Zeitschrift: Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Graubünden
Band: 76 (1938-1939)

Artikel: Geologische Probleme der rätischen Alpen : Vortrag
Autor: Cadisch, Joos
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-594606

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: 14.12.2025

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

Geologische Probleme der rätischen Alpen

Vortrag

gehalten vor der Naturforschenden Gesellschaft Graubündens
am 1. Februar 1939

von Joos Cadisch

Von jeher bedeutete es eine dankbare Aufgabe, über ein größeres Arbeitsgebiet der Wissenschaft Rückschau und Ausschau zu halten. Wir fragen dabei jeweils nach den neuen Beobachtungen, die zu verzeichnen sind, und nach den Zusammenhängen, welche dadurch erschlossen wurden. Dies entspricht dem Wesen der Forschung, welche bald mehr analytisch, bald mehr synthetisch eingestellt ist. Schon die einzelnen Vertreter der Wissenschaft neigen ja mehr zur einen oder anderen Richtung hin, wobei leider der gegenseitige Respekt oft zu wünschen übrig läßt. Und doch liegen die Dinge so einfach. Das Zusammentragen möglichst guter Bausteine muß unbestritten der grundlegende Vorgang ernster Forschung sein. Doch ohne weitgehende folgerichtige Einordnung der Tatsachen in das Gedankengebäude und ohne eine gewisse Dosis Intuition bliebe unsere Wissenschaft nur eine Katalogisierkunst.

Die Geologie hat als junger Wissenszweig im Laufe der letzten hundert Jahre eine oft sprunghafte Entwicklung durchgemacht. Immer wieder stunden neue Forschungsmethoden und Hilfsmittel zur Verfügung. Der Petrograph macht sich die Erfindungen der Chemie zunutze; er arbeitet mit Polarisations- und Erzmikroskop, mit Röntgenapparaten. Der Geologe verbündet sich mit dem Geophysiker. Wenn

wir diese unsere heutigen Möglichkeiten überblicken, so erfüllt uns größte Hochachtung vor den Pionieren, die mit einfachsten Methoden Großes geleistet haben. So erging es dem Sprechenden letzthin beim Lesen in Tagebüchern Arnold Eschers von der Linth, die auch heute noch eine Fundgrube nicht veröffentlichter Beobachtungen darstellen.

Wohl kein anderer Schweizergeologe hat unser Land so unermüdlich durchreist und durchforscht wie dieser Altmeister. Auf wochenlangen, oft mühseligen Fußwanderungen gelangte Escher in die entlegensten Alpentäler hinein. Als ein Wendepunkt in der Geschichte der Erforschung unseres Kantons muß die mit dem Berner Geologen Bernhard Studer anno 1835 unternommene Reise nach Bünden und den angrenzenden Gebirgen bezeichnet werden, welche mit der Fahrt von Zürich nach Chur am 11. August 1835 den Anfang nahm. «(Mittwoch) nachmittags um 4 Uhr setzten wir uns in den Postwagen und fuhren mit diesem langweiligen Fuhrwerk nach Chur, wo wir Donnerstag nachmittags anlangten.» Von Parpan, dem zweiten Nachtquartier, überschritten die beiden Herren die Rothornkette und gelangten auf Umwegen durch das Welschtobel nach Arosa. «In keinem einzigen Hause fanden wir einen Menschen. Alle waren ausgezogen die Heuerndt zu besorgen und schienen nicht die geringste Lust zu haben, sich um uns zu bekümmern.» So waren die Forscher gezwungen, aus dieser unwirtlichen Gegend noch gleichentags nach Langwies zu wandern, wo sie nach einem Fehlgang im engen Plessurtal eintrafen und bei dem damals siebzigjährigen Junker von Pellizari wohlwollende Aufnahme fanden. Nach zweitägiger Schlechtwetterpause zogen die Geologen weiter über die Totalp nach Davos, durch Mittel- und Südbünden den ennetbirgischen Tälern zu. Vom wissenschaftlichen Ergebnis ihrer Reise waren Escher und Studer hochbefriedigt. Letzterer sagte 1836 von Mittelbünden: «In beschränktem Raume ist eine Mannigfaltigkeit von Gebirgsarten zusammengedrängt, wie nirgends sonst in den Alpen, und die Lagerungsverhältnisse bieten so unerwartete Verwicklungen dar, daß der Reiz, eine Lösung der dem Geologen hier gebotenen Fragen zu finden, sich immer höher steigert,

je vertrauter man mit ihren Schwierigkeiten wird.» Diese, die zentralen rätischen Alpen betreffenden Worte gelten heute noch wie damals, und die Curia Raetorum darf sich rühmen, an geologisch ausgezeichneter Stelle des ganzen Gebirges zu liegen.

Wir versuchen einmal, die geologische Lage der rätischen Alpen kurz zu kennzeichnen. In Bünden überschneiden sich die beiden gewaltigen Gebirgsbogen, der westalpine und der ostalpine. Hier tauchen Aar- und Gotthardmassiv endgültig nach Osten ab, das Aarmassiv bei Vättis unter den Kalkklotz des Calanda, das zentrale Gotthardmassiv im Val Gronda bei Obersaxen unter die Bündnerschieferketten des Lungnez. Der Sedimentmantel des Aarmassivs, gekennzeichnet durch den vielfachen Wechsel kalkiger und toniger Bildungen, fällt am alpinen Rheintal unter ostalpine Gesteinsmassen ein. Es folgen darüber die mehrere Kilometer mächtigen Bündnerschiefer der Hochwangkette, die einerseits nach dem Prätigau, anderseits nach der Lenzerheide fortsetzen. Diese Schiefer sinken unter die mannigfaltigen unterostalpinen Serien des Gürgaletsch und des Aroser Weißhorns ein, welche wiederum die Last der mittelostalpinen Aroser Dolomiten und der oberostalpinen Silvrettamasse tragen. Zwischen dem gewaltigen basalen Schieferpolster und dem ostalpinen Dolomit- und Gneis-Dach spielt das Unterostalpin die Rolle eines Gleithorizontes. Deshalb finden wir im Plessurgebirge und in der Weißfluhgruppe komplizierten Falten- und Schuppenbau.

