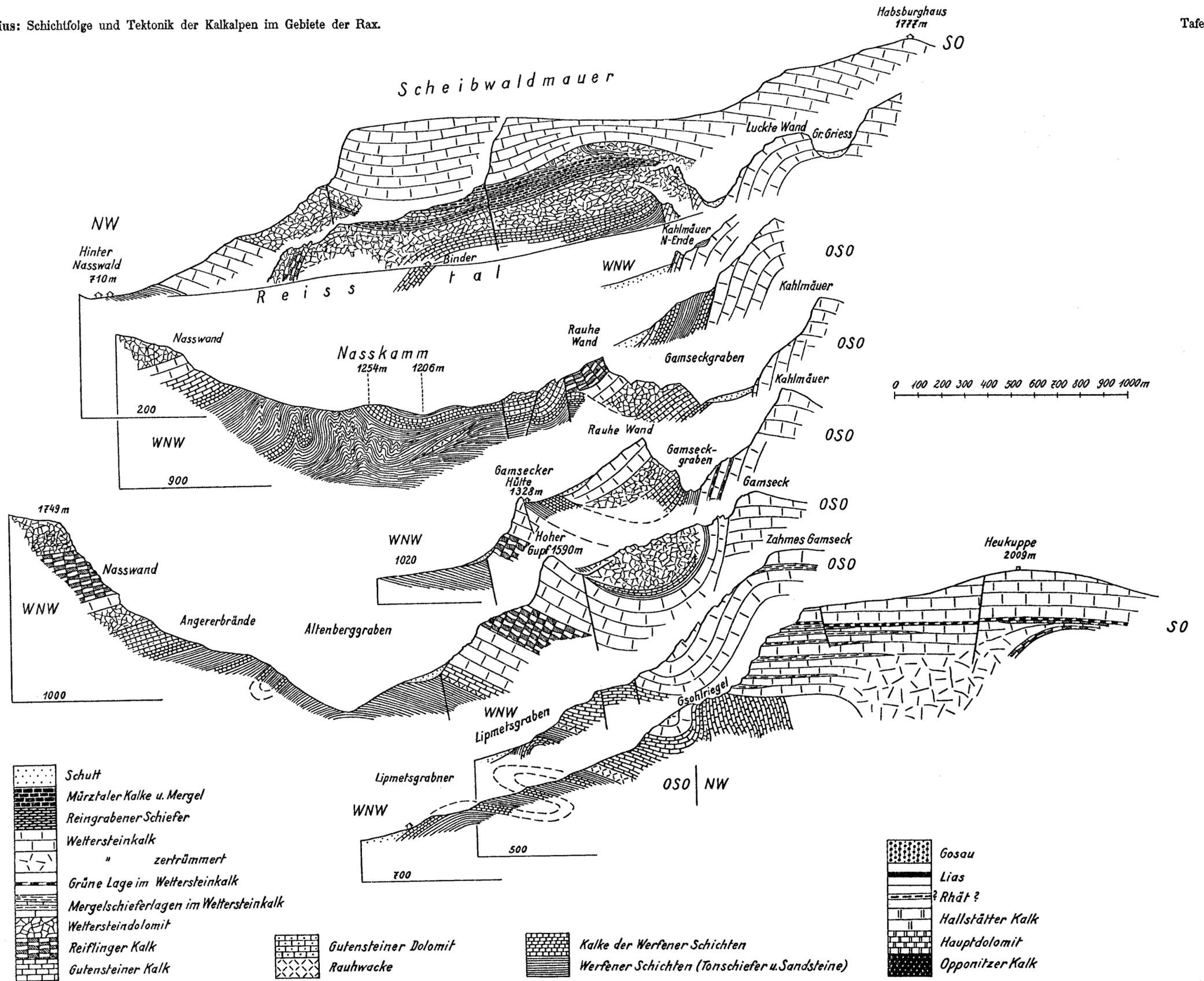


Fig. 13. Profile in Kulissen durch den Westabfall der Rax.

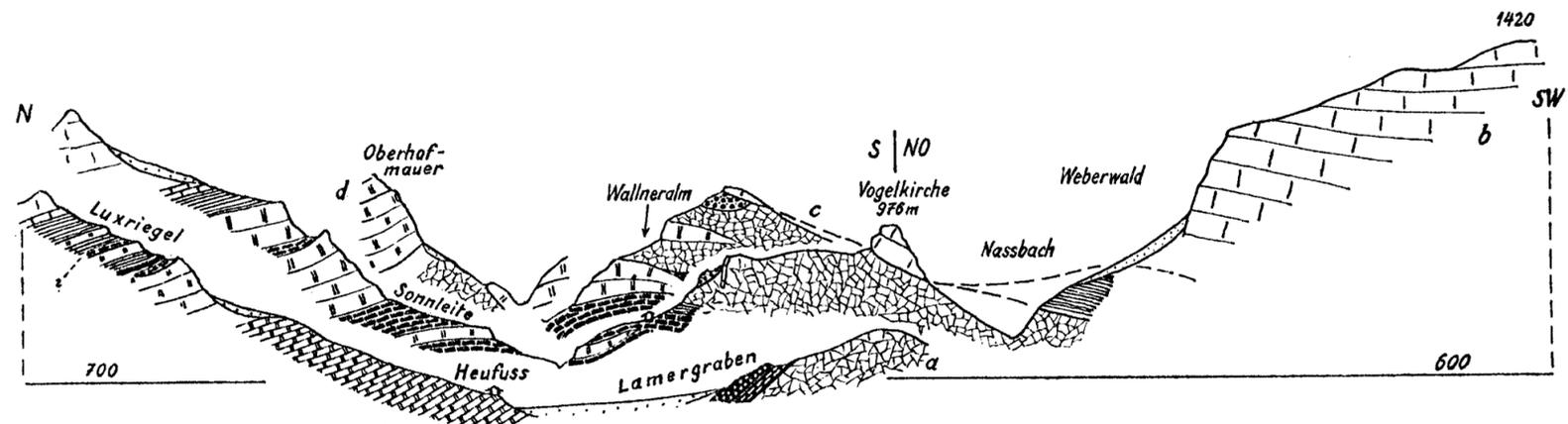


Fig. 11. Kulissenprofil durch die Gegend westlich Naßwald.