Und nun fragen wir nach den Fortschritten der Forschung im rätischen Bergland. Wir wenden uns zunächst nach Westen, in die Alpen zwischen Linth und Rhein, denen *J. Oberholzer* 1933 eine glänzende Monographie widmete. Über die gleiche Region verfaßte *R. Helbling* kürzlich eine hochinteressante Arbeit. In erster Linie handelte es sich für diesen Autor darum, die Verwendbarkeit der Photogrammetrie für geologische Kartierzwecke darzutun. Durch Eintragen von Gesteinsgrenzen in Stereophotographien und nachheriges Auswerten derselben mit dem Autographen gewinnt die Kartierung an Genauigkeit. Zur Ergänzung der

Darstellung in Horizontalprojektion dienen Ansichtsprofile, konstruiert in Vertikal-Parallelprojektion. *R. Helbling* widmete sich jahrelang großzügig seiner Arbeit, und so verdanken wir ihm und seinem Stabe junger Mitarbeiter einen ganzen Atlas farbiger geologischer Darstellungen, die dem Wissenschafter, Techniker und Laien hochwillkommen sein müssen. Hatten die Oberholzerschen Profile durch künstlerisches und persönliches Gepräge erfreut, so beeindrucken die Helblingschen Pläne und Aufrisse durch ihre Präzision. Wir müssen uns hier mit einigen Hinweisen auf das schöne Werk begnügen und berücksichtigen dabei zunächst die unmittelbare Nachbarschaft von Chur. Dem von der Stadt aus als gewaltige horizontbehindernde Masse erscheinenden Calanda wurde auf seiner steil abfallenden Westseite manches Geheimnis abgetrotzt. Die neu gegliederte Hochgebirgskalkserie liegt in flachen Schuppen unter Felsberger- und Haldensteinercalanda mehrfach übereinander. Die einzelnen Pakete sind mit Lokalnamen bezeichnet: Untere und Obere Calanda-Decke, Tschepp-Decke, Felsberger-Decke. Als kleine Abspaltung schiebt sich die untere Kreide des Haldensteinercalanda zwischen Obere Calanda- und Tschepp-Decke ein.

Es galt aber auch, die großen Zusammenhänge der dargestellten Gebirgsregion zu überprüfen. In überzeugender Weise leistete *R. Helbling* den endgültigen Nachweis einer ausgeprägten Stockwerkstektonik, die sich aus dem Deckfaltenbau der Zentralschweiz nach Osten hin entwickelt. Während im Westen überliegende Falten und Deckmassen mit umfangreichen Serien nach Norden bewegt wurden, zerfiel zwischen Linth und Rhein die helvetische Schichtfolge in eine Anzahl Teilelemente, die sich nur mehr in lockerem oder ganz außer Zusammenhang befinden. So wurden der Verrucano, der Lias, die Dogger- und Malmschichten und die Kreidekalke über mächtigen Ton- und Mergelzwischenlagen abgeschert und als getrennte Schichtpakete verfrachtet. Die Abstürze der Alvier-Churfirstenkette bieten guten Einblick in diesen disharmonischen Bau. Diese Stockwerkstektonik kann als Kennzeichen für ostalpinen Baustil angesehen werden. *W. Leupold* wies vor Jahren in den Bergen zwischen

Landwasser und Plessur nach, daß die Silvretta-Decke dort in drei Stockwerke zerfällt: 1. in das altgefaltete Kristallin-Massiv, 2. in die Permo-Werfénien-Platte mit den roten Konglomeraten und Sandsteinen sowie den Porphyren des Sandhubels und 3. in die Trias-Platte, vorwiegend aus Dolomit und Kalk bestehend. In etwas anderer Weise werden nach *A. Spitz* und *W. Dyhrenfurth* in den Unterengadiner Dolomiten das Kristallin, der Verrucano und Muschelkalk s. l. als Unterbau vom Oberbau des Hauptdolomits und Rhäts durch die gipsführenden plastischen Raiblerschichten getrennt. Über dem Raiblerpolster fallen die Schubflächen zweiter Ordnung vorwiegend nach NW, darunter nach SE ein.

Wir kennen Stockwerkstektonik auch aus anderen alpidischen Gebirgen. *M. Blumenthal* beschrieb solche aus der betischen Kordillere Südspaniens, wo ungeheure Massen plastischer Trias (citrabetische Trias) großenteils außerhalb des Schichtverbandes den Falten jüngerer Gesteine als Unterlage dienen.

Wir kehren wieder ins Churer Rheintal zurück. Das Abtauchen der helvetischen Elemente ist zwischen Felsberg und Landquart ein so unvermitteltes, daß die Calandafalten allem nach durch die Bündnerschiefermassen in annähernd süd-nördlicher Richtung abgeschert wurden. Möglicherweise ist hier durch nachträglichen Schub des Ostalpenbogens eine alte Erosionsfurche wieder geschlossen worden. Auf jeden Fall vollziehen sich im helvetischen Deckenbau gegen die Rheinlinie hin bedeutende Veränderungen. Dies wird durch das unvermittelte Aussetzen der Glarner Verrucano-Platte dokumentiert. Sie nimmt ostwärts an Mächtigkeit ab, am Rheintal muß sie schon ausgekeilt sein, da zwischen Vättis und Untervaz im Val Cosenz die südhelvetische Serie ohne Verrucano-Zwischenlage dem Autochthon aufsitzt.

Am Fläscherberg folgt über der helvetischen Kreide zunächst, derselben diskordant angeschoben, eine Schuppe jurassischen Kalkes mit Breccien-Lagen. Bis dahin betrachtete man diese Gesteine als südhelvetischer Abkunft. *R. Staub* möchte sie neuerdings als Schürflinge aus dem Hinterrheingebiet auffassen. Da die penninischen Elemente wie die hel-

vetischen am Ausgange des Domleschg stark umgewandelt sind, die Fläscherberg-Schuppe aber wenig metamorph ist, würde dies dafür sprechen, daß die Umwandlung nach dem Hertransport der Fläscherberg-Schuppe stattfand.

Die Bündnerschiefer der näheren und weiteren Umgebung von Chur sind in allerletzter Zeit nicht mehr näher untersucht worden. Wir wissen durch die Forschungen *E. Arnis*, daß die Serien des Vilangebietes alttertiären und oberkretazischen Alters sind. Die südlichst gelegene Fossil-Fundstelle liegt am Kistenstein (zwischen Serneus und Langwies), wo *M. Blumenthal* einen kleinen Nummuliten fand, welcher wohl für ältestes Tertiär spricht. Die ganzen Schieferkomplexe Mittelbündens sind vergleichsweise von der Zürcher Geologenschule berücksichtigt worden, die sich derzeit mit der Erforschung der Schamserberge befaßt. Die Zeit scheint endlich gekommen, da diese Schiefermassen, auf welche Alb. Heim noch das Wort anwendete, daß der Mensch nicht trennen solle, was der Herrgott zusammengegeben habe, doch gegliedert werden können. *R. Staub* zeigte in einer interessanten Studie, daß die tieferen Schieferkomplexe von wahrscheinlich mittelkretazischem und höherem Alter mitsamt ihrer Triasunterlage sich gewissen Gneis-Deckenkernen als deren ursprüngliche Hülle zuordnen lassen. So sollen die Marmore des Piz la Tschera über dem Rofnaporphyr sedimentiert worden sein. Die Splügener Kalkberge aber und die ihnen äquivalente Averser Weißbergzone verbindet *R. Staub* mit dem höheren tektonischen Niveau der Crap da Chüern-Schuppe im Oberengadin.

Von großer Wichtigkeit ist für den Alpengeologen die Frage nach der Eingliederung der jüngeren Bündnerschiefer, des Flyschs, in das alpine Bauwerk. Am Stätzerhorn hatten schon *P. Arbenz* und *Th. Glaser* ein Übergreifen dieses Flyschs über verschieden alte Schiefer angenommen. *P. Arbenz* entdeckte damals die Konglomerate des Culmet am Piz Danis, welche als Transgressionsgesteine gedeutet wurden. *R. Staub* geht nun insofern weiter, als er eine Transgression über relativ stark zusammengeschobene Decken annimmt. Es wäre somit eine Hauptfaltung der Ablagerung des Flyschs

vorausgegangen. Tatsache ist, daß der Flysch weniger tief wurzelwärts zurückreicht als die anderen Schichtglieder. Dies ist allerdings für die jüngeren Bildungen auch nach bisheriger Auffassung der normale Fall. Die stratigraphische Überdeckung einer bedeutenden Schubfläche durch Flysch, welche wirklich beweisend wäre, konnte bis dahin nicht gefunden werden, was bei den komplizierten Lagerungsverhältnissen nicht verwundern kann. Die Tatsache, daß *M. Lugeon* die von *E. Kraus* deutlich ausgesprochene, von *W. Leupold* und *R. Staub* näher begründete These einer interparoxysmalen, d. h. zwischen der kretazischen und der tertiären Hauptfaltung erfolgten Transgression des Niesenflysches ebenfalls vertritt, verleiht dieser Annahme größere Wahrscheinlichkeit. Da im Flysch obere Kreide nachgewiesen ist, müssen wir somit vor Ablagerung derselben, d. h. ungefähr in der mittleren Kreide eine Gebirgsfaltung postulieren, die wahrscheinlich mit der Gosaufaltung der Ostalpen identisch wäre.

Wir wenden uns den nächsthöheren Einheiten, dem Unterostalpin zu. Es handelt sich um eine stratigraphische Übergangszone und eine tektonische Mischzone zwischen der Bündnerschiefer-Unterlage und den höheren ostalpinen Schubmassen. *O. Ampferer* spricht von unterostalpinen Rollfalten und Walzfalten, die unter schwerer Gesteinslast einen Walzteppich bilden. Im Plessurgebirge und bis an den nördlichen Alpenrand hinaus finden sich Gesteine, die im Gürgaletschgebiet und Falknis noch in regelmäßigem Verbande auftreten, kartenspielartig mit Elementen aus dem Errgebiet vermischt. So gelangten rote Hornsteine, Serpentin und andere Ophiolithe bis ins Vorarlberg und Allgäu hinaus; sie wurden zwischen ostalpinen Kalk- und Dolomitmassen der nördlichen Kalkalpen verschleppt und auf Schubflächen, wie O. Ampferer sich ausdrückte, «wie Butter auf das Brot geschmiert».

Die Bezeichnung «unterostalpin» stammt von *F. Zyndel.* Er bezeichnete damit alle zwischen Silvrettakristallin und Aroser Dolomiten einerseits und dem Prätigauflysch anderseits lagernden Schubmassen von kleinerem Zuschnitt. Nach-

dem *W. Leupold* und *R. Brauchli* erkannt hatten, daß die Aroser Dolomiten unter dem Silvrettakristallin liegen, schuf *R. Staub* die Abteilung des Mittelostalpins, zu welcher die Aroser Dolomiten, die Aela-Decke und die Ortler-Zone gehören sollten. Auch in den innerschweizerischen Klippen und im Tauernfenster vermeinte dieser Autor sein Mittelostalpin wieder zu erkennen.

Neuerdings ist nun dieser ganze ostalpine Bauplan etwas ins Wanken geraten. Schon 1930 vertrat *M. Richter*, von seinem Arbeitsgebiet in den bayrischen Alpen ausgehend, eine andere Auffassung betreffend die Zusammenhänge mit Bünden. Er brachte im Gegensatz zu R. Staub die nördlichen Kalkalpen nicht ausschließlich mit der Silvretta-Ötztalmasse in Verbindung, sondern hängte seine Allgäu-Decke mit der Err-Bernina-Decke, die Lechtal-Decke mit den Aroser Dolomiten und die Inntal-Decke mit den Unterengadiner Dolomiten zusammen, d. h. mit tieferen Elementen. Weiterhin gelangte *Gb. Dal Piaz* in den Tauern zur Überzeugung, daß das von ihm anfänglich übernommene Schweizerschema nicht ohne weiteres auf die Gebirge beidseitig des Brenners angewendet werden dürfe. Ein Äquivalent des Mittelostalpins schien ihm dort zu fehlen. *R. Staub* versuchte seine Meinung zu erhärten, indem er neuerdings verschiedene Bauteile dem Mittelostalpin zuwies, die früher im Unterostalpin untergebracht waren. So sollen nun die Allgäu-Decke in den Kalkalpen und die Hauptmasse der Aroser Schuppenzone mit der Ortlerzone zusammen Mittelostalpin repräsentieren. Der etwas Fernerstehende könnte diese und ähnliche Diskussionen als reine Nomenklaturangelegenheiten, als Streit um des Kaisers Bart auffassen. Dem Problem kommt indessen größere Bedeutung zu, sobald wir versuchen, die Falten des Gebirges auszuglätten, die Schubmassen in ihre ursprüngliche Lage im Sedimentationsraum zurückzuversetzen. Je nach der vorgenommenen Eingliederung im Bauplan gelangen wir in ganz andere Ablagerungsgebiete. Die Entscheidung hält oft trotz genauer Kenntnisse schwer, weil die durchlaufende Verbindung im Gebirge abgerissen oder überdeckt ist. Ein Beispiel mag dies dartun. *R. Brauchli* nahm auf

Grund von Detailstudien an, daß die Dolomit- und Kalkschuppen des Parpaner Weißhorns mit denen der Felswand unter der Alp Sanaspans zu verbinden seien. *R. Staub* aber hängt die letzteren an die Aroser Schuppenzone, obschon einigermaßen ähnliche Dolomit- und Kalkbildungen erst am Plattenhorn bei Arosa auftreten, und faßt diese Komplexe als Mittelostalpin auf. Ich möchte einstweilen die Brauchlische Auffassung als die wahrscheinlichere betrachten und auch die Allgäu-Decke nicht ins Mittelostalpin stellen, sondern sie wie *M. Richter* als überfahrene Kopfpartie der hangenden Lechtal-Decke auffassen.

Von Interesse sind sodann im Raume zwischen Prätigauschiefer und Silvrettamassiv die basischen Eruptiva, welche mit ihren dunkelgefärbten Serpentinen und Diabasen mancher bündnerischen Landschaft ein eigenes Gepräge verleihen. Ich erinnere an die Totalp bei Davos, an den Piz Nair bei Schuls und an den Bürkelkopf im Samnaun. Die Grüngesteine oder Ophiolithe sind in früher Zeit der Orogenese eingedrungen; sie gelangten später, zum Teil als Schürflinge, in alle möglichen Stockwerke des Gebirges, bis an die Basis des schwimmenden Silvrettamassives. Entgegen seiner früheren Auffassung, wonach die Ophiolithe ausschließlich aus dem Bündnerschiefer-Raume (Penninikum) stammen sollten, bezieht *R. Staub* dieselben nun auch aus dem unterostalpinen und sogar aus dem mittelostalpinen Ablagerungsraum. Der Sprechende möchte diesbezüglich auf seinem alten Standpunkte bleiben. Die Ophiolithe sind in die Geosynklinalen des penninisch-unterostalpinen Übergangsbereiches eingedrungen. Es ist so gut wie unmöglich, sie einem bestimmten tektonischen Niveau zuzuweisen. Zum Mittelostalpin gehören die Grüngesteine bestimmt nicht, sonst müßten wir sie auch über der Bernina-Decke des Oberengadins und in der Quatervals-Zone westlich von Scanfs antreffen.

Vor ganz andere Probleme stellt uns weiterhin die Silvretta-Ötztalmasse, die als eine aus älteren Gebirgen übernommene, über den alpinen Bau herausgeschobene Untergrundscholle anzusehen ist. Auf dem Transport zerfiel die mächtige starre Platte in zwei Teile, die Silvretta- und

die Ötztalmasse. Eine alpine Scherfläche durchschneidet ferner die erstere vom Ducangebiet bis gegen den Flüelapaß. Am Ostrand, im Nunagebiet, konnte *Ed. Wenk* eine ebenfalls alpin erfolgte randliche Verschuppung erkennen. An ihrem Nordrand splitterte die Silvrettamasse ebenfalls auf. Die Innenstruktur der Gneis- und Amphibolit-Region aber blieb alpin so gut wie unbeeinflußt; sie ist als Erbstück aus voralpiner Zeit zu betrachten. Typisch sind hier die von *Ed. Wenk* aus den Bergen zwischen Davos und Süs beschriebenen «Schlingen», d. h. Falten mit steiler oder vertikaler Achse. *O. Schmidegg* beschrieb diese Gebilde aus den Ötztaler Alpen; *E. Kündig, M. Reinhard* und *R. Bächlin* fanden sie in der Folge in den Bergen des mittleren Tessins. Bei Kalkstein, auf der Südseite der Tauern, konnte *O. Schmidegg* neuerdings nachweisen, daß die drehenden Bewegungen um steilstehende Achsen während der alpinen Faltung wieder auflebten. Aus der Silvretta ist ähnliches bis dahin nicht bekannt geworden.

Eine andere Eigentümlichkeit des Silvrettakristallins sind die sogenannten Gangmylonite oder Pseudotachylithe, auch Schmelztektonite genannt. *W. Hammer*, der Entdecker derselben, konnte für ihre Entstehung zunächst keine Deutung geben; auf Grund anderweitiger Forschungsergebnisse kam er später zu folgender Erklärung. An der Basis der Silvretta-Decke und in deren liegenden Teilen sind beim alpinen Ferntransport die starren alten Amphibolite und andere kristalline Schiefer gequetscht und zerrieben worden. Das Zerreibsel gelangte als feine, dichte Masse in die Fugen und Spalten der Gesteine hinein. Es weist glasartige Beschaffenheit auf. Dies ließ verschiedene Petrographen annehmen, das Gesteinspulver sei durch Reibungswärme aufgeschmolzen worden und in flüssigem Zustande in die weniger stark mitgenommenen Gesteinsmassen eingedrungen. Wir hätten somit den interessanten Fall zu verzeichnen, daß bei den großen Überschiebungen — es ist vor allem an Reliefüberschiebungen (s. u.) zu denken — eine Gesteinsaufschmelzung stattfinde.

Solche Gangmylonite kennen wir durch die Beschreibungen *W. Hammers* und *P. Bearths* von der Nordseite des Un-

terengadiner Fensters. Sie kommen vereinzelt auch auf der Südseite desselben vor. Die Holländer *S. W. Tromp, W. L. Buning* und *J. J. Dozy* entdeckten diese Felsarten in den Bergamaskeralpen, wo sie in Sedimenten und im Altkristallin auftreten. Von *E. A. Diehl* und *R. Masson* wurden die Gangmylonite und «aphanitischen Ultramylonite» der nördlichen Seitentäler des Valle d'Aosta beschrieben.

Die Diskussion über die Entstehung von Gangmyloniten ist noch nicht abgeschlossen. Von verschiedenen Forschern wird bestritten, daß die Gesteinssubstanz je flüssig war. Der Brechungsindex der Gesteinsgrundmasse ist stets ein höherer als der des geschmolzenen Materiales. Wenn wir das Vorliegen einer glasigen Masse verneinen, so dürfen wir doch annehmen, daß sich allseitig eingeschlossenes Gesteinspulver unter hohen Drucken ähnlich wie Flüssigkeiten verhielt und daß deshalb gang- und aderartige Durchdringungen zustandekamen.

Wir versuchten bis dahin, kurz auf einige Ergebnisse der Forschung in den Bündneralpen einzugehen. Wenn wir nunmehr die Resultate von etwas weiteren Gesichtspunkten aus betrachten, so halten wir uns dabei an die Worte des naturforschenden J. W. Goethe, welcher in seiner Farbenlehre schrieb: «Jedes Ansehen geht über in ein Betrachten, jedes Betrachten in ein Sinnen, jedes Sinnen in ein Verknüpfen, und so kann man sagen, daß wir schon bei jedem aufmerksamen Blick in die Welt theoretisieren. Dieses aber mit Bewußtsein, mit Selbsterkenntnis, mit Freiheit und, um uns eines gewagten Wortes zu bedienen, mit Ironie zu tun und vorzunehmen, eine solche Gewandtheit ist nötig, wenn die Abstraktion, vor der wir uns fürchten, unschädlich, und das Erfahrungsresultat, das wir hoffen, recht lebendig und nützlich werden soll.»

Es ist darauf hingewiesen worden, daß die Verfolgung der tektonischen Zusammenhänge im Gebirge schon auf kurze Entfernung hin große Schwierigkeiten bietet. Um so mehr gilt diese Erfahrung für die Erfassung der Zusammenhänge auf weite Distanzen. Fehler können sich addieren.

Die Kenntnis der Schichtfolgen und der Lagerungsweise der Gesteine erlaubt uns, den Zonen oder Decken in zwei Hauptrichtungen nachzugehen, längs des Gebirges und quer dazu. Im Querprofil durch unseren Alpensektor gewahren wir, daß da und dort Lücken auftreten, die nur theoretisch zu überbrücken sind. Es sei auf ein Beispiel aus nächster Nähe verwiesen. Aller Wahrscheinlichkeit nach hängt die Aroser Schuppenzone genetisch über die Suraver Deckenmulde mit unterostalpinen Elementen der Err-Julier-Gruppe zusammen und weiterhin mit der Bernina- und Err-Decke der Bernina-Gruppe, welche Einheit nördlich der Veltliner Talfurche steil in die Tiefe schießt, d. h. dort wurzelt. Es stellt sich in diesem Zusammenhange die Frage nach der Rolle der Wurzelzone im alpinen Baue. Lange Zeit betrachtete man die Wurzelzone als einen integrierenden Bestandteil der großen Schubmassen. Heute wissen wir, daß die Steilstellung der rückwärtigen Deckenteile ein spätalpiner Vorgang ist. Die Decken der Westalpen wurden vor dem Widerstand der Massive und des Vorlandes zu einem riesigen Gewölbe mit steilfallendem, oft überkipptem Südschenkel zusammengeschoben. Anderswo, z. B. in Mittelitalien, kennen wir indessen flach gelagerte Decken, die jeweils dachziegelig von der nächsthöheren Einheit überdeckt werden. Wir ziehen daraus für unsere Region den Schluß, daß nicht jede Schubmasse irgendwo steilgestellt wurzeln muß. Es besteht auch die Möglichkeit, daß Schubmassen passiv vertragen werden. Aus diesem Grunde können wir die Silvretta-Decke ohne Bedenken mit dem Seengebirge und den Bergamasker-alpen in Beziehung bringen. Auch jungalpine Verwerfungen (Tonalelinie) vermögen die einstigen Zusammenhänge nicht vollständig zu verwischen.

Auch in der Längsrichtung der Alpen hat die Zonen- und Deckenverfolgung mit großen Schwierigkeiten

zu rechnen. Es sei auch hier auf einige Beispiele aus unserer Region verwiesen. Von den Prätigau-Schiefern treffen wir nur die tektonisch höchsten Schichtpakete von St. Antönien im Unterengadiner Fenster wieder. Die Hauptmasse des Flyschs aber zieht allem nach unter dem Rätikongebirge in die sogenannte südliche Flyschzone von Vorarlberg und Allgäu durch. Die unterostalpine Gesteinsfolge des Gürgaletsch und diejenige der Aroser Schuppenzone finden vermutlich ein gemeinsames Äquivalent jenseits der Silvretta in der Serie von Ardez. Wir verzichten auf weitere Gleichstellungen und stellen uns die Frage: Ist der alpine Bau so regelmäßig beschaffen, daß wir die verschiedenen Decken durchgehend verfolgen und vergleichen können. Die Antwort muß lauten: Die Zeit weitgehenden Parallelisierens entspricht einem gewissen Stadium der Forschung. Je weiter diese fortschreitet, um so mehr erkennen wir, daß ein genaues Vergleichen von Westen nach Osten zwecklos ist, 1. weil die Anlagen der Bauteile nicht ganz regelmäßig waren; Sättel und Mulden zeigten schon im Entstehen Variationen; 2. war die Entwicklung aus den Anlagen eine verschiedene. Die Gebirgsbildung erfolgte zudem da und dort nicht gleichzeitig. Der Zusammenschub war, den verschiedenen Vorlandwiderständen entsprechend, nicht überall gleich intensiv. Infolge Materialverschiedenheit kam es in ein- und derselben Zone hier zu Deckfaltenbau, dort zu Stockwerksbildung.

Wir ziehen aus diesen Überlegungen den Schluß, daß ein Gleichsetzen von Deckenteilen und Faltenformen auf größere Entfernung hin, von den französisch-italienischen Alpen und dem Wallis nach Bünden und von da nach den Tauern und dem Semmering, als Versuch am untauglichen Objekt zu werten sei. Wenn wir auch den Zusammenhängen von einem Gebirgsstück zum anderen nachgehen müssen, so berechtigt uns dies nicht, die Endglieder der «Vergleichskette» einander gleichzusetzen, die Kette gleichsam zum Ring zu schließen. Wir müssen uns damit begnügen, die großen Leitlinien aufzuspüren und im übrigen den andauernden Wechsel der Formen bewundern.

Jede Einordnung alpiner Bauelemente in ein noch so einfaches Schema erfordert die Annahme gewisser Fixpunkte, einer festen Basis. Als solche dient uns das autochthone Gebirge. Was darf man aber noch als autochthon bezeichnen, wo doch ganze Gebirgszonen und sogar die Kontinente wandern? Tatsächlich ist die Autochthonie ein relativer Begriff geworden. Als autochthon können wir die dem Kontinent angegliederten, verfestigten Erdrindenteile betrachten. Zwischen den konsolidierten Kontinentaltafeln aber liegt eine breite Zone labiler Kettengebirgsbogen und Zwischengebirge. Autochthon sind die Widerstände von Zentralplateau, Vogesen, Schwarzwald und böhmischer Masse. Als annähernd autochthon dürfen wir die äußeren Zentralmassive vom Typus Montblanc- und Aiguilles rouges-Massiv, Aar- und Gotthardmassiv bezeichnen. Sie werden schon von tiefgreifenden Scherflächen durchzogen. Annähernd autochthon ist weiterhin südlich des Gebirgsscheitels das Seengebirge. Zwischen Gotthardmassiv und Seengebirge wurde die ganze penninische und ostalpine Schichtfolge herausbewegt, welche ungestört gelagert einen Raum von mindestens 300 bis 400 km Breite eingenommen hatte. Jetzt beträgt die Entfernung vom Gotthardmassiv-Nordrand bis an den Langensee 55 km. Dies besagt uns, daß der einstige, zwischen diesen Widerlagern gelegene Untergrund, welcher die ungefähr 350 km breite Sedimentzone trug, als solcher nicht mehr vorhanden ist. Es muß eine große Masse Altkristallins nach der Tiefe verschwunden sein. Dies ist der Grundgedanke der «Verschluckungstheorie» *O. Ampferers.* Träfe diese Ampfererische Theorie nicht zu, so müßte ihre Voraussetzung falsch sein und angenommen werden, daß die südliche Massivzone des Seengebirges nicht autochthon sei, daß sie die Lücke, aus welcher die ganze Deckenmasse stammt, auf flacher Schubbahn überdecke. Dies wäre aber unwahrscheinlich.

Die Schweizeralpen sind ein so kompliziertes Gebäude, daß wir solche Betrachtungen mit Vorteil an einem anderen Orogenstück anstellen. Als solches kommt zum Beispiel das Juragebirge in Frage. Nach bisheriger Auffassung lie-

gen Perm-, Trias- und Juraablagerungen am Südrand des Schwarzwaldes, wenn auch von Verwerfungen durchsetzt, so doch autochthon auf dem altkristallinen Unterbau. Dasselbe nimmt man stillschweigend für die Sedimente des schweizerischen Mittellandes an.

Berechnen wir nun die Verkürzung, welche der über plastische Anhydritbildungen der Trias aufgeschobene und gefaltete Kettenjura erlitten hat, auf 10 km, so müssen wir annehmen, die kristalline Unterlage sei um diesen Betrag der Breite verkürzt worden, was nur durch Ausweichen nach der Tiefe hin möglich ist, oder aber die Jurafalten sind mitsamt den Molassebildungen über eine gemeinsame Gleitfläche nach Norden gewandert. In letzterem Falle wäre die Molasse nicht autochthon. Wir halten die Versenkung gewisser Zonen für wahrscheinlicher.

Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, daß das Experiment den Verhältnissen in der Natur nicht ganz gerecht wird. Immerhin haben Versuche von *Ph. H. Kuenen* gezeigt, daß bei seitlicher Verkürzung einer auf Wasser schwimmenden plastischen Masse (Paraffin, Vaselin u. a. m.) einer ganz geringen Oberflächenfaltung ein beträchtlicher Faltentiefgang entspricht. Dieses Ergebnis stimmt weitgehend mit Anschauungen überein, welche *Alb. Heim* schon vor Jahren auf Grund der Schweremessungsergebnisse äußerte.

Wir ziehen aus dem Gesagten den Schluß, daß wir mehr als bis dahin mit Vorgängen der Tiefe zu rechnen haben. Alle beobachtbare Gebirgsbildung ist nur oberflächliche Äußerung größerer Umwälzungen im Untergrunde. Diese Erkenntnis zwingt zu vermehrter Berücksichtigung der Beziehungen zwischen Gebirgsbildung und Vulkanismus. *P. Niggli* und *R. Staub* haben schon vor Jahren darauf hingewiesen, daß während erster Phasen der Gebirgsbildung basisches Magma in die Muldengebiete eindringt und daß in später Faltungszeit mächtige Granitmassen gefördert werden. Zwischen Magmabewegung und Auffaltung schaltet sich aber noch ein Vorgang vermittelnd ein, die Metamorphose. Die Gesteinsumwandlung wird nicht nur durch die

intensive Durchbewegung bedingt, sie geht oft auch mit beträchtlichen Stoffwanderungen vor sich.[1] Wir kennen gewisse Zonen und «Höfe» stärkerer Metamorphose in den Alpen, deren Auftreten wohl nur durch die Nähe magmatischer Herde zu deuten ist. Im Brennergebiet sind die Kalke und Mergel des Tribulaunmesozoikums in Marmore und Kalkglimmerschiefer umgewandelt worden, obschon sie wohl nie unter einer besonders mächtigen Gesteinslast gelegen haben oder stärker zusammengeschoben wurden als benachbarte nicht umgewandelte Serien.

Es zeigt sich somit immer mehr die Notwendigkeit, den Beziehungen zwischen Gebirgsbildung und Vulkanismus nachzugehen und sämtliche Erscheinungen, wie Metamorphose, Lagerstättenbildung, Auftreten von Mineralquellen und Erdbebenherden, in die Untersuchung miteinzubeziehen. Nur dann werden wir uns über den Mechanismus der Gebirgsbildung die notwendige Klarheit verschaffen. Wir kennen vielerorts die zurückgelegten Schubweiten, wir sehen, daß die Gesteine an Schubflächen ausgewalzt worden sind. Auch lassen sich die Vorgänge der Dislokation und der Magmaförderung in der geologischen Zeitskala festlegen. Die geologische Zeitmessung ist aber eine so rohe, daß wir uns über die Geschwindigkeiten der Bewegung keine rechten Vorstellungen machen können. *W. Bucher* wies mit ziemlicher Sicherheit nach, daß Zeiten der Erdruhe Jahrmillionen dauern, Phasen der Gebirgsbildung aber Jahrhunderttausende umfassen. Eine einfache Rechnung ergibt, daß, wenn der alpine Zusammenschub heute noch andauerte, wir davon mit Ausnahme tektonischer Beben auch mit genauesten Instrumenten nichts registrieren könnten.

Gelegentlich wurde der Versuch unternommen, die Spuren alpin-tektonischer Verstellungen noch bis in prähistorische Zeit hinein zu verfolgen. So vermutete *R. Helbling*, daß der Flimser Bergsturz durch nachträgliche Bewegungen an einem Bruche verursacht worden sei, welcher den Flimserstein von Bargis nach der Pala da Pocs quer durchschneidet.

---

[1] Nach H. P. Cornelius sind in den Tauern gewaltige Mengen Feldspatsubstanz in die Sedimente eingewandert (Albitisierung).

O. *Ampferer* brachte letzthin gewisse Felsgleitungen in Vorarlberg und gewisse Fälle von Karbildung mit jüngsten Krustenbewegungen in Beziehung. *Albert Heim* vertrat ungefähr 1925 dem Verfasser gegenüber die Ansicht, daß durch andauernde Bewegung großer Schubmassen am nördlichen Alpenrand Bergstürze ausgelöst werden könnten.

Die Unmöglichkeit der direkten Beobachtung läßt uns in vielen Fällen auch im unklaren über die Dicke der Gesteinshülle, unter welcher Faltungs- und andere Deformationsvorgänge stattfinden. Wir wissen nur, daß Teufenunterschiede insofern vorhanden sind, als die unteren Schubmassen des Gebirges vorzugsweise Großfaltenform aufweisen, die höheren Einheiten aber eher Schollen- und Schubplattenbau zeigen. In den rätischen Alpen wirkte die Silvrettamasse als auswalzender Schubschlitten. Über den zentralen Schweizeralpen lag bei der Auffaltung ein Mantel von Flysch und unterostalpinen Decken. Für die Auffaltung der Klippendecke in Savoyen und der Westschweiz, für die deutschen Kalkalpen läßt sich eine belastende Deckenhülle nicht nachweisen. Im Jura konnte die bescheidene Molasseüberlagerung nicht von großer Wirkung sein.

Was geschieht nun aber überall dort, wo große Schubflächen an der Erdoberfläche ausstreichen? Es sind zwei hauptsächliche Fälle möglich. Entweder liegt die betreffende Zone unter Meeresbedeckung oder aber die trennenden Flächen streichen in die Luft aus. Im ersten Fall wird sich die Gebirgsbewegung in den unverfestigten und schwach verfestigten Meeresablagerungen störend bemerkbar machen. Es kommt zu andauernden submarinen Rutschungen. Liefert das werdende Gebirge noch Grobschutt durch die Flüsse in die Becken, so resultieren Bildungen von Wildflyschtypus.[2]

[2] Ganz ähnliche grob orogene Gesteine wie die des Wildflyschs beobachtete nach freundlicher mündlicher Mitteilung (Herbst 1937) Herr Ing. Dr. Carlo Migliorini, Rom, im Tertiär der italienischen Halbinsel. Es hält oft außerordentlich schwer, Alter und Umfang einer Ablagerung festzustellen, da alle Übergänge von gleitenden und rutschenden Massen zu normal sedimentiertem Material vorkommen und die betreffenden Bildungen durch geologische Zeiten hindurch in beständiger Umlagerung begriffen waren.

Bei Überschiebungen «auf dem Trockenen» gelingt es selten, ein Überfahren von unverfestigten Schuttbildungen nachzuweisen, was auf die relativ geringe Geschwindigkeit der Schubbewegung zurückgeführt werden mag. In beiden genannten Fällen kann es sich um Reliefüberschiebungen handeln, d. h. um Überschiebungen auf ein unebenes Vorland. *Arn. Heim* kommt das Verdienst zu, erstmalig in unserem Lande eine Reliefüberschiebung festgestellt zu haben. Er fand, daß die helvetischen Alpen auf ein Nagelfluhgebirge, d. h. auf ihre eigenen Abtragungsprodukte aufgefahren sind. Die helvetischen Falten brandeten in die Lücken und Furchen der tertiären Landesoberfläche hinein. Diese Wahrnehmung ließ sich seinerzeit mit der Anschauung einer einmaligen spättertiären Alpenfaltung nicht in Einklang bringen und wurde deshalb bei uns erst zwanzig Jahre später wieder aktuell. *O. Ampferer* übertrug 1932 seine Erfahrungen über ostalpine Reliefüberschiebungen auf die rätischen Alpen. Die Silvrettamasse soll nach ihrem Hertransport aus SE durch Querschub von Osten nach Westen über eine Erosionslandschaft hereinbewegt worden sein, sowohl im Rätikon als in Mittelbünden. Wir wollen diese These keineswegs vollständig ablehnen, glauben aber, daß der Ost-West-Bewegung eine zu große Bedeutung beigemessen wird. Größere Wahrscheinlichkeit möchte ich der Ampfererschen Ansicht zusprechen, wonach das Vorderrheintal an Stelle einer ausstreichenden Reliefüberschiebung eingetieft sei. *O. Ampferer* hegte immer die Absicht, die alte Furche bis ins Wallis verfolgen zu können; leider gab sich keine Gelegenheit dazu. Die Bernhardmasse scheint im Wallis in eine Bresche des helvetischen Faltenbaues hineingefahren zu sein, welche zwischen Siders und Brig auf der geologischen Karte auffällig in Erscheinung tritt. In Bünden spricht die diskordante Auflagerung der penninischen Schiefer am Ausgange des Domleschg und der gewellte Verlauf der betreffenden Schubfläche, wie er durch die helvetischen Gesteinsvorkommen von Nundraus, Pardisla und Rodels dokumentiert wird, für diese Auffassung.

Von einzelnen Tatsachen und Beobachtungen ausgehend, versuchten wir Einblick in größere Zusammenhänge zu erhalten. Wir dürfen wohl alle der Überzeugung sein, in den rätischen Alpen eines der schönsten und dankbarsten Gebiete für geologische Forschung zu besitzen.

Neuere zitierte Literatur.

Ampferer O.: Beispiele von jungen Gleitungen aus Vorarlberg. Verwendung von Gleitformen für das Karproblem. Jahrb. Geol. Bundesanstalt. 86. Wien 1936.

Bearth P.: Über Gangmylonite der Silvretta. Schweiz. Min.-Petr. Mitt. 13. 1933.

Bemmelen, van R. W.: Over de zoogenaamde «Smeltmylonieten» (Pseudotachylieten). Geologie en Mijnbouw. 15. 1936.

Cornelius H. P.: Geologie der Err-Julier-Gruppe. I. Teil. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz. N.F. 70, I. Bern 1935.

Diehl E. A.: Geologisch-petrographische Untersuchung der Zone du Grand Combin im Val d'Ollomont (Prov. Aosta, Italien). Schweiz. Min.-Petr. Mitt. 1938.

Dozy J. J.: Die Geologie der Catena Orobica zwischen Corno Stella und Pizzo del Diavolo di Tenda. Leidsche geol. Mededeel. 1935.

Helbling R.: I. Die Anwendung der Photogrammetrie bei geologischen Kartierungen. II. Zur Tektonik des St. Galler Oberlandes und der Glarneralpen. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz. N.F. 76, Bern 1938.

Kuenen Ph. H.: The negative isostatic anomalies in the East Indies (with experiments). Leidsche geologische Mededeelingen, 1936.

Lugeon M.: Quelques faits nouveaux dans les Préalpes internes vaudoises (Pillon, Aigremont, Chamossaire). Ecl. geol. Helv. 31. 1938.

Masson R.: Geologisch-petrographische Untersuchungen im unteren Valpelline, Prov. Aosta. Schweiz. Min.-Petr. Mitt. 1938.

Oberholzer J.: Geologie der Glarneralpen. I. Textband, II. Atlas. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, N.F. 28, Bern 1933.

Dal Piaz Gb.: Relazione sulla tettonica delle Austridi della Venezia Tridentina. Studi Trentini di Scienze Naturali. 18. Trento 1937. Weitere diesbezügliche Veröffentlichungen dieses Verfassers im Literaturverzeichnis.

Schmidegg O.: Der Triaszug von Kalkstein im Schlingengebiet der Villgrater Berge (Osttirol). Jahrb. Geol. Bundesanstalt. Wien 1937.

Staub R.: Geologische Probleme um die Gebirge zwischen Engadin und Ortler. Denkschr. S. N. G. 72. Zürich 1937.

— Gedanken zum Bau der Westalpen zwischen Bernina und Mittelmeer. Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zürich. 82. 1937.

Wenk Ed.: Beiträge zur Petrographie und Geologie des Silvrettakristallins. Schweiz. Min.-Petr. Mitt. 14. 1934.